



**UST**  
FACULTAT DE CIÈNCIES  
I TECNOLOGIA  
**UVIC-UCC**



## **Treball de Fi de Grau**

# *Tècniques de control biològic i tractaments silvícoles per minimitzar l'impacte de la processionària del pi*

Lluís Bertrams Tubau

**Grau en Biologia**

Tutor/a: Jordi Camprodon

Avalador/a: David Guixé

Vic, setembre de 2018



## RESUM TREBALL FINAL DE GRAU GRAU EN BIOLOGIA

**Títol:** *Tècniques de control biològic i tractaments silvícoles per minimitzar l'impacte de la processionària del pi*

**Paraules clau:** *processionària del pi, ratpenats, anàlisis estadístics, rodals forestals*

**Autor:** Lluís Bertrams Tubau

**Tutors:** David Guixé (Biòleg de la conservació al Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)) i Jordi Camprodon (profesor de la UVIC-UCC i biòleg de la conservació al CTFC)

**Data:** Setembre de 2018

El Berguedà i el Solsonès s'està duent a terme una prova pilot des del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya per a la reducció dels impactes de la processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) com a perills en la salut pública i en el benestar animal, en especial els ramats de bestiar de ramaderia extensiva característics d'aquestes comarques en un entorn marcat pels efectes del canvi climàtic. El projecte es desenvolupa en diferents tipologies de rodals segons les actuacions de tallada, de tallada i de presència de caixes refugi de ratpenats i d'ocells, i control.

L'objectiu del projecte és l'anàlisi de la prova pilot que es vol duu a terme a partir de dades obtingudes de la caracterització dels rodals, dels depredadors potencials i de les variables ambientals més representatives entre el 2016 i 2018, duent a terme anàlisis estadístics per tal d'avaluar els seus efectes i valorar les tècniques de control biològic i tractaments silvícoles per a minimitzar l'impacte de la processionària del pi, considerada com a plaga forestal.

Els resultats obtinguts es basen en un efecte representatiu de les abundàncies relatives de ratpenats forestals, dels ratpenats depredadors de la processionària del pi i dels ratpenats ocupants de les caixes refugi respecte l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi, sense presentar un efecte significatiu de les característiques dels rodals, dels ocells inssectívors i de les variables ambientals.

Aquest estudi permet idealitzar diferents rodals forestals per tal d'aconseguir una reducció en la dinàmica poblacional de la processionària del pi.



## SUMMARY OF THE FINAL DEGREE PROJECT BIOLOGY DEGREE

**Title:** Biological control techniques and silvicultural treatments to minimize the impact of *the pine processionary*

**Key words:** *pine processionar, bats, statistical analyzes, forest stands*

**Author:** Lluís Bertrams Tubau

**Tutors:** David Guixé (biologist in the Biodiversity and Animal Conservation staff in Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)) and Jordi Camprodon (professor in UVIC-UCC and biologist in the Biodiversity and Animal Conservation staff in CTFC).

**Date:** Septembre 2018

In Berguedà and Solsonès are being carried out a pilot test from *Centre Tecnològic Forestal de Catalunya* for the reduction of pine processionary impacts (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) that caused dangers in public sanity and animal welfare, specially in livestock herds clearly effected by the climate change. The project is developed in different kinds of forest stands according to woodcutting operations, woodcutting operations and shelter boxes, and control.

The aim of the project is the analysis of the pilot test that is carried out on data obtained from the characterization of the forests stands, the potential predators and the most representative environmental variables between 2016 and 2018. It carries out statistical analyzes in order to evaluate the effects and the techniques of biological control and silvicultural treatments to minimize the impact of the pine processionary, considered as a forest plague.

The results obtained are based on a representative effect of the relative abundances of forest bats, the predatory bats of the processionary pine and the bats that occupy the shelter boxes compared to the relative abundance of the adult state of the pine processionary, without presenting a significant effect of the characteristics of the forests stands, the insectivorous birds and the environmental variables.

This study allows to idealization of different forests stands in order to achieve a reduction in the population dynamics of the pine processionary.



## Índex

1. Introducció .....	7
2. Objectius.....	8
3. Antecedents.....	8
3.1. Biologia de l'espècie.....	9
3.2. Ecologia de l'espècie.....	11
3.3. Impactes generats.....	15
3.4. Efectes del canvi climàtic .....	16
3.5. Tractaments previs a la prova pilot.....	18
3.6. Altres tractaments i estudis de recerca .....	19
4. Metodologia .....	20
4.1 Àrea d'estudi .....	20
4.2. Pla de treball .....	23
4.3. Actuacions.....	24
4.4. Tasques a desenvolupar .....	25
4.4.1. Caracterització dels rodals.....	25
4.4.2. Marcatge de pins .....	27
4.4.3. Tractaments silvícoles.....	27
4.4.4. Instal·lació de caixes per a ratpenats i ocells .....	28
4.4.5. Estudi dels depredadors .....	28
4.4.6. Mostreig de papallones.....	31
4.4.7. Metodologia de determinació de la defoliació.....	32
4.4.8. Estudi de les condicions ambientals.....	32
4.5. Anàlisi estadístic.....	32
5. Resultats.....	33
5.1. Tractament estadístic caracterització dels rodals .....	33
5.2. Tractament estadístic de les variables d'ocells.....	39
5.3. Anàlisis estadístics de les variables de ratpenats .....	42



5.4. Tractament estadístic de les variables ambientals.....	46
5.5. Tractaments estadístics de la papallona de la processonària del pi.....	47
5.6. Afectacions processonària del pi .....	48
5.7. Marcatge dels rodals .....	48
5.8. Revisió de caixes ratpenat .....	49
5.9. Modelització de l'estudi .....	50
6. Discussió resultats .....	51
7. Conclusions .....	56
8. Bibliografia.....	57
Agraïments .....	63
Annexes.....	64
Annex 1. Espècies de ratpenats a Catalunya i la seva importància en la depredació de la processonària del pi .....	66
Annex 2. Actuacions d'aclarida .....	71
Annex 3. Localització de les caixes de ratpenats i d'ocells .....	74
Annex 4. Espècies d'ocells característiques de pinassa i possibles depredadors d'eruga de la processonària del pi.....	76
Annex 5. Localització dels transectes d'ocells, detectors de ratpenats i trampes de papallones .....	78
Annex 6. Tipologies dels detectors de ratpenats.....	80
Annex 7. Esforç en el mostreig de les papallones.....	82
Annex 8. Metodologia del mostreig de l'afectació de la processonària del pi en la defoliació dels pins mitjançant drons.....	83
Annex 9. Dades de la caracterització dels rodals.....	85
Annex 10. Dades de les variables d'ocells .....	86
Annex 11. Dades de les diferents espècies d'ocells.....	87
Annex 12. Dades de les variables de ratpenats .....	90
Annex 13. Dades de les espècies de ratpenats .....	91
Annex 14. Dades de les variables ambientals.....	93



Annex 15. Dades dels marcatges dels rodals forestals ..... 94



## 1. Introducció

La processionària del pi és un insecte que genera greus problemes als boscs catalans i de la Península Ibèrica (Cossio *et al.*, 2012). Presenta aquest nom comú degut a les típiques processons que generen les larves en forma d'eruga. La recerca sobre l'efecte de la processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) en diferents poblacions de pi del Berguedà i del Solsònès es basa en el fet de considerar-se un perill per a la salut pública i per a la ramaderia extensiva, ja que les irritacions provocades són severes (Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017). Aquest fet, agreujat amb el canvi climàtic (Cossio *et al.*, 2012; Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017), provoca en els darrers anys la defoliació de les poblacions de pi de manera exponencial, augmentant els problemes en zones properes a les urbanitzacions i als camps de pastura.

Des del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya s'està duent a terme una prova pilot per a reduir els efectes de la processionària del pi en finques privades del Solsonès i del Berguedà. La prova consisteix en la realització d'actuacions silvícoles en diferents rodals i el posicionament de caixes niu pels depredadors potencials de la processionària del pi (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017). A mitjà i llarg termini permetria desenvolupar un patró de caracterització de les estructures forestals més adients amb els depredadors potencials més freqüents.

Per causes externes i alienes a aquest projecte les actuacions silvícoles no es varen realitzar i es va decidir enfocar el treball en l'estudi i la millora de les tècniques per a reduir l'impacte negatiu d'aquesta espècie.

Diferents anàlisis estadístics de les variables de caracterització dels rodals forestals, dels depredadors potencials de la processionària del pi i de l'entorn són estudiades per tal de determinar la millor afinitat i repercussió sobre l'abundància d'individus de la processionària del pi. Permetent dur a terme un anàlisi de les tècniques emprades en la prova pilot, idealitzant un model de selecció de les variables més adients per a l'estudi poblacional de la processionària del pi i la seva dinàmica futura en els diferents rodals forestals estudiats.

L'estudi de la dinàmica espai-temps de les poblacions de la processionària del pi en les masses forestals i en les variables ambientals i de depredadors potencials és molt complexa. Aquest estudi realitzat permetrà una assimilació de les variables per acotar els estudis posteriors, així com una millora de les tècniques d'estudi d'aquesta espècie en estructures forestals mediterrànies.



## 2. Objectius

L'objectiu principal del projecte i de la prova pilot que es desenvolupa des del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya és la reducció de l'impacte de la processionària del pi a partir de l'anàlisi de l'efectivitat dels tractaments silvícoles i potenciació dels depredadors naturals en diferents rodals forestals de les comarques del Solsonès i Berguedà, concretament propers a zones recreatives, urbanitzacions, parcs urbans i camps on es realitza l'activitat de ramaderia extensiva principalment.

Els objectius específics del projecte es basen en el tractament estadístic de diverses variables obtingudes dels estudis dels diferents rodals (caracterització de rodals, depredadors i variables ambientals), realitzats fins a l'actualitat per a avaluar les tècniques i mètodes de la lluita biològica que es vol implementar per a minimitzar l'impacte de la processionària del pi.

## 3. Antecedents

La processionària del pi és el insecte que perjudica de forma més severa els boscs mediterranis i de la Península Ibèrica (Franquet Barrera, 2009), agreujat als efectes del canvi climàtic amb alguns estudis documentats des del 1993 (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).

Els insectes responen més ràpid a l'augment de temperatura en comparació a les plantes i per tant, s'adapten més ràpid (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012). Aquest fet provoca una major vulnerabilitat a les espècies vegetals enfront a plagues, en el cas estudiat, anomenades plagues forestals, afectant a masses forestals del territori.

El projecte que es vol dur a terme comença amb la repercussió de la processionària del pi, a molts indrets de Catalunya amb una defoliació de pins en extenses masses forestals i problemes a nivell de salut pública en el bestiar i animals domèstics de zones urbanes i rurals properes (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Aquest fet començà al 2016, com a conseqüència d'uns nivells d'afectació molt elevats, agreujats per les anomalies climàtiques d'aquell any i la previsió que el 2017 el grau d'afectació també fos sever, el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya va preveure una campanya de tractaments aeris a 20.000 ha (Generalitat de Catalunya, 2017). Malgrat aquests darrers anys, la mala gestió forestal per temes burocràtics i de replantar zones forestals de manera monoespecífica i la pèrdua i despoblament del món rural provoca que en l'actualitat





tinguem aquestes mancances en els boscs i la debilitat enfront a plagues forestals (Merlos, Expósito and Rovira, 2016).

Arrel d'aquest fet, des del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya es van oferir mesures de lluita biològica complementàries al tractament convencional per a reduir els efectes de la processionària del pi (Guixé and Camprodon, 2016; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

L'objectiu principal de la prova pilot és obtenir uns hàbitats forestals variats, amb espècie de pins i alzines, amb una major complexitat forestal i de les comunitats de depredadors de la processionària del pi en el seu estat larvari i adult, repercutint a una major resistència i resiliència de les diferents espècies arbrades. Així mateix, repercutint a una millora de protecció envers la salut humana en urbanitzacions properes a zones forestals i a zones de pastura, i per suposat de salut forestal.

### 3.1. Biologia de l'espècie

L'eruga de la processionària del pi, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff, és un lepidòpter de la família *Thaumetopoeidae*, una papallona nocturna que desenvolupa forma d'eruga en la fase larvària. La papallona mascle té una envergadura de 31-39 mm i la femella de 36-49 mm (Franquet Barrera, 2009; Torres Muros, 2015). La coloració de les ales anteriors és grisenc, amb tres línies negres en forma de ziga-zaga; les posteriors de color més clar, amb una petita taca fosca a la part inferior. L'abdomen del mascle és cònic i acabat en plomall, el de la femella és cilíndric i acabat en un casquet rodó. Les antenes són plomoses i les de la femella filiformes. Els ous estan protegits per escates i agrupats sobre les agulles dels pins formant un cilindre d'uns 3 cm de llargada (Higgins and Riley, 1980).

El seu cicle biològic és anual i es divideix en quatre fases: ou, eruga (larva), crisàlide (pupa) i imago (adult o papallona) (Higgins and Riley, 1980).

Les larves del primer estat larvari són de color verdós i amb el cap negre. En els altres quatre estats adquireixen coloració fosca amb pèls de tonalitats molt variables: blancs, grocs i vermellosos. A partir del tercer estat, presenten pèls urticants, i per tant, ja són susceptibles de provocar irritacions i reaccions al·lèrgiques en les persones (Figura 1), i en els animals, especialment en ramats domèstics i gossos (Generalitat de Catalunya, 2017).



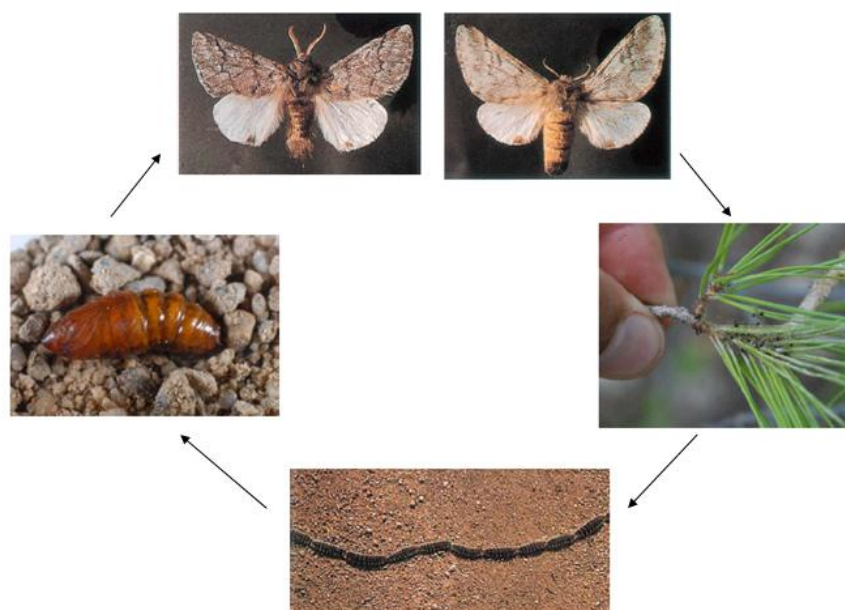
**Figura 1 Fotografia de l'estat larvari d'una eruga de la processonària del pi. Font: Bertrams Tubau, Lluís.**

Les crisàlides són marrons i es troben protegides per un capoll blanc, que s'obscura amb el temps. El naixement de les papallones s'inicia a la segona quinzena de juny en els llocs freds i a la segona de juliol en els càlids, i finalitza a finals de setembre. En tres dies i sovint al mateix dia es fan les postes de les quals en neixen les erugues en cinc setmanes. Les femelles ponen entre 150-350 ous (Torres Muros, 2015), són capaces de distingir les millors acícules de pi per a realitzar la posta (Franquet Barrera, 2009). Un cop nascudes les erugues viuran de forma gregària, al començament van d'un lloc a l'altre del mateix arbre, alimentant-se de les acícules donant l'aspecte sec i ros de les seves fulles, i quan arriba l'època de fred construeixen un niu de pèls sedosos de color blanc a la part més assolellada de l'arbre (Figura 2), d'on sortiran per a alimentar-se (Franquet Barrera, 2009).



**Figura 2 Bossa de seda de la processonària del pi. Font: Bertrams Tubau, Lluís.**

Al mes de febrer i març baixen dels pins formant les processons típiques, depenent de l'alçada fins al mes de maig, seguint sempre una femella amb l'objectiu final de buscar un lloc adequat per desenvolupar el següent estat larvari, tot buscant un lloc adequat per a enterrar-s'hi i transformar-se en crisàlide. Les zones òptimes serien zones amb insolació i poca cobertura vegetal (Torres Muros, 2015). Un cop enterrades, fabriquen un capoll i entre en fase de pupa, només realitzant canvis interns, fins a mudar per convertir-se en crisàlide (Franquet Barrera, 2009). En aquesta fase no totes les papallones neixen al primer any, sinó que una part ho fa als dos o tres anys, fase anomenada diapausa (Franquet Barrera, 2009; Torres Muros, 2015). Els diferents estats de l'espècie s'exposen en la Figura 3:



**Figura 3** Estats larvaris de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Fotografies: (Franquet Barrera, 2009). Esquema: elaboració pròpia.

### 3.2. Ecologia de l'espècie

L'espècie *Thaumetopoea pityocampa* Schiff en el seu estat larvari afecta totes les espècies de pins i cedres, en especial la pinassa (*Pinus nigra*) i el pi roig (*Pinus sylvestris*), els pins al·lòctons com el *Pinus radiata* i el pi canari (*Pinus canariensis*) en són molt més afectats. Tanmateix, la processonària del pi afecta a boscs de pinassa, a boscs mixtes de pinassa i alzina, i a boscs mixtes de pinassa i pi roig (Generalitat de Catalunya, 2017). Afectant de diferent manera segons l'espècie, l'alçada, la tipologia de capçada i el tipus d'edat de l'arbre. S'alimenten de les acícules d'aquesta tipologia d'arbres, sense afectar als teixits interns com el floema. El seu hàbitat característic és



el bosc de coníferes. Així doncs, aquesta espècie es troba àmpliament distribuïda a l'Europa meridional, principalment en els països mediterranis (Carter and Hargreaves, 1987).

Aquesta espècie presenta depredadors i paràsits que controlen les seves poblacions de manera natural (Guixé and Camprodon, 2016; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017). Segons cada estat larvari, hi ha diferents tipus de depredadors:

- Depredadors dels ous: llagostes (*Ephippiger sp.*, ortòpters), les cigales (hemípters), diverses espècies de formigues (*Formica sp.*, himenòpters) i dípters (Dantart, Bellavista and Roche, 1988, 1989; Dantart and Roche, 1992; Vives Moreno, 1994; Dantart, 2000; Dantart *et al.*, 2004).
- Depredadors de les larves: ocells insectívors com les mallerengues (*Parus major*, *Cyanistes caeruleus*, *Lophophanes cristatus*, *Pariparus ater*, *Aegithalos caudatus*), el raspinell (*Certhia brachydactyla*), el cucut (*Cuculus canorus*), el puput (*Upupa epops*), els mosqueters (*Phylloscopus collybita*, *Phylloscopus trochilus*), el pit-roig (*Erithacus rubecula*), el tallarol de casquet (*Sylvia atricapilla*), el papamosques gris (*Muscicapa striata*) i el bruel (*Regulus ignicapillus*) segons la fenologia i tipologia de la depredació (Taula 1) (Camprodon and Plana, 2007; Pimentel and Nilsson, 2007; Barbaro and Battisti, 2011; Camprodon, 2014).

Espècie	Fenologia	Depredació
<i>Parus major</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Cyanocistes caeruleus</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Lophophanes cristatus</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Periparus ater</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Aegithalos caudatus</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Certhia brachydactyla</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Cuculus canorus</i>	Estival	Erugues
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Estival	Papallones
<i>Upupa epops</i>	Estival	Crisàlides enterrades

<i>Phylloscopus collybita</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Erithacus rubecula</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Sylvia atricapilla</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Regulus ignicapillus</i>	Sedentari	Erugues i ous
<i>Otus scops</i>	Estival	Papallones

Taula 1 Ecologia dels ocells depredadors de la processionària del pi

- Depredadors dels imagos: ratpenats forestals i ratpenats generalistes com les espècies de *Rhinolophus sp.*, *Pipistrellus sp.*, *Myotis sp.*, *Eptesicus serotinus*, *Plecotus sp.*, *Nyctalus leisleri*, *Tadarida taeniotis* (Taula 2) (Krusic and Neefus, 1996; Krusic *et al.*, 1996; Russo and Jones, 2002; Charbonnier *et al.*, 2015; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017) (*Annex 1. Espècies de ratpenats a Catalunya i la seva importància en la depredació de la processionària del pi*). Els ratpenats són considerats com a control biològic potencial de les poblacions d'insectes plaga (Charbonnier *et al.*, 2015).

Efecte alt	Efecte bastant	Efecte baix
<i>Rhinolophus ferrumequineum</i>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Nyctalus lasiopterus</i>
<i>Rhinolophus euryale</i>	<i>Myotis bechsteinii</i>	<i>Plecotus macrobullaris</i>
<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Myotis nattereri</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>
<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Barbastella barbastellus</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
<i>Plecotus auritus</i>	<i>Tadarida teniotis</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
<i>Plecotus austriacus</i>		<i>Vespertilio murinus</i>
<i>Pipistrellus kuhlii</i>		<i>Myotis myotis</i>
<i>Hypsugo savii</i>		<i>Myotis blythii</i> <i>oxignathus</i>
<i>Eptesicus serotinus</i>		<i>Myotis escaleraei</i>
		<i>Myotis daubentoni</i>
		<i>Myotis capaccinii</i>
		<i>Myotis mystacinus</i>

Taula 2 Ecologia dels ratpenats depredadors de la processionària del pi amb diverses tipologies d'efecte

Els ratpenats són depredadors potencials en el control biològic de les poblacions d'insectes als boscos. Entre la processionària del pi i dels ratpenats (Charbonnier *et al.*, 2015) presenten una estreta relació espai-temps entre les papallones i els ratpenats, podent disminuir l'abundància de l'imago de la processionària durant el període de vol de la papallona.



Els pins morts o decaiguts esdevenen el substrat preferit dels picots per a l'excavació dels nius (Camprodon and Plana, 2007). Els nius vells de picot i les cavitats sota escorça o podriments de la fusta són utilitzats per raspinells, mallerengues i ratpenats (Camprodon, 2014). La diversitat d'hàbitats que ocupen els ocells: bosc continu, espais oberts o vores de boscs (ecotons), i una barreja dels tres espais, o bé, diferent percentatge de la cobertura arbòria, arbustiva i herbàcia permet entendre l'elevada biodiversitat dels ocells arreu del territori. La tipologia d'ocells estudiats es diversifiquen en ocells forestals, ocells generalistes, ocells grimpadors i ocells ocupants de cavitats (Camprodon, 2014).

El grup de paràsits dels microhimenòpters parasiten els ous i petites erugues, alguns exemples serien: *Anastatus japonica*, *Baryscapus sevadeii* i *Trichogramma telengai* (Guixé and Camprodon, 2016).

Enguany, durant el mes de febrer, degut a les nevades han sortit les erugues més tard per enterrar-se i realitzar el procés de la metamorfosis. Malgrat aquest fet, les pinedes de pi pinyer i de carrascar són poc susceptibles a la presència i efectes de la processonària del pi, ja que les altes temperatures en el desenvolupament de la larva afavoreixen l'aparició de paràsits i depredadors (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).

Tanmateix, la influència de la temperatura en el comportament de les erugues és clau (Franquet Barrera, 2009; Casas, 2015). A continuació s'exposen diferents llimars de temperatura:

- Llimars letals: la temperatura a l'interior del niu no pot superar als 32°C ni ser inferiors als -7°C.
- Llimar d'activitat: les erugues detenen la seva activitat per sota dels 10°C.
- Llimar de desenvolupament: la temperatura òptima pel seu desenvolupament és entre 20°C i 25°C. Entre 10 i 20°C surten però sense alimentar-se.

Quan la temperatura arriba als 30°C, les erugues abandonen el niu i es dispersen realitzant les processons típiques (Figura 4) (Franquet Barrera, 2009).



Figura 4 Processó de la processionària del pi. Font: Bertrams Tubau, Lluís.

La distribució de la processionària del pi depèn dels límits de temperatura. Per aquest fet es troba en abundància en la regió mediterrània i disminuint la seva presència cap a latituds més al nord i al sud (Franquet Barrera, 2009).

### 3.3. Impactes generats

La processionària del pi repercuteix negativament als boscos de pi de les regions mediterrànies, en especial en el cas estudiat en el territori català a les comarques del Solsonès i Berguedà. Segons la tipologia d'alimentació de les acícules dels pins provoquen extenses defoliacions en les zones on s'expandeixen les poblacions de processionària del pi. Enguany ha afectat fins a 120.000 hectàrees arreu del territori català (*La processionària del pi, una plaga que genera urticària i més d'un maldecap*, 2017, *La processionària del pi s'escampa per Catalunya gràcies al canvi climàtic*, 2018).

En diferents estudis, com ara realitzat en diversos individus de gossos, es diagnosticaren símptomes clínics d'hipertèrmia, vòmits, glossitis, ptalisme i lesions a la llengua severes, arribant a provocar necrosi en aquest òrgan (Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017). Alguns símptomes menys freqüents però també importants foren anomalies hematològiques, com ara anèmia i leucocitosi (Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017). Aquests estudis conclouen que la rapidesa en ser tractats mitjançant aquests animals mitjançant esteroides i antiestaminics és clau en evitar lesions més severes. Malgrat els efectes adversos que se'n puguin derivar si s'eliminen els pèls urticants en el contacte entre les erugues de la processionària del pi i els gossos i/o altres animals mitjançant un rentat seria el més adequat (Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017). Aquests



efectes també esdevenen en reaccions al·lèrgiques en els humans, presentat dos mecanismes d'acció per part de les erugues de la processionària del pi: un d'immediat, quan els pèls urticants es claven a la pell, injectant un verí amb alliberament d'histamina que provoca una dermatitis aguda, i un altre al·lèrgic, mitjançant un mecanisme IgE, basat en la immunoglobulina E, implicat en l'al·lèrgia i que provoca conjuntivitis, asma, rinitis i angioedema (Artola Bordàs *et al.*, 2008).

Els efectes van més enllà, considerat com a un problema de salut pública, s'afegí els problemes en la ramaderia, en especial al Solsonès i al Berguedà on han estat freqüents darrerament, provocant pèrdues econòmiques en els animals afectats, fet que provoca la realització d'una prova pilot a partir de tractaments biològics, potenciant els depredadors d'aquesta espècie considerada com a plaga forestal (*Agricultura posa en marxa una prova pilot al Solsonès i al Berguedà per evitar futures plagues de processionària*, 2017).

### 3.4. Efectes del canvi climàtic

El canvi climàtic afecta amb l'avançament de la fenologia i metabolisme de determinades espècies, sovint provocant un efecte advers quan un dels afectats la resposta a aquest canvi és lenta. Aquest fet succeeix en el ràpid i eficaç desenvolupament de determinades espècies de lepidòpters afectant a la debilitat de les espècies vegetals amb els teixits poc endurits i desenvolupats (Kocmankova *et al.*, 2010; Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).

El canvi climàtic provoca un augment en la temperatura global fet que repercuteix amb hiverns més suaus i provoca una expansió de la latitud i altitud dels hàbitats de la processionària del pi. Aquesta espècie està influenciada directament amb variables climàtiques de temperatura a escala local i regional (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).

Al segle XX es varen realitzar moltes repoblacions forestals amb espècies de coníferes per a recuperar els ecosistemes naturals desapareguts. Per diferents raons, especialment burocràtiques, les repoblacions van ser denses i tancades de pinedes sense possibilitat d'autoregeneració, susceptibles a plagues i incendis. Els monocultius d'espècies arbrades són freqüents en la regió mediterrània fet que provoca aquesta desprotecció davant a l'augment de plagues forestals en el canvi global actual (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).





Altres factors com un major estrès hídric, implica una major presència de la processionària del pi. En els rodals forestals es pot generar segons el grau d'humitat present entre la obaga i el sollell.

Actualment, la manca de gestió dels boscs mediterranis junt a l'efecte del canvi climàtic està accelerant la substitució de pins per arbres planifolis (de fulla ample), principalment alzines i roures. Sempre s'havien mantingut en segon terme sota les capçades de diferents espècies de pins. Les sequeres repetides i l'augment del nombre d'incendis, han provocat que els arbres planifolis s'adaptin millor a aquestes perturbacions. L'alzina és l'arbre que caracteritza els boscs mediterranis, actualment gran part de la zona d'estudi és formada per pinassa i pi roig, la fusta dels quals era més valorada econòmicament. Actualment, la pèrdua d'aquest valor econòmic ha provocat que agreujat a les perturbacions, l'alzina s'adapti millor davant els pins. Malgrat aquest fet, a la zona d'estudi, considerada muntanya mitjana, el pi roig s'adapta millor a l'alzina, fet que si segueix aquesta substitució podrien no resistir a les sequeres previstes en un futur. Succeeix el mateix en les zones humides, on els faigs són substituïts per alzines, degut a l'elevat grau d'humitat també podria representar un problema, ambdós casos esmentats pertorbarien i afectarien a l'estructura forestal (Vayreda *et al.*, 2016).

L'altre fet remarcable és la millor dispersió i resistència de les llavors a les espècies planifòlies, en concret a les alzines. Les quals poden dispersar-se fàcilment gràcies a animals, tenint un abast de colonització més gran i ràpida (Pouzot-Nevoret *et al.*, 2017). Tanmateix, també poden germinar i créixer en condicions d'ombra, mentre que la majoria de pins només poden fer-ho sota condicions de molta llum (Vayreda *et al.*, 2016). La temperatura també hi té una relació important, a més alçada on el clima és més fred, el ritme de colonització dels planifolis és major, en canvi els pins a altituds baixes desapareixen més ràpidament (Vayreda *et al.*, 2016).

Davant el canvi global actual els investigadors busquen diferents escenaris per a realitzar plans d'actuació que s'anticipin als problemes que hauran d'afrontar les formacions vegetals, amb l'objectiu de conservar la biodiversitat natural i els seus serveis ecosistèmics (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Degut als llinars de temperatura i el seu augment en els darrers anys, en especial a la Península Ibèrica, l'expansió de la processionària del pi és un fet observat i anotat en nombrosos estudis, i en efecte, la distribució espacial de l'espècie varia en altitud, sempre on hi hagi presència d'espècies de pi vulnerables a la seva presència (Jarauta *et al.*, 2006; Franquet Barrera, 2009).

### 3.5. Tractaments previs a la prova pilot

Els tractaments previs realitzats es basen en la fumigació aèria realitzada al 2016 i 2017. Alguns estudis no mostren suficients diferències significatives entre rodals forestals tractats mitjançant fumigació aèria i els que no (Cayuela, Hodar and Zamora, 2011). Malgrat aquests estudis, els resultats de la fumigació aèria del 2016 van ser molt positius amb un 95,5% de mortalitat, davant al 5,8% en les zones no tractades (David Guixé, Camprodon, Piqué, *et al.*, 2017). La fumigació aèria va ser realitzada a partir del bacteri *Bacillus thuringiensis* en les quals les endòspores formen cristalls de  $\delta$ -endotoxines proteïques d'acció insecticida (proteïnes Cry). Aquest bacteri s'adhereix a l'epiteli intestinal i provoca la lisi cel·lular (Figura 5).

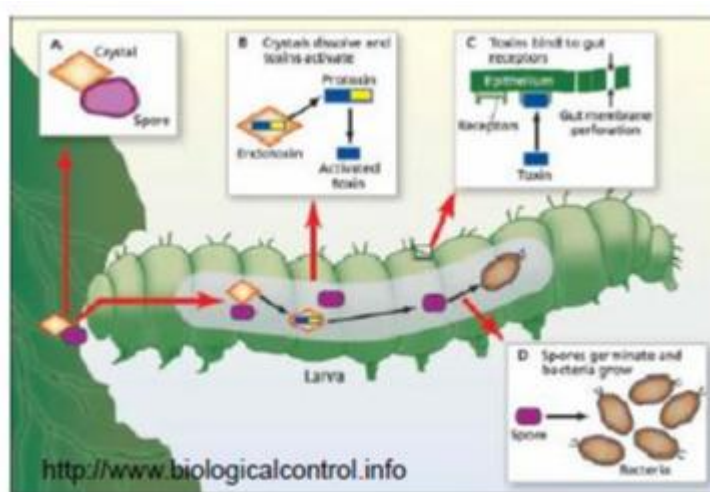


Figura 5 Esquema de l'efecte del bacteri *Bacillus thuringiensis* en l'eruga *Thaumetopoea pityocampa*. Font: (*Biological Control*, no date).

Malgrat els darrers resultats, suposant el millor mètode per combatre aquesta plaga, la despesa econòmica elevada i la complexitat d'aquest tractament provoquen que es generin noves vies de recerca a partir dels controladors naturals i/o amb una silvicultura preventiva. Aquest fet provoca la realització de la prova pilot des del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya amb una lluita biològica sense realització de fumigació aèria, a partir de tractaments de la vegetació i potenciació dels depredadors d'ous, larves i adults. L'objectiu d'aquests tractaments en els diferents rodals forestals serveixen per registrar les diverses variables ecosistèmiques i obtenir estratègies conservacionistes i ambientals per a una millora en la lluita davant les plagues (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).



### 3.6. Altres tractaments i estudis de recerca

Diferents tractaments s'han estudiat des de la realització de tractaments mecànics, químics, biològics i ecològics.

Els tractaments mecànics més utilitzats es basen en la poda de les bosses amb tisores de jardineria llargues, cremant-les a posteriori. És un mètode complex degut a la possibilitat d'irritació que se'n pot derivar.

Antigament, els mètodes tradicionals de control de plagues es centraven directament sobre l'espècie plaga, i amb menys freqüència i intensitat sobre el seu hàbitat (Kogan, 1998). L'ús de feromones i cairomones, en el control de plagues forestals era freqüent. S'han utilitzat productes semi-químics, que realitzen senyals d'atracció i captura en individus de determinades espècies o bé sovint generalistes, realitzant una resposta en cadena a nivell poblacional (Gallego Carbonero, 2013). En el cas que ens ocupa, les espècies *Thaumetopoea pityocampa* i *Lymantria dispar* presenten una alimentació en l'estadi larval a base d'acícules de pi i fulles del gènere *Quercus*. Entre els anys 1960 i 1970 la processonària del pi va ser considerada com a la plaga més important en les pinedes reforestades d'Espanya.

Inicialment i fins el 1975, es va fumigar a través del compost químic DDT (Pimentel and Perkins, 1980), actualment prohibit. Aquest fet provocava l'eliminació de les poblacions de processonària del pi en determinats rodals forestals, però apareixia en anys posteriors en altres espais. Aquest fet va ser observat degut a la manca de fauna auxiliar capaç de depredar aquesta espècie. A més, els efectes dels insecticides i plaguicides provoquen danys colaterals a altres espècies, amb efectes acumulatius a la xarxa tròfica (Sanchís *et al.*, 1990).

A partir d'observar una manca en els efectes dels productes químics en aquestes poblacions, s'aconsegueix aïllar la feromona sexual de la processonària del pi, el (Z)-hexadec-13-en-11-ynyl acetat (Michelot, Guerrero and Ratovelomanana, 1982). La seva eficàcia és molt limitada degut a atreure únicament individus mascles (Cadahía, Enríquez and Sánchez, 1975).

Els cairomones són productes que generen els propis arbres en condicions extremes on presenten una certa debilitat enfront les plagues d'insecticides, en especial, les plagues d'insectes fitòfags (Fabrias, Barrot and Camps, 1995; Gallego Carbonero, 2013). Serveixen d'atreient enfront altres tipologies d'insectes, obtenint una forma de focalització dels depredadors.



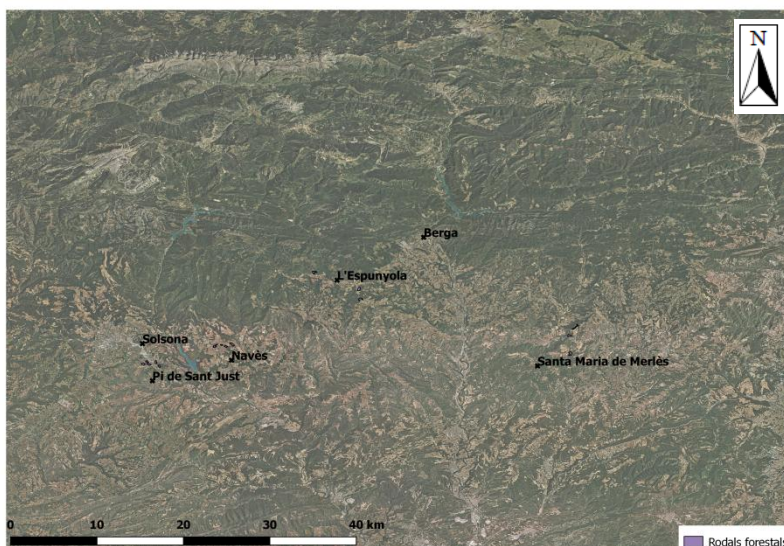
La diversificació de les masses forestals provoca una reducció significativa en la capacitat de formació de plagues (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012). Els hàbitats susceptibles a la presència de la processionària del pi permet que aquesta espècie dipositi els ous segons l'emissió de terpens i altres substàncies de les diferents espècies arbrades, fet que queda limitat amb la diversificació de les espècies arbrades. Les papallones de la processionària del pi s'aparellen i dipositen els ous en la mateixa nit fet que provoca una limitació en el seu desplaçament de deposició dels ous, junt a la limitació de detecció dels terpens i altres substàncies de les espècies arbrades, pot provocar una disminució en el naixement de les larves (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012; Casas, 2015).

Si es potencien els hàbitats pels seus depredadors, depredadors específics, pot repercutir a una pressió sobre l'espècie de la processionària del pi major i consegüentment la disminució de la població, ja que la condició de depredador generalista limita la capacitat de control de la plaga. Sempre i quan es tendeixi a reduir el seu hàbitat potencial, o bé centralitzar els seus hàbitats potencials llunyans de les zones amb bestiar i urbanitzacions, és a dir, zones de rodals amb clarianes i sorrenques on afavoreix la presència de la processionària del pi. En canvi, zones amb abundància en l'estrat arbustiu repercutiria a una reducció de les seves poblacions (Montoya and Hernández, 1998; R. Montoya Moreno, 2002; Hódar *et al.*, 2011; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

## 4. Metodologia

### 4.1 Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi s'emmarca a la zona de la Catalunya Central, en especial a les finques privades molt afectades per la processionària del pi entre el Berguedà i el Solsonès (Figura 6).



**Figura 6 Mapa de la localització dels rodals forestals.**

L'estudi es realitza en diferents rodals segons la tipologia dels tractaments (control, tallada, tallada i caixes) en el Pi de Sant Just, al sud de Solsona; a Navès, a l'est de Solsona; a l'Espunyola al sud-oest de Berga i a Santa Maria de Merlès, al sud-est de Berga. A continuació s'exposen detalladament els diferents rodals forestals estudiats:



**Figura 7 Rodal forestal de la urbanització del Pi de Sant Just (Solsona). Codis: pi\_c (control), pi\_t (tallada), pi\_tc(tallada i caixes). Font: elaboració pròpia.**

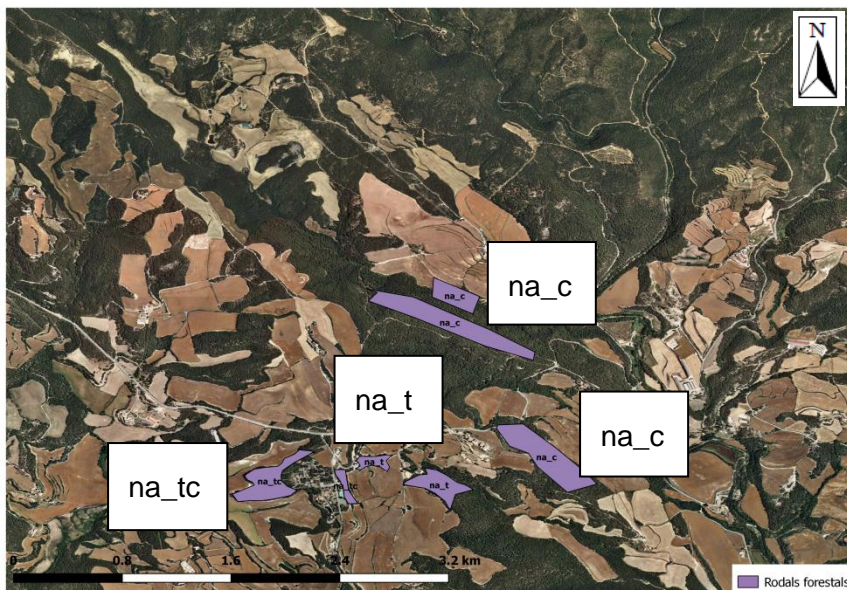


Figura 8 Rodal forestal de Navès (urbanització de Santa Llúcia). Codis: na\_c (Navès control), na\_t (Navès tallada), na\_tc (Navès tallada i caixes). Font: elaboració pròpia.

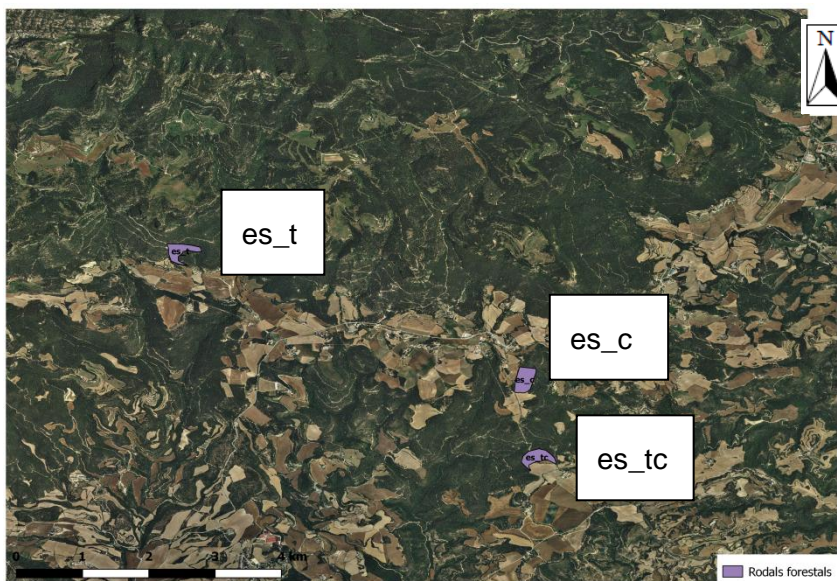
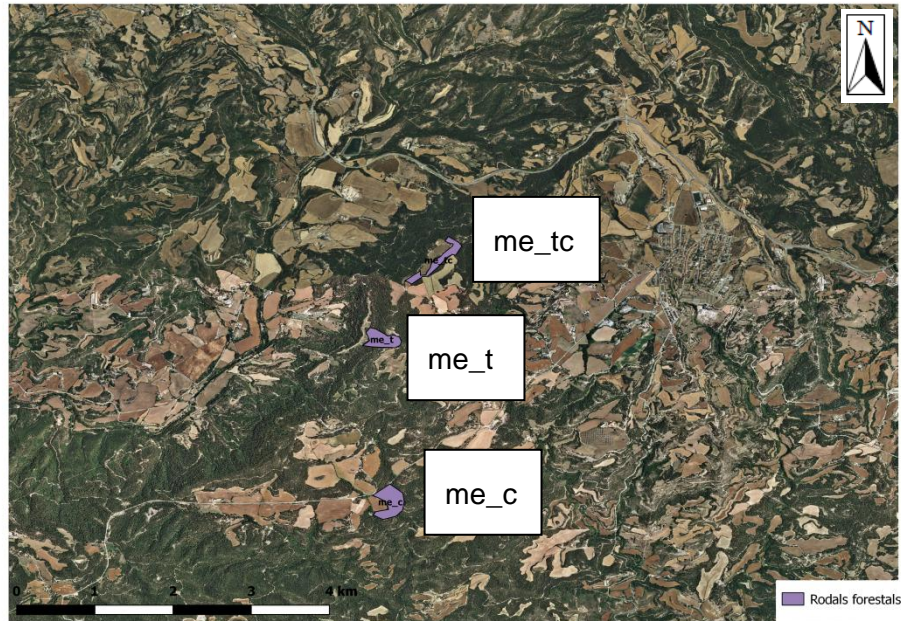


Figura 9 Rodals forestals a l'Espunyola. Codis: es\_c (L'Espunyola control), es\_t (L'Espunyola tallada), es\_tc (L'Espunyola tallada i caixes). Font: elaboració pròpia.



**Figura 10 Rodals forestals a Santa Maria de Merlès. Codis: me\_c (Merlès control, me\_t (Merlès tallada), me\_tc (Merlès tallada i caixes). Font: elaboració pròpia.**

La metodologia desenvolupada estava marcada davant les actuacions que es desenvoluparien des de la Generalitat de Catalunya a les parcel·les d'estudi (Guixé and Camprodon, 2016). Degut a problemes aliens al desenvolupament d'aquest projecte, la metodologia emprada ha estat modificada tal i com s'exposa en els apartats posteriors.

## 4.2. Pla de treball

El pla de treball quedà reflectit en el marcatge dels arbres de cada parcel·la fins al mes de març de 2018, abans de la tallada selectiva a realitzar per l'empresa competent contractada per la Generalitat de Catalunya. Les actuacions silvícoles estaven destinades entre finals de març i principi d'abril. Actualment es realitzaran al mes de novembre d'aquest any. La instal·lació de caixes ratpenats i caixes per a ocells per a potenciar els depredadors naturals de la processionària del pi es realitzaren des de l'agost del 2017.

Degut a aquest retard en les actuacions, el projecte realitzat ha quedat modificat de la següent manera:

- Marcatge dels rodals forestals de tallada i tallada i caixes.
- Anàlisi estadístic de les dades d'ocells i ratpenats, de papallones, dades ambientals i d'estructures forestals i caracterització dels rodals fins a l'actualitat.



- Revisió de caixes ratpenats (agost 2018) i instal·lació d'algunes caixes per a ocells.

### 4.3. Actuacions

Les actuacions que s'haurien d'haver realitzat en la prova pilot analitzada s'exposen a continuació:

- 1) Rodal sense cap intervenció (control). En aquesta tipologia de rodal forestal no es realitzaria cap intervenció forestal ni la col·locació de caixes per a ratpenats i ocells.
- 2) Rodal amb treballs silvícoles orientats a disminuir els efectes de la processonària, prèviament marcats.
- 3) Rodal on s'instal·len caixes per ocells depredadors d'erugues i per a ratpenats depredadors d'adults, a més dels treballs silvícoles.

L'efectivitat de les actuacions serien entre 3-5 anys. Els objectius concrets de les actuacions serien (Guixé and Camprodon, 2016; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017):

- Fomentar l'abundància d'espècies arbrades planifòlies (principalment roures i alzines). En especial als llindars forestals propers a les zones urbanitzades o explotacions ramaderes.
- Disminuir les densitats de l'estrat arbori dominat per pins.
- Crear petites clarianes forestals a l'interior del rodal com a punts de regeneració adequats per als planifolis, amb sotabosc escàs, per tal de dirigir-hi les erugues a enterrar-se.
- Conservar i fomentar la formació de cavitats naturals en arbres per afavorir els ocells insectívors ocupants de cavitats i els ratpenats. La formació de cavitats a mitjà-llarg termini s'efectuarà per mitja de l'anellament de pins especialment escollits per a convertir-los en arbres morts dempeus.
- Instal·lació de caixes per a ratpenats i ocells insectívors.
- Millorar l'heterogeneïtat de la vegetació, la complexitat ecològica i la biodiversitat del bosc a mitjà termini.
- Obrir el subvol arbori per facilitar el vol dels ratpenats i augmentar així els seus espais de cacera.





- Condicionar el creixement del bosc per dirigir-lo cap estats de maduresa estructural a mitjà i llarg termini, en funció de l'ús productiu del rodal i de la voluntat del propietari.
- Interès d'obtenir una estructura arbustiva de matollar baix als llandars del bosc en contacte amb els espais oberts i pastures, per evitar la ràpida dispersió de les erugues cap a l'exterior de la massa forestal. Apilar-hi brancatge per impedir l'avanç de les erugues, sempre que no es condicioni la vulnerabilitat als incendis i complint amb la normativa actual.
- Disminuir la vulnerabilitat dels boscs als incendis forestals i incrementar la seva adaptació al canvi climàtic.

Les actuacions consistirien en aclarides mixtes per regular la competència a l'estrat dominant, a partir d'un marcatge previ, tot creant obertures a les capçades i, si és necessari, reduir la densitat de peus dominats. Alhora, regular la distribució espacial dels diferents estrats quan hi hagi un subvol d'espècies frondoses. A més, s'inclouen actuacions específiques per a la millora de la biodiversitat en general.

#### 4.4. Tasques a desenvolupar

Diferents variables són estudiades per a la realització de les actuacions anteriors i per a la idealització dels rodals forestals per a reduir l'impacte de la processonària del pi.

##### 4.4.1. Caracterització dels rodals

Per a caracteritzar els diversos tipus de rodals forestals es van caracteritzar els rodals mitjançant inventaris forestals i es van obtenir les variables estudiades en la Taula 3:

Variables inventaris forestals	Definició (unitats)
Ho	Alçada mitjana dels arbres dominants (metres)
AB_total	Àrea basimètrica mitjana de tot el rodal ( $m^2/ha$ ), expressa la relació entre les seccions normals dels arbres d'un rodal forestal (mesurada a 1,30 metres de la base de l'arbre) i la superfície que ocupen.
RCE	Recobriments d'escala (percentatge) per estudi de la potencialitat d'incendis forestals
FCCa	Freqüència de la cobertura aèria per estudi de la potencialitat d'incendis forestals (percentatge)
RCS	Recobriments de la superfície (percentatge)
Cobertura_arbòria	Cobertura de la vegetació arbòria (percentatge)
Cobertura_arbustiva	Cobertura de la vegetació arbustiva (percentatge)



Cobertura_herbàcia	Cobertura de la vegetació herbàcia (percentatge)
AB_Pinus	Àrea basimètrica del gènere <i>Pinus</i> (percentatge)
AB_Quercus	Àrea basimètrica del gènere <i>Quercus</i> (percentatge)
AB_altres	Àrea basimètrica del pi blanc (percentatge)
Densitat_total	Densitat total del nombre de peus d'arbres respecte l'àrea del rodal (peus/ha)
%bosc	Percentatge de cobertura de bosc (percentatge)
%espaiobert	Percentatge de cobertura d'espai obert (percentatge)
%antròpic	Percentatge de cobertura de l'espai antròpic (percentatge)
%aigua	Percentatge de cobertura d'aigua (percentatge)
%matollar	Percentatge de cobertura del matollar (percentatge)

Taula 3 Variables de la caracterització dels rodals amb la seva definició i unitats.

Les variables *%bosc*, *%espai obert*, *%antròpic*, *%aigua* i *%matollar* s'obtingueren a partir de la realització de *buffers* de 500 metres al voltant del punt central del rodal fent servir els diferents usos del sòl de les capes corresponents.

Es consideren els següents factors condicionants que podrien afectar a la gestió dels rodals i en la seva caracterització (David Guixé, Camprodon, Piqué, *et al.*, 2017):

- **Factors silvícoles**

Les masses arbòries tendeixen a la simplificació de l'estructura a escala de rodal.

- **Usos**

Als rodals propers a zones de pastura hi ha un ús ramader intens a l'interior del bosc, que es pot mantenir sempre que mantinguin un sotabosc i regeneració adequada. L'ús productiu de fusta es centraria a l'interior del rodal, pel nivell de capitalització de les masses i per les condicions d'accessibilitat. En els llindars es constituïrien estructures de baixa densitat d'arbrat, com les dissenyades per prevenció d'incendis, que es podran pasturar per a mantenir-ne l'estructura.

En els rodals de Merlès es troben situats dins la Xarxa Natura 2000 de la Riera de Merlès (ES5110009), fet que repercuteix en la conservació de la massa forestal de pinassa i dels seus elements faunístics i florístics.

- **Incendis**

Els rodals d'actuació se situen en zones amb un alt risc d'incendi. A més, l'alta densitat de peus juntament amb l'estrat arbustiu alt confereixen a aquests rodals una alta vulnerabilitat al foc de capçades, degut a l'acumulació de combustible



d'escala. Les actuacions han de contemplar mesures per a disminuir aquesta vulnerabilitat estructural, sobretot als llinars amb zones edificades.

- **Biodiversitat**

Davant d'intervencions que impliquin treballs forestals o alguna modificació de l'estructura actual del rodal o de les seves vies d'accés s'haurà de tenir en compte les espècies de flora i fauna amenaçades o singulars per assegurar la seva conservació. Per a cada zona caldria anomenar els elements de la biodiversitat a tenir en compte, de manera general s'exposen a continuació:

- **Fauna:** segons la Directiva Hàbitats 92/43/CEE les espècies *Eriogaster catax*, *Graellsia isabelae*, *Callimorpha quadripunctaria*, *Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Barbastella barbastellus*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis emarginatus*, *Myotis bechsteinii*.

- **Flora amenaçada:** segons les espècies del Catàleg d'espècies de flora amenaçades de Catalunya (Resolució AAM/732/2015).

- **Flora d'interès biogeogràfic:** *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Ononis aragonensis*, *Rosa pimpinellifolia*, *Epipactis atrorubens*, *Geum sylvaticum*, *Pyrola clorantha*, *Senecio lagascanus*, *Thalictrum tuberosum*, *Gentiana lutea*, *Lathyrus vernus*, *Prunus mahaleb*, *Rhamnus alpina* (David Guixé, Camprodon, Piqué, et al., 2017).

#### 4.4.2. Marcatge de pins

Es varen marcar les diferents espècies d'arbres per a la posterior actuació silvícola. Les espècies marcades foren: *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Quercus subpyrenaica* i *Quercus ballota*.

Les diferents espècies marcades amb punt seran talades, les marcades amb una anella, anellades per a obtenir cavitats pel refugi dels ocells insectívors i ratpenats. Permetent obtenir dades sobre les espècies arbrades més freqüents que es talaran i deduir una nova densitat d'arbres en els diferents rodals forestals.

#### 4.4.3. Tractaments silvícoles

Les línies d'actuacions en la proposta dels tractaments silvícoles seran:

- **Aclarides de millora:** es redueixen el nombre de peus de pinassa i pi roig.

- **Diversificació de les pinedes** amb altres espècies llenyoses caducifòlies, especialment en els límits dels rodals, on la processionària efecte de manera més severa (Dulaurent *et al.*, 2012).
- **Millora a llarg termini la maduresa del bosc**, deixant un nombre mínim d'arbres sense tala perquè formin cavitats naturals pels ocells i ratpenats (acció complementària a l'instal·lació de caixes ratpenats i ocells).

Es realitzaran diferents tipologies d'aclarida i accions complementàries segons les característiques forestals dels rodals (vegeu Annex 2. *Actuacions d'aclarida*).

#### 4.4.4. Instal·lació de caixes per a ratpenats i ocells

La instal·lació de caixes nius per maximitzar la ocupació de ratpenats forestals i d'ocells insectívors forestals en els rodals de tallada i caixes. S'han considerat els models 1FD i 3FF de la casa SCHWEGLER (Ahlén, 1990; Hayes, 1997, 2000; Ahlén and Baagøe, 1999; Obrist, Boesch and Fluckiger, 2004; Flaquer, Torre and Arrizabalaga, 2007) i el model GACO 2000 per a pàrids, construït pel Grup d'Anellament de Calldetenes- Osona.



Figura 11 Models 1FD i 3FF de caixes de ratpenats, i model GACO 2000 de caixes d'ocells. Font: (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Per ratpenats es situen entre 4-6 caixes/ha per a ratpenats, agrupades de 3 en 3 i separades cada 100 m. Per ocells es situen entre 6-8 caixes /ha separades cada 50-75 m (vegeu Annex 3. *Localització de les caixes de ratpenats i d'ocells*).

#### 4.4.5. Estudi dels depredadors

Els depredadors potencials de la processionària del pi es classifiquen en ocells i ratpenats (Annex 4. *Espècies d'ocells característiques de pinassa i possibles depredadors d'eruga de la processionària del pi* i Annex 1. *Espècies de ratpenats a Catalunya i la seva importància en la depredació de la processionària del pi*).



Tanmateix, s'ha estudiat diverses variables interessants en relació a l'abundància de la processonària del pi en els diferents tractaments dels rodals forestals (Taula 4):

<b>Variabls dels depredadors potencials</b>	<b>Definició (unitats)</b>
Esforç_ratpenats	Esforç ratpenats (h - hores)
AB_ratpenats_generalistes	Abundància dels ratpenats generalistes (contactes/h)
Riq_ratpenats_generalistes	Riquesa dels ratpenats generalistes (n <sup>o</sup> )
AB_ratpenats_forestals	Abundància dels ratpenats forestals (contactes/h)
Riq_ratpenats_forestals	Riquesa dels ratpenats forestals (n <sup>o</sup> )
AB_ratpenats_depredadors_proc_pi_efecte_elevat	Abundància dels ratpenats depredadors de la processonària del pi amb bastant i molt efecte (contactes/h)
AB_ratpenats_depredadors_proc_pi_efecte_poc	Abundància dels ratpenats depredadors de la processonària del pi amb poc efecte (contactes/h)
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_efecte_elevat	Abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb bastant i molt efecte (contactes/h)
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_efecte_poc	Abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb poc efecte (contactes/h)
AB_Ocupants_caixes_ratpenats	Abundància dels ratpenats ocupants de caixes (contactes/h)
AB_Poc_nul_occupants_caixes_ratpenats	Abundància baixa o nul·la dels ratpenats ocupants de caixes (contactes/h)
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_occupants_caixes	Abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi ocupants de caixes (contactes/h)
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_poc/nul_occupants_caixes	Abundància baixa o nul·la dels ratpenats forestals depredadors de processonària del pi ocupants de caixes (contactes/h)
AB_ocells_generalistes	Abundància dels ocells generalistes (contactes/km) seguint l'Índex d'Abundància Kilomètric (IKA)
Riq_ocells_generalistes	Riquesa dels ocells generalistes (n <sup>o</sup> )
AB_ocells_depredadors_erugues_processonària	Abundància dels ocells depredadors de les erugues de la processonària del pi (contactes/km)
Riq_ocells_depredadors_erugues_processonària	Riquesa dels ocells depredadors de les erugues de la processonària del pi (n <sup>o</sup> )



AB_ocupants_cavitats	Abundància dels ocells ocupants de cavitats (contactes/km)
Riq_ocupants_cavitats	Riquesa dels ocells ocupants de cavitats (nº)
AB_ocells_forestals	Abundància dels ocells forestals (contactes/km)
Riq_ocells_forestals	Riquesa dels ocells forestals (nº)
AB_ocells_grimpadors	Abundància dels ocells grimpadors (contactes/km)
Riq_ocells_grimpadors	Riquesa dels ocells grimpadors (nº)

Taula 4 Variables estudiades dels depredadors potencials amb la seva definició i unitats.

Les variables d'ocells es dividiren segons els gremis característics en els boscs estudiats, principalment considerats com a boscs de pinassa: ocells grimpadors, ocells forestals, ocells generalistes i ocells ocupants de cavitats, i els ocells potencialment depredadors de la processonària del pi, en especial en la fase larvària (Camprodon, 2014). Les variables de ratpenats es varen dividir segons ratpenats generalistes, forestals i depredadors de la papallona de la processonària del pi amb un efecte elevat i menor, i la seva ocupació en caixes (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Els estudis dels depredadors potencials de la processonària del pi s'han realitzat seguint un mostreig del poblament d'ocells, de ratpenats i de la papallona de la processonària del pi.

#### 4.4.5.1. Mostreig de la població d'ocells

S'han realitzat al llarg del 2016 i 2017 censos d'ocells seguint transectes en cada tipologia de rodal (vegeu Annex 5. Localització dels transectes d'ocells, detecors de ratpenats i trampes de papallones). Els transectes d'ocells s'han realitzat en els diferents rodals de control, de tallada i de tallada i caixes.

Cada transecte tracta de comptabilitzar auditivament i visualment els individus d'ocells de les diferents espècies detectades amb una amplada de 100 metres per banda i banda del transecte i longitud segons la mida del rodal. En els anàlisis estadístics s'han tingut en compte les dades obtingudes d'abundàncies absolutes d'ocells basades en l'Índex Kilomètric d'Abundància (IKA), obtenint així les dades d'abundància relatives.

#### 4.4.5.2. Mostreig de la població de ratpenats

Es varen realitzar gravacions automàtiques de ratpenats per a realitzar el mostreig de la població de ratpenats (Parsons and Szewczak, 2008; Puig, 2008), consistent en



gravacions d'ultrasons amb detectors automàtics SM3 o SM4 de *Wildlife Acoustics* (vegeu situació dels detectors a l'Annex 5. Localització dels transectes d'ocells, detecors de ratpenats i trampes de papallones a l'Annex 6. Tipologies dels detectors de ratpenats) durant 3-4 nits en període d'emergència de les papallones de la processonària del pi. Aquest protocol es dirigia especialment per les espècies de ratpenats forestals (Flaquer, Torre and Arrizabalaga, 2007). Les identificacions es basen en els pols d'ecolocació (Hayes, 2000), en la freqüència de màxima energia, la durada dels polsos i la durada dels intervals entre polsos; i en alguns casos en la identificació de crits socials (Ahlén, 1990; Russo and Jones, 2002), tot seguint referències bibliogràfiques i consells dels experts en el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, per tal d'analitzar les dades obtingudes (Vaughan, 1997; Ahlén and Baagøe, 1999; Fenton, 2000; Russo and Jones, 2002; Obrist, Boesch and Fluckiger, 2004; Parsons and Szewczak, 2008).

#### 4.4.6. Mostreig de papallones

Es varen estudiar la població de papallones de cada rodal a partir de trampes de llum de tipus Heath, equipades amb fluorescents de llum actínica de 6 o 8 W (Férriz, R. Honey and J. Riddiford, 2006) (vegeu localització de les trampes de papallones en l'Annex 5. Localització dels transectes d'ocells, detecors de ratpenats i trampes de papallones), malgrat que per l'estudi final del projecte s'ha tingut en compte únicament la papallona de la processonària del pi (Taula 5). La metodologia del mostreig de papallones es va realitzar durant 4 hores, fins les 2 de la matinada aproximadament amb una trampa per rodal (vegeu l'Annex 7. Esforç en el mostreig de les papallones), per tal de capturar les diferents mostres i analitzar-les en el laboratori del CTFC (Bellavista, 2000; Dantart, 2000; David Guixé, Camprodon, Roca, et al., 2017).

Variables papallones	Definició (unitats)
Ab_Thaumetopoea_pityocampa	Abundància relativa de la papallona de la processonària del pi ( <i>Thaumetopoea pityocampa</i> ) (nº/h)
NM_Thaumetopoea_pityocampa	Abundància relativa dels mascles de la papallona de la processonària del pi ( <i>Thaumetopoea pityocampa</i> ) (nº/h)
NF_Thaumetopoea_pityocampa	Abundància relativa de les femelles de la papallona de la processonària del pi ( <i>Thaumetopoea pityocampa</i> ) (nº/h)

Taula 5 Variables analitzades de la papallona de la processonària del pi amb les seves definicions i unitats.

#### 4.4.7. Metodologia de determinació de la defoliació

La metodologia per a determinar el grau de defoliació dels rodals mitjançant vols de drone s'exposa en l'Annex 8. *Metodologia del mostreig de l'afectació de la processionària del pi en la defoliació dels pins mitjançant drons*. El mètode de determinació de la defoliació mitjançant imatges RGB i RGNIR es basa en la Taula 6:

Valor índex RGB	Percentatge defoliació RGB (%)	Valor índex RGNIR	Percentatge defoliació RGNIR (%)
<0.85	100	<0	100
<0.95	75-100	0-0.1	75-100
<1.05	50-75	0.1-0.2	50-75
<1.115	25-50	0.2-0.3	25-50
>1.25	0-25	0.3-0.4	0-25

Taula 6 Índexs i percentatges de defoliació RGB i RGNIR

Es calcula mitjançant la variable *%defoliació\_mitjana* calculada en percentatge.

#### 4.4.8. Estudi de les condicions ambientals

S'han estudiat diverses variables ambientals que s'exposen en la Taula 7:

Variables ambientals	Definició (unitats)
Temperaturamitjanaestiu	Temperatura mitjana als mesos d'estiu (juny-agost) (°C)
Temperaturamitjanahivern	Temperatura mitjana als mesos d'hivern (desembre-febrer) (°C)
Temperaturaminimahivern	Temperatura mínima dels mesos d'hivern (desembre-febrer) (°C)
Pluviometria	Estudi de la pluviometria de cada rodal (mm)

Taula 7 Variables ambientals dels rodals forestals amb les definicions i unitats.

Les variables ambientals s'han obtingut a partir del Servei Meteorològic de Catalunya, de les observacions de l'any 2016-2017 de les poblacions de Solsona, Navès, Berga (Santuari de Queralt) i La Quar, per la proximitat als rodals forestals d'estudi.

#### 4.5. Anàlisi estadístic

S'han dut a terme diversos anàlisis estadístics per estudiar les diferents variables a partir de correlacions paramètriques i no paramètriques entre elles i anàlisis de la





variància per a determinar la millor relació entre variables i tipologies d'actuacions en els rodals forestals.

Les hipòtesis inicials són les següents:

Ho (hipòtesi nul·la): no hi ha correlació de cap variable respecte la variable d'abundància de la papallona de la processionària del pi (variable objecte d'estudi).

Ha (hipòtesi alternativa): hi ha alguna correlació entre algunes de les variables respecte la variable d'abundància de la papallona de la processionària del pi (variable objecte d'estudi).

Si s'accepta la hipòtesi alternativa, s'estudien les variables correlacionades amb la resta de variables que determinen la caracterització dels rodals, el conjunt de variables que determinen les característiques dels depredadors potencials i les ambientals, per determinar si presenten relació amb la variable d'abundància de la papallona de la processionària del pi i en els casos més representatius s'estudia si presenten diferències significatives entre tipologia d'actuacions en els diferents rodals. A més, les variables més representatives s'estudiaran entre elles per analitzar-ne la seva correlació.

Es pretén observar un efecte entre la variable de depredadors de la processionària del pi, ocells i ratpenats, respecte l'abundància de la processionària del pi. A més, s'estudiarà una modelització de l'estudi a partir d'obtenir una equació model per a determinar l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi en base a les variables correlacionades linealment amb aquesta.

## 5. Resultats

### 5.1. Tractament estadístic caracterització dels rodals

Els rodals forestals estudiats són pinedes submediterrànies de pinassa amb presència de planifolis com el roure subpirinenc i l'alzina o carrasca. El sotabosc es troba dominat per boix, esbarzer, ginebró i corner entre altres. La regeneració de pinassa és escassa en comparació als plançons d'espècies planifolis observades.

Els resultats de les correlacions lineals entre les variables de la caracterització dels rodals respecte la variable objecte d'estudi final l'abundància de la processionària del pi s'exposen en la Taula 8:



Variable rodals	caracterització	Valor correlació lineal (Coeficient de Pearson - r)	Valor correlació no lineal (Coeficient de Spearman - s)	p-valor
AB_Pinus		0.4097		0.4934
AB_Quercus		-0.1142		0.8549
AB_altres (pi_blanc)		-0.4217		0.4794
AB_total			-0.0263	0.9665
Cobertura_arbòria			0.1026	0.8696
<b>Cobertura_arbustiva</b>			<b>0.9747</b>	<b>0.0048</b>
Cobertura_herbàcia			0.3591	0.5528
Densitat_total		-0.4498		0.4473
FCCa			0.5162	0.3733
Ho		-0.4211		0.4801
RCE			0.3591	0.5528
<b>RCS</b>			<b>0.9474</b>	<b>0.0144</b>
%.bosc			-0.6669	0.2189
%aigua		-0.3052		0.6175
%antròpic		0.7555		0.1397
%espaiovert			0.6669	0.2189
%matollar		0.3423		0.5728
%defoliació_mitjana		0.0396		0.9496

Taula 8 Valors de correlació lineal i no paramètrica amb el seu p-valor.

S'obté una relació no lineal forta en les variables de la cobertura arbustiva i del recobriment de superfície respecte la variable d'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi.

Les variables de l'àrea basimètrica dels gèneres *Pinus* i *Quercus* es troben relacionades inversament.

En l'Annex 9. Dades de la caracterització dels rodals s'observa la taula de dades de la caracterització dels rodals i a continuació s'exposen diverses gràfiques per entendre millor les variables més representatives.

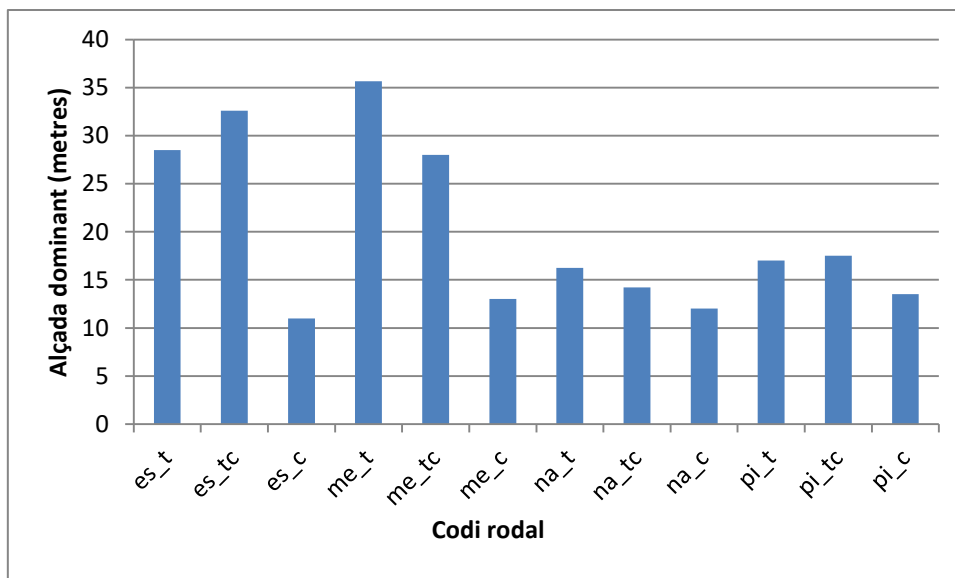


Figura 12 Mitjana de l'alçada dels arbres dominants de cada rodal.

L'alçada dominant (Figura 12) dels rodals de Navès i del Pi de Sant Just (Solsona) són similars, en canvi en els altres dos rodals s'observa una diferència significativa en comparació a aquests dos rodals, en especial en els rodals de tallada i tallada i caixes. Els rodals de l'Espunyola i Merlès de tallada i tallada i caixa presenten una alçada dominant molt superior als controls d'aquests rodals i als de la mateixa tipologia de les altres dues zones (ANOVA:  $F=4.27$ ,  $p\text{-valor}=0.0447$ ).

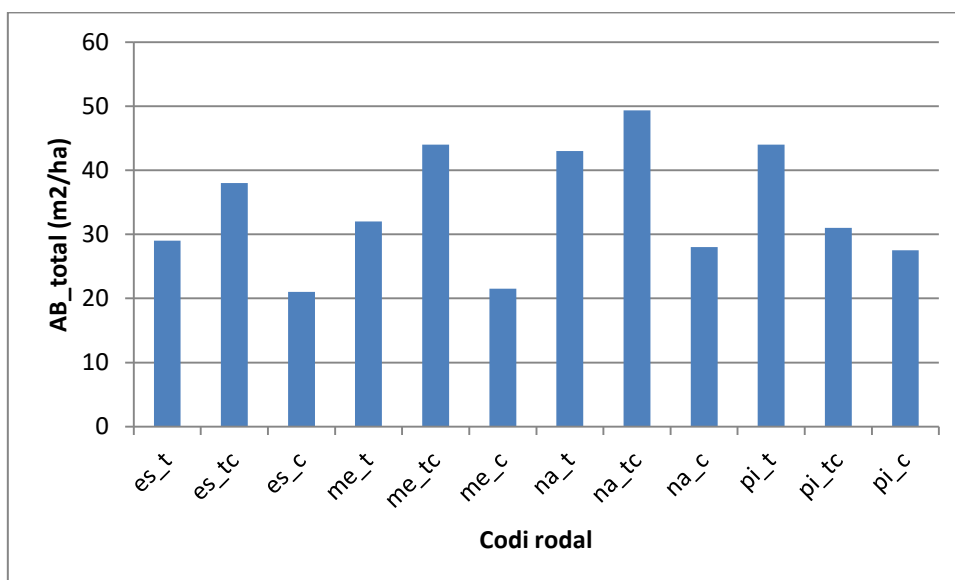


Figura 13 Àrea basimètrica total de cada rodal.

L'àrea basimètrica total (Figura 13) dels rodals controls de les diferents zones és inferior a la resta de rodals. La majoria dels rodals de tallada i caixes presenten els valors més elevats d'àrea basimètrica total, malgrat no ser significatives les seves diferències entre tipologies de rodals (ANOVA:  $F=7.7306$ ,  $p\text{-valor}=0.05192$ ).

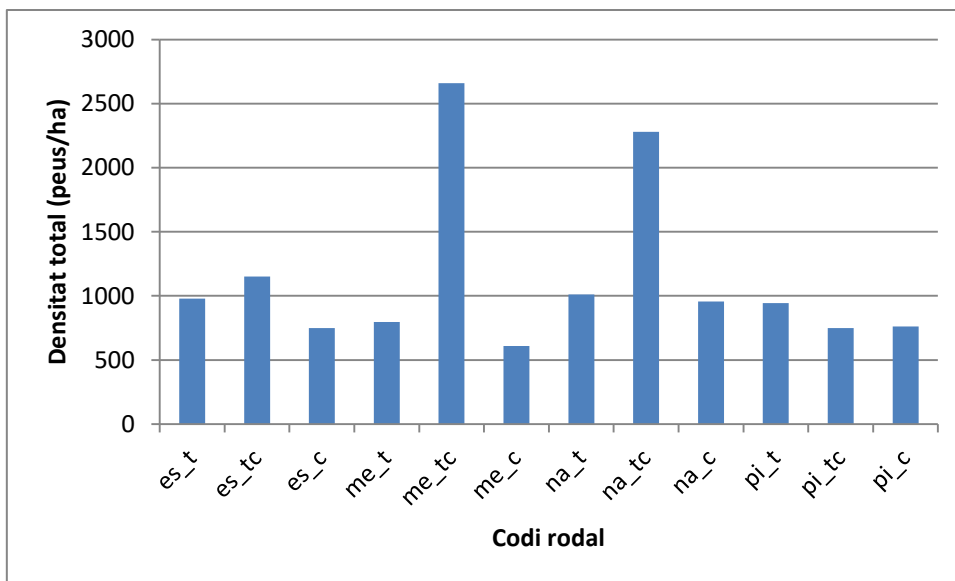


Figura 14 Densitat total del nombre de peus d'arbres per hectàrea.

La densitat total d'arbres (Figura 14) és molt elevada en els rodals de tallada i caixes de la zona de Merlès i de Navès en comparació a la resta de rodals i tipologia de rodals, tot i així no presenten diferències significatives entre tipologia de rodals (ANOVA:  $F=2.161$ ,  $p\text{-valor}=0.171$ ).

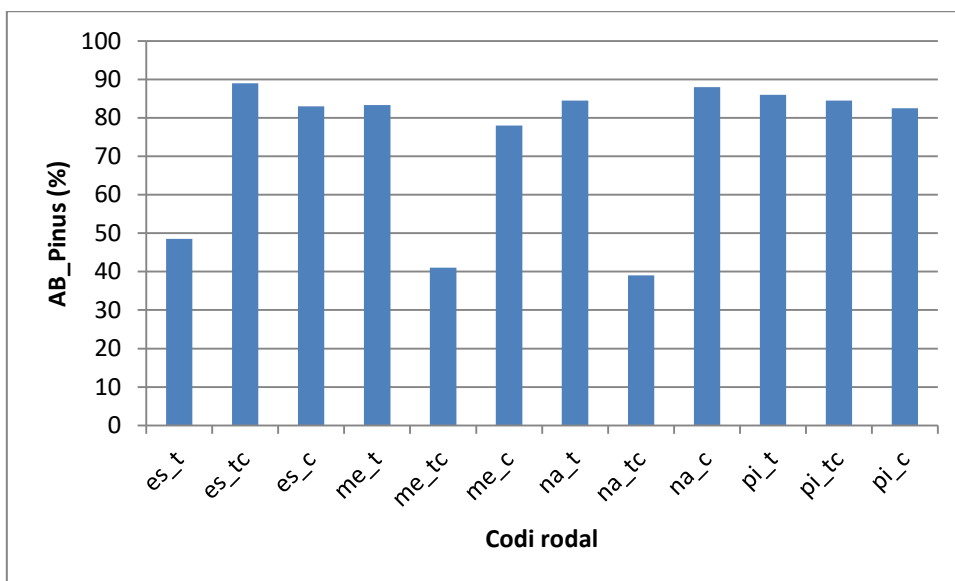


Figura 15 Percentatge de l'àrea basimètrica del gènere *Pinus*.

S'han considerat les espècies *Pinus sylvestris* i *Pinus nigra* en el càlcul de l'àrea basimètrica (Figura 15) del gènere *Pinus*. Les àrees basimètriques del gènere *Quercus* i del pi blanc no estan considerades, ja que l'impacte més sever és en arbres de les dues espècies mencionades.



En el rodal de tallada de l'Espunyola, el de tallada i caixes de Merlès i Navès s'obtenen un valor inferior al 50% de presència de *Pinus sylvestris* i *Pinus nigra*. La resta formen part d'espècies del gènere *Quercus* com l'espècie *Quercus subpyrenaica* i *Quercus ballota*. La presència del 50% de pi blanc es troba en el rodal de tallada i caixa de Merlès. La resta de rodals són majoritàriament formats per *Pinus nigra* i *Pinus sylvestris*. Malgrat aquest fet, no hi ha diferències significatives entre tipologies de rodals (ANOVA:  $F=0.725$ ,  $p\text{-valor}=0.565$ ).

Hi ha una correlació negativament forta entre l'àrea basimètrica del gènere *Pinus* i del pi blanc ( $r= -0.8926$ ,  $p\text{-valor}= 0.0416$ ). La densitat total dels peus dels arbres respecte l'àrea basimètrica del gènere *Pinus* i del pi blanc es troben correlacionades negativament i positivament respectivament ( $r=-0.9626$ ,  $p\text{-valor}=0.0086$  i  $r=0.9435$ ,  $p\text{-valor}=0.0160$ ).

Cal remarcar que hi ha una correlació no paramètrica forta entre la cobertura arbustiva i l'abundància de la papallona de la processionària del pi ( $s=0.9747$ ,  $p\text{-valor}= 0.0048$ ). Fet que repercuteix a l'elevada presència de cobertura arbustiva, major presència de la papallona objectiu d'estudi.

La correlació no paramètrica entre cobertura arbòria i arbustiva és moderada ( $s=0.58305$ ,  $p\text{-valor}=0.04661$ ). La correlació no paramètrica entre la cobertura arbustiva i el recobriment per superfície és molt forta ( $s=0.9565$ ,  $p\text{-valor}=1.973e-05$ ), fet que repercuteix a entendre la relació entre aquestes dues variables. La FCCa (fracció de coberta aèria) respecte la cobertura arbòria és elevada ( $s=0.88256$ ,  $p\text{-valor}= 0.00014$ ) demostrant la relació entre variables relacionades amb l'estudi de la potencialitat d'incendis forestals i els inventaris de caracterització dels rodals.

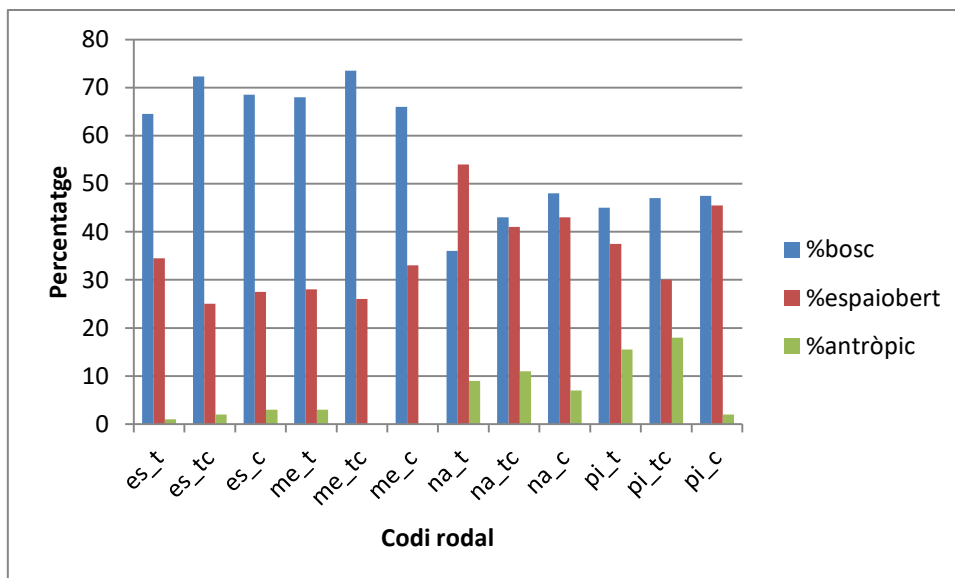


Figura 16 Percentatge de bosc, espai obert i espai antròpic fins a 500 metres dels límits del rodal forestal.

El percentatge de bosc en comparació al d'espai obert i antròpic (Figura 16) és molt elevat en els rodals de l'Espunyola i Merlès. En canvi, a Navès i en especial al Pi de Sant Just, l'espai antròpic a prop dels rodals és considerable, remarcat en la correlació fortament negativa ( $r=-0.9378$ ,  $p\text{-valor}=0.0184$ ). El fet més destacat, és l'elevada presència d'espai obert en zones properes als rodals forestals de la zona de Navès, amb una correlació forta negativa entre variables de defoliació mitjana i la cobertura arbòria ( $s=-0.7115$ ,  $p\text{-valor}=0.04779$ ).

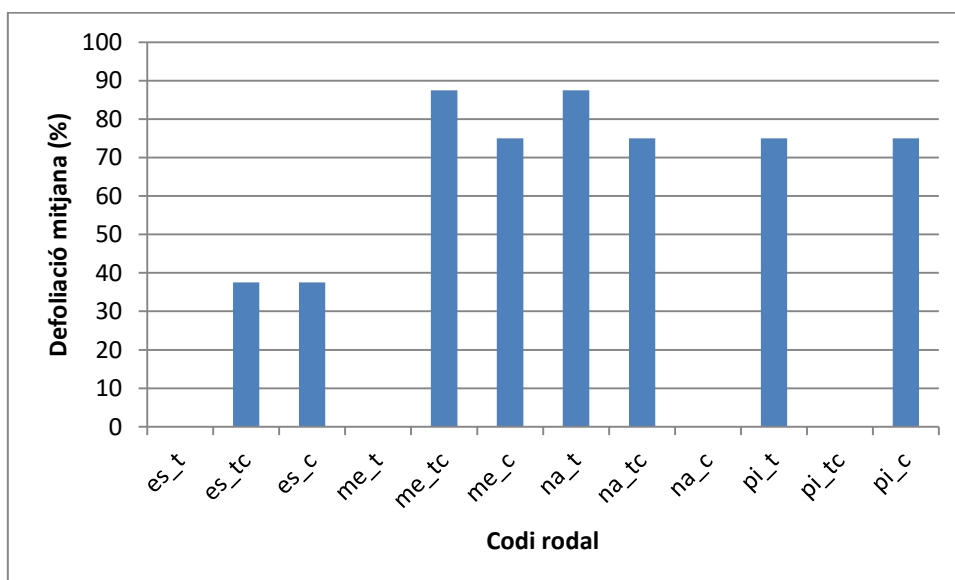


Figura 17 Percentatge de defoliació mitjana.

Manquen dades de tres rodals de les tipologies de tallada i control. S'observa un percentatge de defoliació (Figura 17) baix a l'Espunyola, i elevat a la resta de rodals, superior al 60%, amb un màxim en el rodal de tallada i caixes de Merlès.

## 5.2. Tractament estadístic de les variables d'ocells

La relació entre l'abundància d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi amb la resta de variables queda esmentada en la Taula 9:

Variables ocells	Valor correlació lineal (Coeficient de Pearson - r)	Valor correlació no lineal (Coeficient de Spearman -s )	p-valor
AB_ocells_depredadors_erugues_processionària		-0.5684	0.0538
AB_ocells_forestals		-0.4316	0.1612
AB_ocells_generalistes		-0.7509	0.0049
AB_ocells_grimpadors	-0.1758		0.5847
AB_ocupants_cavitats	-0.1758		0.5847
Riq_ocells_depredadors_erugues_processionària		-0.7598	0.0041
Riq_ocells_forestals		-0.7598	0.0020
Riq_ocells_generalistes		-0.8131	0.0013
Riq_ocells_grimpadors	-0.3288		0.2967
Riq_ocupants_cavitats	-0.3288		0.2967

Taula 9 Valors de correlació lineal i p-valor entre les variables d'ocells i variables d'abundància de la papallona de la processionària del pi.

Hi ha una correlació no paramètrica forta i negativa entre l'abundància relativa d'ocells generalistes i l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi ( $s = -0.7509$ ,  $p\text{-valor} = 0.0049$ ).

Segons els estudis no paramètrics hi ha una relació negativa forta entre totes les variables de riquesa d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi, els forestals i els generalistes respecte l'abundància relativa de la processionària del pi (Taula 14). Cal destacar la baixa relació negativa entre l'abundància d'ocells depredadors de la processionària del pi respecte la variable d'abundància de la papallona de la processionària del pi ( $s = -0.5684$ ,  $p\text{-valor} = 0.0538$ ).

La variable d'abundància d'ocells depredadors d'erugues de processionària del pi respecte la resta de variables d'abundància d'ocells es troba estretament relacionades i de manera elevada (Taula 10):

Variables ocells	Valor correlació no lineal (Coeficient de Spearman – s)	p-valor
AB_ocells_forestals	0.9510	<0.0001
AB_ocells_generalistes	0.7972	0.0019
AB_ocells_grimpadors	0.9219	<0.0001
AB_ocupants_cavitats	0.9219	<0.0001

Taula 10 Valors de correlació entre les variables d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi i la resta de variables d'abundància d'ocells.

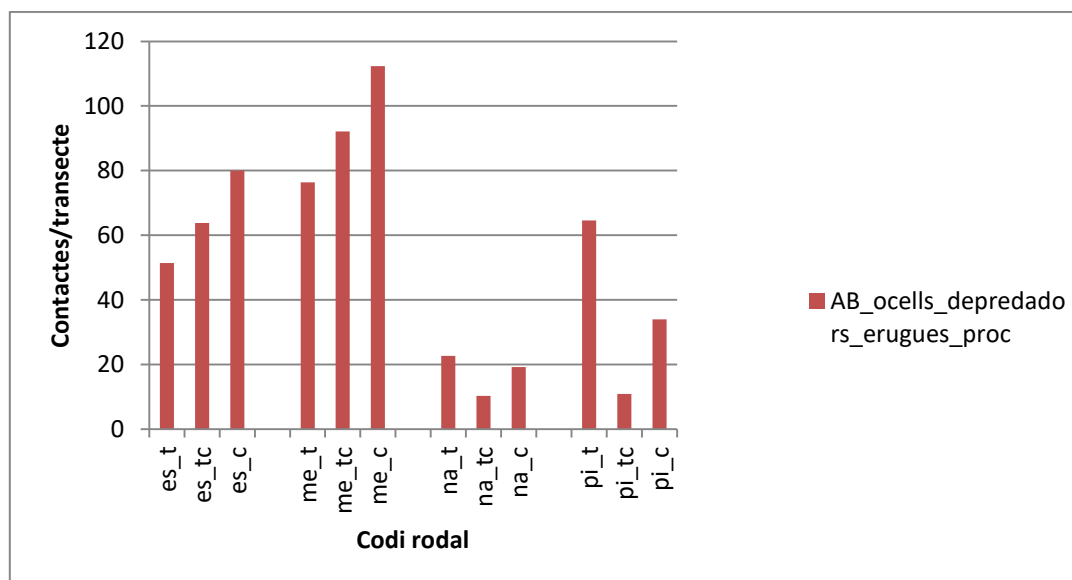


Figura 18 Abundància d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi.

L'abundància d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi és destacable en els rodals de Merlès i l'Espunyola. En els rodals de Navès hi ha una baixa presència. En el Pi de Sant Just en el rodal de tallada presenta una presència destacable d'abundància d'ocells de depredadors d'erugues de la processionària del pi. La tipologia de rodals respecte aquesta variable no normal (Test Shapiro-Wilk:  $W=0.9408$ ,  $p\text{-valor}=0.5085$ ) no és significativa (Kruskal-Wallis= $1.3269$ ,  $p\text{-valor}=0.7228$ ).

En l'Annex 10. Dades de les variables d'ocells s'observa la taula de dades de les diferents variables d'ocells.

En la Taula 11 s'observa les correlacions entre les variables de riqueses dels ocells:



Variables ocells	Valor correlació no lineal (Coeficient Spearman – s)	p-valor
Riq_ocells_forestals	0.9803	<0.0001
Riq_ocells_generalistes	0.6542	0.0210
Riq_ocells_grimpadors	0.7497	0.0050
Riq_ocupants_cavitats	0.7497	0.0050

Taula 11 Riquesa dels ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi respecte la riquesa de la resta de les variables.

La correlació entre les variables de riquesa respecte la variable de riquesa dels ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi són significatives i es troben correlacionades positivament, excepte la riquesa dels ocells generalistes.

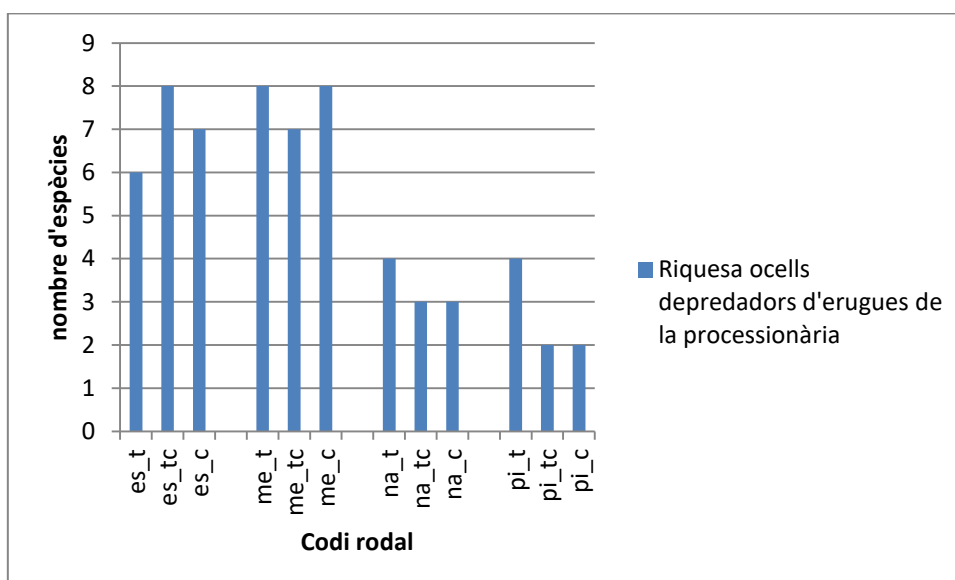


Figura 19 Riquesa dels ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi.

La riquesa d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi (Figura 19) és molt més elevada als rodals de l'Espunyola i Merlès que a Navès i el Pi de Sant Just, sense haver-hi diferències significatives entre tipologies de rodal (Kruskal-Wallis=1.7509, p-valor=0.6257).

No existeixen relacions suficientment fortes amb les variables ambientals i els inventaris forestals.

S'observa una manca de correlació entre la variable d'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi i la variable d'abundància dels ocells depredadors d'erugues de la processionària ( $s=-0.5684$ , p-valor=0.0538).



S'han estudiat les diferents espècies d'ocells presents en els diferents rodals (*Annex 11. Dades de les diferents espècies d'ocells*). Segons la tipologia de les actuacions sense diferències significatives en les abundàncies absolutes més elevades són de les espècies *Aegithalos caudatus* (Mallerenga cuallarga) (122 contactes) (Kruskal-Wallis=3.0925, p-valor=0.213), *Erithacus rubecula* (Pit-roig) (94 contactes) (ANOVA: F=0.125, p-valor=0.884), *Fringilla coelebs* (Pinsà) (79 contactes) (Kruskal-Wallis=0.383, p-valor=0.8257), *Regulus ignicapillus* (Bruel) (59 contactes) (Kruskal-Wallis=0.5458, p-valor=0.7612).

### 5.3. Anàlisi estadístics de les variables de ratpenats

En el mateix cas que en les variables anteriors es realitza una matriu de correlacions, les correlacions respecte la variable d'abundància de la processonària del pi s'exposen en la Taula 12 i les dades obtingudes es mostren en l'Annex 12. Dades de les variables de ratpenats:

Variables ratpenats	Valor correlació lineal (Coeficient Pearson- r)	Valor correlació no lineal (Coeficient Spearman-s)	p-valor
AB_ocupants_caixes_ratpenats	0.8300		0.0008
AB_poc_nul_ocupants_caixes_ratpenats	0.0603		0.8524
AB_ratpenats_depredadors_proc_pi_efecte_elevat	0.7150		0.0090
AB_ratpenats_depredadors_proc_pi_efecte_poc		0.1228	0.7038
AB_ratpenats_forestals	0.8355		0.0007
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_efecte_elevat	0.1262		0.6959
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_efecte_poc		0.2373	0.4578
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_ocupants_caixes		0.3018	0.3405
AB_ratpenats_forestals_depredadors_proc_pi_poc.nul_ocupants_caixes	0.1299		0.6875
AB_ratpenats_generalistes		0.1895	0.553
Riq_ratpenats_forestals		-0.1471	0.6483
Riq_ratpenats_generalistes		-0.3728	0.2327

Taula 12 Valors de correlacions lineals i no lineals de les variables de ratpenats respecte la variable d'abundància de la papallona de la processonària del pi i el seu p-valor.

La correlació lineal més important és en la variable d'abundància relativa de ratpenats forestals i l'abundància relativa de caixes ratpenats. De la mateixa manera s'observa una correlació amb la variable d'abundància dels ratpenats depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat.

A destacar la manca de correlació amb la variable d'abundància de ratpenats depredadors de la processonària del pi amb poc efecte i de les variables d'abundància relativa dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi.

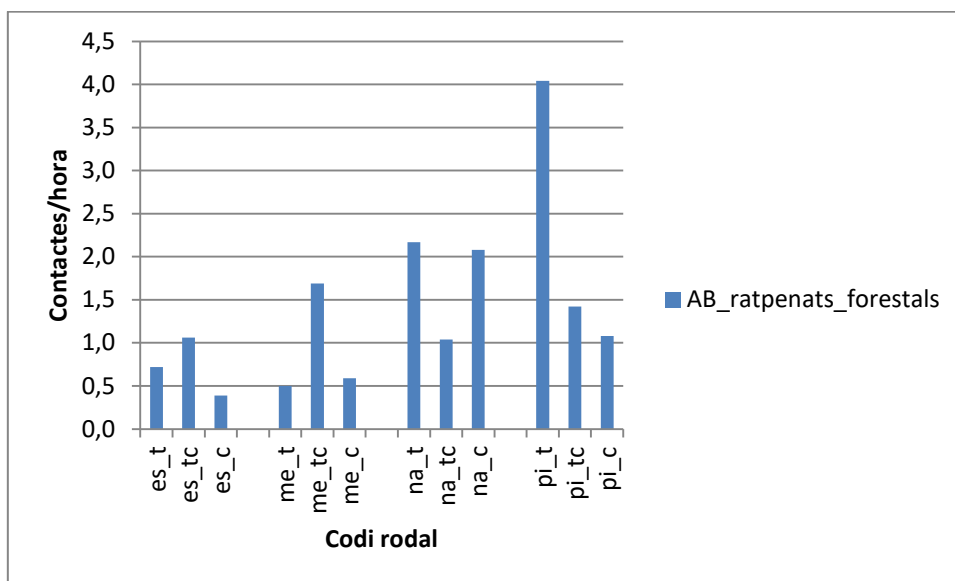


Figura 20 Abundància relativa dels ratpenats forestals

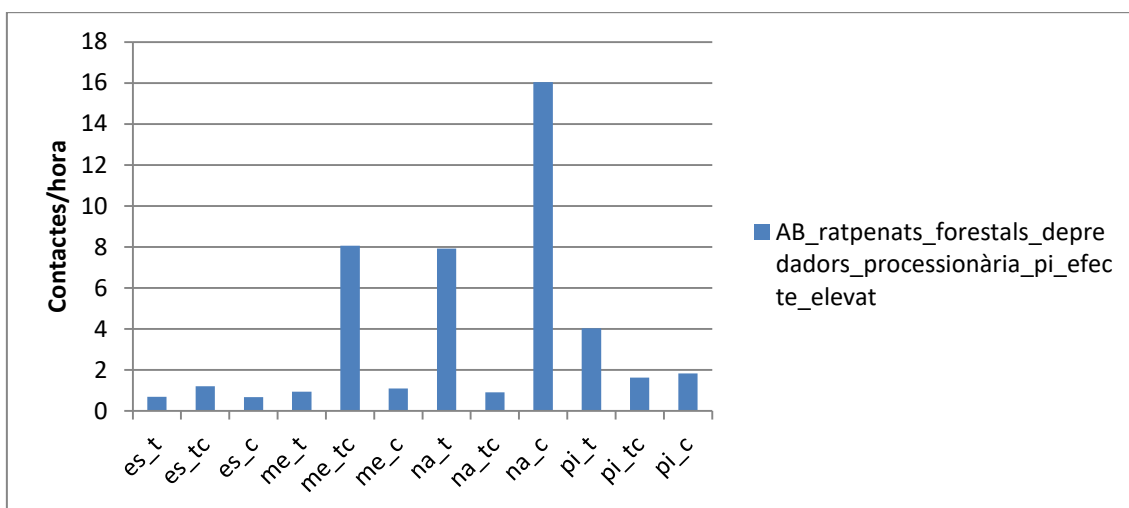
No hi ha diferències significatives entre tipologies de rodal en la variable estudiada en la Figura 20 (ANOVA:  $F=1.367$ ,  $p\text{-valor}=0.321$ ). Cal destacar l'elevada presència de ratpenats forestals en el rodal de tallada del Pi de Sant Just. En conjunt, els rodals de Navès i del Pi de Sant Just presenten un major nombre de ratpenats forestals en índexs d'abundància relatius en comparació als rodals de l'Espunyola i de Merlès. Hi ha una estreta correlació entre les variables d'abundància de ratpenats forestals respecte l'abundància d'ocupants de caixes forestals ( $r=0.7062$ ,  $p\text{-valor}=0.0103$ ) i l'abundància de ratpenats depredadors de processonària del pi amb un efecte elevat ( $r=0.8116$ ,  $p\text{-valor}=0.0014$ ). L'abundància d'ocupants de caixes ratpenats respecte l'abundància de ratpenats depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat també presenta una correlació positiva i forta ( $r=0.872$ ,  $p\text{-valor}=0.0002$ ). També es presenta una estreta relació entre l'abundància d'ocupants de caixes de ratpenats i l'abundància de ratpenats generalistes ( $r=0.8603$ ,  $p\text{-valor}=0.0003$ ).

No existeix la relació entre l'abundància de ratpenats depredadors de la processonària del pi amb un efecte baix i els ratpenats forestals depredadors de la processonària del

pi amb un efecte baix ( $s=-0.10858$ ,  $p\text{-valor}=0.7369$ ). L'abundància de ratpenats depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat i els ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat no presenta correlació lineal ( $r=0.2296$ ,  $p\text{-valor}=0.4729$ ).

L'abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària amb un efecte elevat respecte a l'abundància d'aquesta tipologia de ratpenats amb poca ocupació o nul·la de caixes és representativa ( $r=0.8212$ ,  $p\text{-valor}=0.0011$ ). Si fos respecte l'elevada ocupació de caixes no seria representativa ( $r=0.5014$ ,  $p\text{-valor}=0.0967$ ).

Malgrat aquest fet, és interessant observar gràficament l'abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat.



**Figura 21** Abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat.

L'abundància de ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat (Figura 21) és considerable en els rodals de Merlès de tallada i caixes i Navès tallada i control. En la resta de rodals és poc representativa, sense presentar diferències significatives entre tipologia de rodals (ANOVA:  $F=0.194$ ,  $p\text{-valor}=0.898$ ).

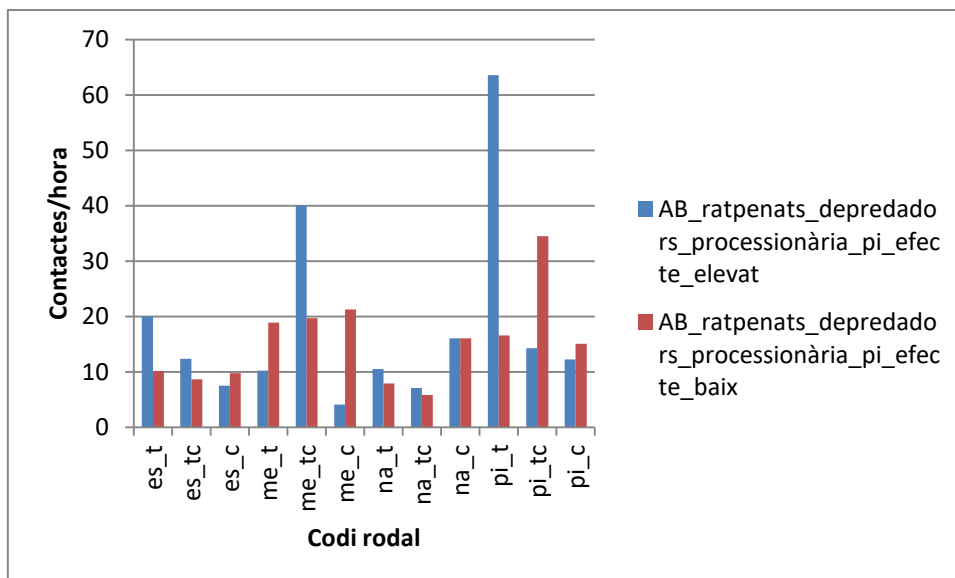


Figura 22 Abundància dels ratpenats depreadors de la processonària del pi amb efecte elevat i baix.

L'abundància de ratpenats depreadors de la processonària del pi amb un efecte elevat és significativa en el rodal de tallada i caixes de Merlès i de tallada al Pi de Sant Just malgrat ser una variable poc representativa (ANOVA:  $F=0.977$ ,  $p\text{-valor}=0.45$ ). Tot i així, representa una representativitat clara respecte l'abundància de la papallona de la processonària del pi (Taula 14). En canvi, no hi ha una representativitat clara de l'abundància de ratpenats depreadors de la processonària del pi amb un efecte baix (Kruskal-Wallis= $1.0769$ ,  $p\text{-valor}=0.7826$ ).

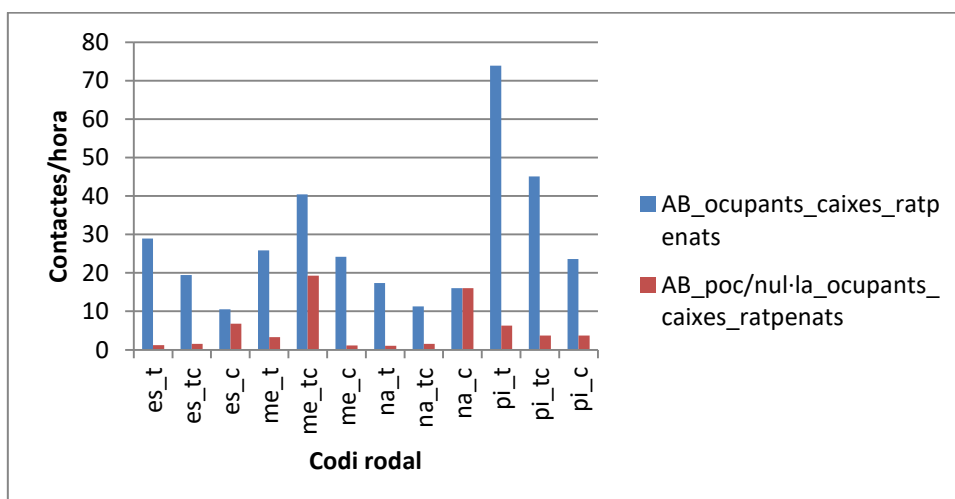


Figura 23 Abundància d'ocupants de caixes ratpenats.

Hi ha una correlació estreta, forta i positiva entre la variables d'abundància de caixes ratpenats i l'abundància de ratpenats depreadors de processonària del pi amb un efecte elevat ( $r=0.8720$ ,  $p\text{-valor}=0.0002$ ).



No hi ha diferències significatives en l'abundància d'ocupants de les caixes de ratpenats entre tipologies d'actuacions en els rodals forestals (ANOVA:  $F=0.788$ ,  $p\text{-valor}=0.534$ ) ni en l'abundància de poca i/o nul·la ocupació de les caixes ratpenats (Kruskal-Wallis= $1.6178$ ,  $p\text{-valor}=0.6554$ ).

En l'Annex 13. Dades de les espècies de ratpenats es representen les dades de ratpenats per a cada rodal forestal. Tenint en compte les abundàncies absolutes del nombre de contacte de les espècies de *Pipistrellus kuhlii* (Pipistrel·la de vores clares)(5092), amb la majoria d'individus detectats als rodals de tallada tot i no ser suficientment representatives (ANOVA: $F=1.257$ ,  $p\text{-valor}=0.33$ ), *Pipistrellus pipistrellus* (Pipistrel·la comuna) (3052) sense presentar diferències significatives entre tipologia de rodals (ANOVA: $F=0.832$ ,  $p\text{-valor}=0.466$ ), *Pipistrellus nathussii* (Pipstrel·la de Nathusius)(2401), amb majoria d'individus detectats als rodals de tallada i control, amb diferències no significatives però suficientment representatives (ANOVA: $F=3.355$ ,  $p\text{-valor}=0.0815$ ), *Eptesicus serotinus*(ratpenats dels graners)(698), amb majoria d'individus detectats als rodals de tallada i control sense diferències significatives (ANOVA: $F=1.061$ ,  $p\text{-valor}=0.386$ ), *Nyctolus leisleri* (nòctul petit) (479), es localitza per igual en totes les tipologies de rodal, sense diferències significatives entre tipologies de rodal (ANOVA: $F=0.452$ ,  $p\text{-valor}=0.65$ ).

Les variables de ratpenats correlacionades amb l'abundància de la papallona de la processionària del pi no es troben correlacionades amb la resta de variables ambientals i dels inventaris forestals.

#### 5.4. Tractament estadístic de les variables ambientals

L'estudi de les correlacions lineals entre la variable de l'abundància de la papallona de la processionària del pi respecte les variables de les condicions ambientals s'exposen a la Taula 13 i en l'Annex 14. Dades de les variables ambientals:

Variabls ambientals	Valor correlació lineal (Coeficient Pearson-r)	Valor correlació no lineal (Coeficient Spearman-s)	p-valor
Àrea		-0.0772	0.8115
Pluviometria	-0.5413		0.0692
Temperaturamitjanahivern	0.1332		0.6799
Temperaturaminimahivern	0.5065		0.0929
Temperaturamitjanaestiu	0.0024		0.9941

Taula 13 Correlacions lineals i no paramètriques de les variables ambientals i el seu p-valor.



La correlació entre les variables ambientals i l'abundància de la processionària del pi és nul·la, tot i que la pluviometria jugaria un paper important, tal i com s'observa a la Taula 13 amb un p-valor proper a 0,05.

S'ha tingut en compte la poca diferència altitudinal entre els rodals, tots proper a una altitud de 700 metres sobre el nivell del mar.

## 5.5. Tractaments estadístics de la papallona de la processionària del pi

L'estudi de l'abundància de la papallona de la processionària del pi es realitza per observar les diferències significatives entre les diferents tipologies de rodal forestal, fet que no s'han observat amb l'anàlisi estadístic ANOVA corresponent ( $F=0.5837$ ,  $p\text{-valor}=0.6423$ ).

La variable d'abundància de la papallona de la processionària del pi respecte l'abundància de femelles i mascles és representativa i significant respectivament ( $r=0.9210$ ,  $r=0.9999$ ). Malgrat un fet representatiu i destacable tal i com s'observa en la Taula 14:

Codi rodal	AB_Thaumetopoea_pityoc ampa(nº/h)	NM_Thaumetopoea_pityoca mpa(nº/h)	NF_Thaumetopoea_pityoca mpa(nº/h)
es_t	0,20	0,20	0,00
es_tc	0,00	0,00	0,00
es_c	0,50	0,50	0,00
me_t	1,20	0,90	0,20
me_tc	0,00	0,00	0,00
me_c	0,20	0,20	0,00
na_t	15,10	14,90	0,20
na_tc	5,70	5,70	0,00
na_c	26,30	26,00	0,30
pi_t	118,30	116,10	2,20
pi_tc	62,00	61,30	0,70
pi_c	17,00	15,00	1,00

Taula 14 Abundàncies relatives de la papallona de la processionària del pi i dels individus mascles i femelles de cada rodal.

El nombre de femelles detectats en els mostrejos és molt inferior que el de mascles tot i estar estretament correlacionats positivament.

## 5.6. Afectacions processionària del pi

En la Taula 15 hi ha el resultat de les afectacions de la processionària. No s'han considerat amb l'estudi global de la resta de variables per la manca d'informació en els rodals corresponents.

Codi rodal	Màxim (valor índex)	Mínim (valor índex)	Mitjana (valor índex)	Mitjana (%)	Mètode
es_t	-	-	-	-	-
es_tc	0,8	1,37	1,1	37,50	G/R
es_c	0,76	1,43	1,1	37,50	G/R
me_t	-	-	-	-	-
me_tc	0,69	0,97	0,85	87,50	G/R
me_c	0,85	1,06	0,94	75,00	G/R
na_t	-0,17	0,28	0,05	87,50	NDVI
na_tc	-0,23	0,33	0,1	75,00	NDVI
na_c	-	-	-	-	-
pi_t	-0,2	0,33	0,1	75,00	NDVI
pi_tc	-	-	-	-	-
pi_c	-0,27	0,24	0,1	75,00	NDVI

Taula 15 Dades de la defoliació en els diferents rodals.

La correlació entre aquesta variable i l'abundància de la papallona de la processionària del pi no es troben relacionades ( $r=0.2025$ ,  $p\text{-valor}=0.6306$ ).

## 5.7. Marcatge dels rodals

En la realització del marcatge dels rodals de tallada s'han seleccionat diferents espècies de pi, de roure i d'alzina amb diversos diàmetres (*Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Quercus ballota*, *Quercus subpyrenaica*) a tallar i anellar per tal d'obtenir un rodal amb una menor densitat de pins i zones d'espai obert a l'interior del rodal amb la presència de les caixes de ratpenats en els casos dels rodals de tallada i caixes, junt a arbres morts de peu (Annex 15. Dades dels marcatges dels rodals forestals i Taula 16).

Codi rodal	Densitat_total_vella(peus/ha)	Densitat_total_nova(peus/ha)
es_t	977,50	977,50
es_tc	1150,33	1109,81
es_c	749,00	749,00
me_t	796,67	796,67





me_tc	2659,00	2624,58
me_c	609,00	609,00
na_t	1011,90	958,61
na_tc	2280,00	2213,15
na_c	957,00	957,00
pi_t	943,00	776,61
pi_tc	749,63	614,53
pi_c	760,50	760,50

Taula 16 Dades del marcatge dels rodals amb la densitat total vella i la nova.

Cal esmentar que en el rodal *es\_t* i *me\_t* no s'han obtingut les dades corresponents.

L'espècie de *Pinus nigra* de diàmetre 10 cm s'han seleccionat 925 peus en tots els rodals, en especial al Pi de Sant Just amb un total de 657, sense diferències significatives entre tipologies de rodal (ANOVA:  $F=2.901$ ,  $p\text{-valor}=0.121$ ).

L'espècie de *Pinus nigra* de diàmetre 15 cm s'han seleccionat 813 peus en tots els rodals, en especial al Pi de Sant Just amb un total de 513, sense diferències significatives entre tipologies de rodal (ANOVA:  $F=3.122$ ,  $p\text{-valor}=0.107$ ).

L'espècie de *Pinus nigra* de diàmetre 20 cm s'han seleccionat 599 peus en tots els rodals. L'espècie de *Pinus nigra* de diàmetre de 25 cm s'han seleccionat 238 peus en tots els rodals, amb diferències significatives entre tipologies de rodal (ANOVA:  $F=4.92$ ,  $p\text{-valor}=0.0463$ ).

No hi ha correlació prou forta, tot i ser negativa entre l'abundància relativa de la papallona de la processonària del pi respecte la nova densitat total de peus d'arbres ( $r=-0.2907$ ,  $p\text{-valor}=0.3594$ ).

## 5.8. Revisió de caixes ratpenat

La revisió de caixes de ratpenats en els diferents rodals s'exposa en la Taula 17.

S'han observat una nul·la ocupació de les caixes ratpenat al Pi de Sant Just, en el rodal de Navès 8 caixes ratpenat estaven ocupades amb un total de 22 ratpenats observats, a l'Espunyola 5 caixes ratpenat estaven ocupades amb un total de 8 ratpenats observats, al rodal de Merlès 2 caixes ratpenat estaven ocupades amb un total de 2 ratpenats observats.



Codi_n ou	Nºcaixes	Caixes_ocupades	Presència_ratpenats	Presència_ratpenats/nºcaixes _rodal
es_t				
es_tc	18,00	5,00	8	0,44
es_c				
me_t				
me_tc	15,00	2,00	2	0,13
me_c				
na_t				
na_tc	27,00	8,00	22	0,81
na_c				
pi_t				
pi_tc	18,00	0,00	0	0,00
pi_c				

Taula 17 Dades de la presència de ratpenats en els rodals de tallada i caixes.

No hi ha relació entre la presència de ratpenats en les caixes de cada rodal respecte l'abundància de la papallona de la processionària del pi ( $s=-0.3162$ ,  $p\text{-valor}=0.6838$ ), tot i ser una correlació negativa. Tanmateix, s'observa un valor elevat de presència d'ocupació de ratpenats a Navès en comparació a la resta de rodals, fent èmfasi a la nul·la ocupació de ratpenats al Pi de Sant Just.

A més es varen revisar les caixes niu d'ocell en el rodal de l'Espunyola i de Merlès amb una presència de nius del 84% (21 de 25 caixes) i del 90% (18 de 20 caixes) respectivament. Els nius observats eren formats per molsa i líquens.

S'han obtingut resultats significatius entre les variables d'abundància relativa dels ocupants de caixes de ratpenats i la presència de ratpenats en els rodals de tallada i caixes ( $r=-0.97422$ ,  $p\text{-valor}=0.02577$ ). Malgrat no presentar resultats significatius en l'abundància relativa dels ratpenats forestals depredadors de la processionària del pi ocupants de caixes respecte la presència de ratpenats en les caixes revisades ( $r=0.82219$ ,  $p\text{-valor}=0.1778$ ).

## 5.9. Modelització de l'estudi

En la modelització de l'estudi es realitza una regressió lineal múltiple amb les variables correlacionades linealment. S'escullen les variables d'abundància dels ocupants de caixes de ratpenats, de ratpenats depredadors de la processionària del pi amb un efecte elevat i els ratpenats forestals.

S'obté un resultat significatiu ( $F=19.93$ ,  $p\text{-valor}=0.0004543$ ) amb una correlació ajustada de 0.8377. La variable que no presenta efecte en l'estudi de la regressió lineal múltiple és la d'abundància dels depredadors de la processionària del pi amb un



efecte elevat ( $p$ -valor=0.06250), en canvi la resta de variables presenten efecte (abundància ocupants de caixes ratpenats amb un  $p$ -valor=0.00818 i l'abundància dels ratpenats forestals amb un  $p$ -valor=0.00683), obtenint així la fórmula modelitzada següent:

$$AB\_Thaumetopoea\_pityocampa = -40.1613 + 1.7332 * AB\_ocupants\_caixes\_ratpenats + 26.3490 * AB\_ratpenats\_forestals$$

## 6. Discussió resultats

La diversificació de les masses forestals monoespecífiques repercuteix a una heterogeneïtat de la formació vegetativa dels hàbitats forestals, tendint a obtenir boscs mixtes de coníferes i alzines, sense excloure el sotabosc, més heterogeni en estructura i diversitat. La diversitat augmenta la resiliència del bosc i la resistència a adaptar-se als canvis, actualment més severos i freqüents degut el canvi climàtic (Hódar, Zamora and Cayuela, 2012).

Els resultats destaquen per la manca de rigidesa dels anàlisis estadístics en tenir poques dades mostrals. Malgrat aquest fet, s'han realitzat les corresponents correlacions lineals i no lineals de les variables obtingudes envers la variable objecte d'estudi, l'abundància relativa de la papallona de la processonària del pi.

El primer conjunt de variables estudiades, les dels inventaris forestals (caracterització dels rodals) manquen correlacions lineals envers la variable objecte d'estudi. Malgrat una relació positiva de les variables de cobertura arbustiva i recobriment per superfície no paramètrica, fent referència que a major cobertura arbustiva, major presència de la papallona de la processonària del pi. S'esperaria obtenir una relació negativa, ja que a major cobertura arbustiva, menor presència de la papallona (David Guixé, Camprodon, Piqué, *et al.*, 2017).

Les àrees basimètriques estudiades presenten el major percentatge d'espècies del gènere *Pinus*, en especial de *Pinus nigra* en tots els rodals, excepte en els rodals de tallada de l'Espunyola i de tallada i caixes de Merlès i Navès. L'efecte de la processonària en aquesta espècie és un dels motius pel qual s'han seleccionat els diferents rodals forestals, en presentar un nivell d'afectació molt elevat en els darrers anys i amb un promig de presència de pinassa més elevat (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017). Únicament hi ha la presència d'espècies del gènere *Pinus* o del gènere *Quercus*, trobant-se inversament relacionades.



L'alçada mitjana dels arbres dominants (Figura 12) expressa diferències en els rodals de l'Espunyola i Merlès en comparació als altres rodals, en especial a la tipologia d'actuació de tallada i tallada i caixes. El motiu podria ser per la major maduresa del rodal forestal en comparació a Navès i el Pi de Sant Just, amb zones reforestades i actuacions silvícoles realitzades.

La densitat total dels arbres en els rodals de Merlès i Navès amb la tipologia d'actuació de tallada i caixes és significativa en comparació als altres rodals (Figura 14), aquest fet destaca la intervenció en els rodals amb les actuacions de tala adients segons *Annex 2. Actuacions d'aclarida*. Malgrat això, a partir de les dades obtingudes en el marcatge dels rodals no seria suficientment representatiu per demostrar l'eficàcia davant la reducció de l'abundància de la papallona de la processionària del pi (Taula 14). No es pot considerar adient establir una correlació entre la cobertura arbòria i l'abundància de la processionària del pi, malgrat està relacionades la cobertura arbòria i l'arbustiva. Així mateix, la relació entre la cobertura arbòria i la fracció de coberta aèria (FCCa) estan relacionades positivament fet que repercuteix a entendre les actuacions silvícoles com a un benefici amb les actuacions forestals enfront a la reducció de la potencialitat dels incendis forestals. Aquest fet no és suficientment representatiu sense obtenir una correlació entre el recobriment per superfície i el recobriment d'escala, essencial per entendre la potencialitat del risc d'incendi forestal com a combustible d'escala (Smith and Smith, 2001).

Segons l'espai que envolta els diferents rodals, majoritàriament el bosc és present en tots els rodals excepte els rodals de Navès i del Pi de Sant Just on la proximitat amb les urbanitzacions hi queda reflectit. A destacar que a Navès els rodals es troben envoltats per urbanitzacions i camps de pastura (Figura 16).

Finalment, tot i no tenir una correlació entre l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi i la defoliació mitjana observada en els diferents rodals que es disposen de dades (Figura 17), queda reflectit que el rodal de Merlès i Navès presenta el major impacte de defoliació. El no obtenir relació amb la variable objecte d'estudi es plantejaria la idea que l'espècie ha cercat un altre rodal per a alimentar-se, o han entrat en diapausa un gran nombre d'erugues o bé el grau de depredació ha sigut elevat. Serien suposicions que caldria confirmar en el seguiment posterior de l'estudi.

El canvi progressiu de les pinedes a alzinars no hauria de superar mai els 300 peus/ha, ja que sinó poden escassejar la presència d'ocells forestals (Camprodon, 2014). Es centra l'estudi en aconseguir rodals forestals madurs, sistemes ecològics complexos a partir d'estructures forestals on són representades diferents grups



taxonòmics i els processos ecològics, aconseguint una diversitat ecològica essencial en els boscos del territori català.

En el conjunt de variables dels depredadors potencials de la processionària del pi, es diferencien entre ocells (potencials depredadors de l'estat larvari i dels ous) i dels ratpenats (potencials depredadors de l'estat adult).

En les variables d'ocells estudiades no presenten cap relació suficientment forta. Es considera la manca de relació entre l'abundància relativa dels ocells depredadors d'erugues de la processionària i dels ocells forestals respecte la variable objecte d'estudi. Aquestes dues variables serien clau per a obtenir uns resultats significatius per entendre la dinàmica poblacional de la processionària del pi, junt a l'abundància relativa dels ratpenats forestals i dels ratpenats depredadors de la processionària del pi. En canvi, s'obtingué una certa relació entre l'abundància relativa d'ocells generalistes i la variable objecte d'estudi fet que pot ser influenciat per la manca de dades en l'estudi o per una major presència d'ocells de diferents tipologies que no seleccionen la presa i aliment.

Tot i presentar una abundància elevada d'ocells depredadors de la processionària del pi en els rodals de Merlès i l'Espunyola, no van relacionades amb la manca d'individus detectats, ja que en el Pi de Sant Just (rodal de tallada) presenta un nombre elevat d'ocells depredadors de la processionària i també una abundància relativa elevada de la papallona de la processionària del pi. El fet destacat és a l'Espunyola i Merlès (Figura 18) on s'obté una baixa abundància de la papallona de la processionària del pi enfront a una elevada presència d'ocells depredadors de la fase larvària de l'espècie objecte d'estudi. Succeeix la mateixa relació, però negativa, amb la riqueses de les espècies d'ocells depredadors d'erugues de la processionària del pi (Figura 19). La manca d'abundància de depredadors d'ocells de la processionària del pi en els rodals forestals de Navès, pot venir influenciat per la possibilitat de canvi de rodal de la població o bé per una elevada depredació de l'estat larvari de l'espècie, sempre i quan s'avaluïn en estudis posteriors la seva dinàmica poblacional. Finalment, s'estudiaren les diferents espècies segons el nombre de contactes i el fet més destacable va ser l'elevada presència de la mallerenga cuallarga, ja que en la revisió de caixes d'ocells s'obtingué un percentatge molt elevat d'ocupació d'aquest ocell. Les mallerengues són ocupants secundaris de les cavitats dels arbres, com els ocells grimpadors, però a diferència d'aquests, per alimentar-se exploten les capçades d'arbres i també d'arbusts. Els nius amb molsa i líquens són típics de la mallerenga



cuallarga (Camprodon, 2014). Les mallerengues són un grup d'ocells ecològicament molt adaptables, junt als raspinells i abundants en els boscs (Camprodon, 2014).

La possibilitat de manca de dades de la papallona de la processonària del pi en els rodals de Merlès i l'Espunyola (Taula 14) es desconeix, podria venir lligat al període d'estudi, a Merlès va ser a la segona quinzena de juliol, just en el naixement de les papallones i a l'Espunyola va ser a la segona setmana de setembre, just al darrer període de naixement. Succeeix un cas similar en l'obtenció de totes les dades d'individus de femella, sent molt inferior que el nombre de mascles mostrejats. Es desconeix el motiu d'aquest fet (Taula 14).

Els ratpenats centren la discussió d'aquests resultats a causa de presentar una correlació lineal positiva i moderada-forta entre les variables d'abundància d'ocupants de caixes, d'abundància dels ratpenats depredadors de la processonària del pi amb un efecte elevat i de l'abundància de ratpenats forestals respecte la variable objecte d'estudi. Aquest fet repercuteix a entendre que a major presència de la processonària del pi, major presència dels depredadors potencials de ratpenats. Fet que permet entendre la relació forta i positiva entre els ratpenats ocupants de caixes i els depredadors i/o bé forestals respecte la variable objecte d'estudi. Aquest fet (Figura 20) demostra que a menor presència d'ocells forestals i ocells depredadors de la processonària, major presència dels ratpenats forestals i dels ratpenats depredadors, com succeeix clarament en el Pi de Sant Just (rodal de tallada). En aquest rodal forestal presenta una abundància d'ocells depredadors d'erugues de la processonària del pi representativa, amb una abundància de ratpenats forestals i depredadors de la papallona elevades, correlacionada amb l'elevada detecció de papallones de la processonària del pi, un fet que porta a pensar en la relació depredador-presa.

Caldria remarcar la representativitat de correlació entre l'abundància dels ratpenats forestals depredadors de la processonària amb un efecte elevat respecte a la poca ocupació de caixes, fet que determina que els ratpenats forestals que són depredadors de la processonària són poc ocupadors de les caixes ratpenats, considerant que es troben adaptats a l'hàbitat dels rodals forestals. Aquest resultat permet entendre la representativitat i importància entre la correlació de les variables d'abundància de ratpenats ocupant de caixes i els forestals o depredadors de la processonària del pi, ja que es tracten de rodals forestals i es busca la reducció de les poblacions de la processonària del pi. En canvi, les variables d'abundància de ratpenats depredadors i els ratpenats forestals depredadors de la processonària del pi no són representatives ni es troben correlacionades, s'observa en la Figura 21 i Figura 22, en la qual és



diferent l'abundància segons el rodal, fet que repercuteix a aquesta manca de relació. Tal i com se suposava, si els ratpenats que presenten un efecte baix en la depredació de la processonària del pi manquen de relació amb la presència de la processonària del pi, també presenten una manca en la relació amb els ratpenats que presenten un efecte elevat en la depredació de la processonària del pi, ja que podrien no tenir preses per alimentar-se o bé tenir una major competència entre depredadors.

Els ratpenats en condicions de baixa densitat de la presa, presenten respostes numèriques i funcionals a una presa específica i abundant, que pot donar lloc a una regulació efectiva de la població de la processonària (Charbonnier *et al.*, 2015).

Aquest fet, succeeix el mateix en la ocupació de caixes ratpenats, en les quals la manca de relació d'abundància de ratpenats ocupants de caixes i el que presenten nul·la o poca ocupació és molt representativa (Figura 23).

En el mateix cas realitzat en els ocells, s'han estudiat les diferents espècies de ratpenats detectades en cada rodal, amb una presència molt elevada de l'espècie *Pipistrellus kuhlii*, amb un efecte elevat en la depredació de processonària i en l'ocupació de caixes. Tanmateix, cal remarcar que la segona i tercera espècie més detectada, la *Pipistrellus pipistrellus* i *Pipistrellus nathussi*, presenten un efecte baix en la depredació de la processonària i en canvi, una elevada ocupació en les caixes de ratpenat. Aquest fet, pot esdevenir clau per entendre la diversitat de preses que tenen, ja que poden conviure les tres espècies. L'espècie *Eptesicus serotinus* i *Nyctolus leisleri* són les dues espècies que afecten a la processonària del pi, però amb una menor presència en comparació al *Pipistrellus kuhlii*. Per tant, cal destacar la presència d'una espècie dominant potencialment depredadora de la processonària del pi i potenciar la presència d'altres espècies depredadores, per augmentar la biodiversitat i així mateix, la complexitat del sistema.

El conjunt de variables ambientals no mostren diferències significatives amb la variable objecte d'estudi, tot i que cal tenir en compte la pluviometria i les temperatures mínimes hivernals, ja que a temperatures molt extremes, la processonària del pi no pot sobreviure. I a menys estrès hídric succeeix una menor adaptació, ja que busquen sòls sorrencs i zones amb estrès hídric per aprofitar la debilitat dels pins. Cal destacar la manca de correlació amb la temperatura mitjana hivernal i la resta de variables, amb una tendència de correlació amb la pluviometria i la temperatura mitjana estival, no suficient per ser considerat com a resultat significatiu. Quan la temperatura arriba als 30°C, les erugues abandonen el niu i es dispersen realitzant les processons típiques (Franquet Barrera, 2009). Aquest fet remarca que la bossa de seda que generen les



erugues necessita situar-se en zones altes dels pins i amb una insolació representativa.

Malgrat obtenir poques dades de la defoliació mitjana dels rodals estudiats i la poca relació amb la variable objecte d'estudi, s'ha d'entendre en els efectes de la processionària del pi d'una manera indiferent segons si presenten espai obert, bosc o zones antròpiques (urbanitzacions) al voltant dels rodals forestals.

El marcatge dels rodals permet identificar els individus a talar i a anellar, considerant una reducció en la densitat per rodal tampoc s'obtingué una correlació amb la variable objecte d'estudi, fet que remarca que caldrà realitzar estudis de seguiment un cop s'hagin realitzat les actuacions i estudiar les diferències entre tipologia d'actuacions dels rodals.

La modelització final de l'estudi permet obtenir una idea genèrica de les variables correlacionades linealment amb la variable objecte d'estudi, modelitzant una equació que permetria obtenir l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi respecte les variables d'abundància d'ocupants de caixes de ratpenats i d'abundància dels ratpenats forestals. En el cas d'estudi, l'abundància relativa d'ocupants de caixes ratpenats i l'abundància relativa dels ratpenats forestals és clau per determinar l'abundància relativa de la papallona de la processionària del pi i així poder avaluar els rodals forestals en estudis futurs, els inventaris forestals i les variables dels depredadors aniran condicionats segons la correlació de les dues variables correlacionades linealment i positivament amb la variable objecte d'estudi.

## 7. Conclusions

Si es vol assegurar el futur dels boscs mediterranis davant al canvi climàtic i canvi global caldrà realitzar-se sota uns criteris determinats de sostenibilitat. La realització d'una gestió que ajudi o faciliti l'adaptació dels ecosistemes forestals a noves condicions ambientals és essencial per a les properes generacions. L'estrès hídric, l'aparició de noves plagues o resiliència d'algunes actuals i la possibilitat de l'augment d'incendis forestals són nous problemes que caldrà plantejar noves actuacions per afrontar-les.

L'anàlisi de les tècniques del control biològic i els tractaments silvícoles que es volen dur a terme ha permès obtenir nous enfocaments per a poder entendre l'ecologia de la processionària del pi i els seus efectes per tal d'obtenir en un futur proper millors resultats, en especial davant la reducció poblacional de la processionària del pi.





Les actuacions silvícoles busquen a mitjà-llarg termini potenciar la presència de planífolis envers el pi per a protegir les pastures i urbanitzacions, d'una manera gradual fins a l'interior del bosc.

Tenint en compte aquests precedents, aquesta proposta consisteix en la realització de proves pilot per investigar la complementarietat dels tractaments bacteriològics convencionals amb la implantació de mètodes de lluita biològica, a partir tractament de la vegetació i potenciació dels depredadors d'ous, larves i adults.

Els resultats obtinguts han permès entendre la importància de la presència de cavitats en els arbres dels rodals forestals per a potenciar la presència dels depredadors de la processonària del pi. Mantenir una diversitat d'espècies llenyoses, sobretot en l'estrat arbori, el recobriment arbustiu i estructura vertical de la vegetació, en especial en els ocells, la densitat i la conformació de l'arbrat variable i no monoespèfica, l'abundància d'arbres grans, el volum de fusta morta i la disponibilitat i qualitat de cavitats en els arbres és un aspecte a tenir en compte en estudis futurs, per a la potenciació de nius i zones de refugi per als depredadors de la processonària del pi.

Per gestionar els diferents rodals, s'haurien de seguir una sèrie de prescripcions tècniques que permetrien reduir les poblacions de la processonària del pi i gestionar els boscs seguint els canvis climàtics actuals, per tal de reduir-ne el risc d'incendi i beneficiar els rodals per les condicions de sequera i estrés hídric freqüent en els darrers anys, excepte el 2018.

S'aconsella seguir realitzant un seguiment dels rodals forestals per a obtenir una millor avaluació en els pròxims 3-5 anys.

## 8. Bibliografia

*Agricultura posa en marxa una prova pilot al Solsonès i al Berguedà per evitar futures plagues de processonària* (2017). Available at: <http://www.ccma.cat/324/agricultura-posa-en-marxa-una-prova-pilot-al-solsones-i-al-bergueda-per-evitar-futures-plagues-de-processonaria/noticia/2799082/> (Accessed: 3 September 2018).

Ahlén, I. (1990) 'Identification of bats in flight', *Swedish Society for Conservation of Nature*.

Ahlén, I. and Baagøe, H. (1999) 'Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring', *Acta Chiropterologica*, pp. 137–150.



Artola Bordàs, F., Amedo Pena, A., Romeu Garcia, M. . and Bellido-Blasco, J. . (2008) 'Brote epidémico de dermatitis por la oruga procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en escolares.', *An. Sist. Sanit. Navar.*, 31.

Barbaro, L. and Battisti, A. (2011) 'Birds as predators of the pine processionary moth (Lepidoptera: Notodontidae)', *Biological Control*, 56(2), pp. 107–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.10.009>.

Bellavista, J. (2000) 'Llista sistemàtica dels noctuids de Catalunya (Lepidoptera: Noctuidae)', *Treballs de la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 15, pp. 71–120.

*Biological Control* (no date). Available at: <http://www.biologicalcontrol.info/> (Accessed: 4 September 2018).

Cadahía, D., Enríquez, L. and Sánchez, A. (1975) 'La atracción sexual en *Thaumetopoea Pityocampa* Schiff.', *Bol. Serv. Plagas*, 1, pp. 1–11.

Camprodon, J. (2014) *Ecologia i conservació dels ocells forestals. Un manual de gestió de la biodiversitat en boscos catalans*. CTFC i Dep.

Camprodon, J. and Plana, E. (2007) *Estatus, selección del hábitat i conservación de los pícidos ibéricos*. Universita. Edited by J. Camprodon and E. Plana. Barcelona.

Carter, D. J. and Hargreaves, B. (1987) *Guía de Campo de las orugas, de las mariposas y polillas de España y de Europa*. Edited by Omega S.A. Imprenta Juvenil, S.A.

Casas, M. F. (2015) *Gestió de *Thaumetopoea pityocampa* al municipi de Sant Just Desvern*.

Cayuela, L., Hodar, J. . and Zamora, R. (2011) 'Improving forest management practices through science: pest control in Mediterranean pine woodlands', *Forest Ecology and Management*, 261, pp. 1732–1737.

Charbonnier, Y., Barbaro, L., Theillout, A. and Jactel, H. (2015) 'Numerical and Functional Responses of Forest Bats to a Major Insect Pest in Pine Plantations'. doi: 10.1371/journal.pone.0117652.

Cossio, M. L. T., Giesen, L. F., Araya, G., Pérez-Cotapos, M. L. S., VERGARA, R. L., Manca, M., Tohme, R. A., Holmberg, S. D., Bressmann, T., Lirio, D. R., Román, J. S., Solís, R. G., Thakur, S., Rao, S. N., Modelado, E. L., La, A. D. E., Durante, C., Tradición, U. N. A., En, M., Espejo, E. L., Fuentes, D. E. L. A. S., Yucatán, U. A. De,



Lenin, C. M., Cian, L. F., Douglas, M. J., Plata, L. and Héritier, F. (2012) '5º Congreso Forestal Español', *Uma ética para quantos?*, XXXIII(2), pp. 81–87. doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.

Dantart, J. (2000) *Llista sistemàtica dels geomètrids de Catalunya (Lepidoptera: Geometridae)*, *Treballs de la Societat Catalana de Lepidopterologia*.

Dantart, J., Bellavista, J. and Roche, P. (1988) 'Aproximación a un catálogo de los macroheteróceros de Andorra (I) (Lepidoptera: Noctuidae)', *Revista de Lepidopterología*, 16, pp. 115–130.

Dantart, J., Bellavista, J. and Roche, P. (1989) 'Aproximación a un catálogo de los macroheteróceros de Andorra (II) (Lepidoptera: Macroheterocera)', *SHILAP. Revista de Lepidopterología*, 17, pp. 187–195.

Dantart, J. and Roche, P. (1992) 'Aproximación a un catálogo de los macroheteróceros de Andorra (III) (Lepidoptera: Geometridae)', *SHILAP. Revista de Lepidopterología*, 20, pp. 125–139.

Dantart, J., Vallhonrat, F., Cervelló, A., Gomila, C., Guzmán, E., Jubany, J., Martí, J., Moliné, A., Olivella, E., Passola, P., Viader, S. and Xaus, A. (2004) 'Contribució al coneixement dels lepidòpters de les Planes de Son (Alt Àneu) (Lepidoptera)', *Butlletí de la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 92, pp. 7–21.

Dulaurent, A. ., Porté, A. ., Van Halder, I., Vétillard, F., Menassieu, P. and Jactel, H. (2012) 'Hide and seek in forests: colonization by the pine processionary moth is impeded by the presence of nonhost trees', *Agricultural and Forest Entomology*, pp. 19–27.

Fabrias, G., Barrot, M. and Camps, F. (1995) 'Control of the Sex-Pheromone Biosynthetic-Pathway in *Thaumetopoea-Pityocampa* by the Pheromone Biosynthesis Activating Neuropeptide', *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 25(5), pp. 655–660. doi: 10.1016/0965-1748(95)00003-E.

Fenton, M. . (2000) 'Choosing the "correct" bat detector', *Acta Chiropterologica*. doi: 2(2): 215-224.

Férriz, I., R.Honey, M. and J.Riddiford, N. (2006) 'Els heteròcers del parc natural de ses Salines d'Eivissa i Formentera (Illes Balears)', *Societat d'Història Natural de les Balears*. doi: 49: 199-211.



Flaquer, C., Torre, I. and Arrizabalaga, A. (2007) 'Comparison of sampling methods for inventory of bat communities', *Journal of Mammalogy*.

Franquet Barrera, L. (2009) 'Thaumetopoea pityocampa i nematodes entomopatògens: un mètode alternatiu de control biològic de la plaga'. doi: 10.1111/j.1466-8238.2006.00302.x.

Gallego Carbonero, D. (2013) 'El uso de feromonas y cairomonas en el control de plagas forestales y del jardín', *III Jornadas Internacionales sobre Feromonas, atrayentes, trampas y control biológico*, (November 2013), pp. 235–247.

Generalitat de Catalunya (2017) 'El Departament d'Agricultura realitza el tractament per controlar la processionària del pi a Catalunya', *Sala de premsa - Generalitat de Catalunya*, 6 October. Available at: [http://premsa.gencat.cat/pres\\_fsvp/AppJava/notapremsavw/303528/ca/departament-dagricultura-realitza-tractament-controlar-processionaria-pi-catalunya.do](http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/303528/ca/departament-dagricultura-realitza-tractament-controlar-processionaria-pi-catalunya.do) (Accessed: 23 August 2018).

Guixé, D. and Camprodon, J. (2016) *Foment dels depredadors i d'una silvicultura per afavorir el control de la processionària del pi*, *Inèdit*.

Guixé, D., Camprodon, J., Piqué, M. and Beltrán, M. (2017) *Programa de recomanacions i d'actuacions pels rodals de pinassa afectats per processionària en nuclis habitats i finques ramaderes*.

Guixé, D., Camprodon, J., Roca, E. and Beltran, M. (2017) *Foment dels depredadors i d'una silvicultura per afavorir el control de la procesionària del pi*, *Inèdit*.

Hayes, J. . (1997) 'Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies', *Journal of Mammalogy*1. doi: 78(2): 514-524.

Hayes, J. . (2000) 'Assumptions and practical considerations in the design and interpretation of echolocation-monitoring studies', *Acta Chiropterologica*2. doi: 2(2): 225-236.

Higgins, L. G. and Riley, N. D. (1980) *Guía de Campo de las Mariposas de España y de Europa*. Edited by Omega S.A. Imprenta Juvenil, S.A.

Hódar, J. A., Torres-Muros, L., Senhadji, K., Cayuela, L. and Zamora, R. (2011) 'Interacción Planta-Herbívoro Y Dinámica Poblacional De La Procesionaria Del Pino En El Parque Nacional De Sierra Nevada En El Marco Del Cambio Global', *Proyectos*



*de investigación en parques nacionales 2008-2011*, pp. 2008–2011.

Hódar, J., Zamora, R. and Cayuela, L. (2012) 'Cambio climático y plagas: algo más que el clima', *Ecosistemas*, 21(3), pp. 73–78. doi: 10.7818/RE.2014.21-3.00.

Jarauta, F., De Lucas, J., Chao, R. and Jardí, M. . (2006) 'La larga història climàtica de nuestro planeta', *Atlas Medioambiental de Le Monde Diplomatique*.

Kocmankova, E., Trnka, M., Eitzinger, J. and Mozny, M. (2010) 'Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region', *Climate Research*, 44, pp. 95–105.

Kogan, M. (1998) 'Integrated Pest Management: historical perspectives and contemporary developments.', *Annual Review of Entomology*, 43, pp. 243–270.

Krusic, R. . and Neefus, C. . (1996) 'Habitat Associations of Bat Species in the White Mountain National Forest', *Bats and Forests Symposium*, pp. 19–21.

Krusic, R. ., Yamasaki, M., Neefus, C. . and Pekins, P. . (1996) 'Bat habitat use in White Mountain National Forest', *Wildlife Management*.

*La processionària del pi, una plaga que genera urticària i més d'un maldecap* (2017). Available at: <https://catalunyadiari.com/societat/la-processionaria-del-pi-una-plaga-que-genera-urticaria-i-mes-dun-maldecap> (Accessed: 2 September 2018).

*La processionària del pi s'escampa per Catalunya gràcies al canvi climàtic* (2018). Available at: <http://www.ccma.cat/324/la-processionaria-del-pi-sescampa-per-catalunya-gracies-al-canvi-climatic/noticia/2847853/> (Accessed: 2 September 2018).

Merlos, A. C., Expósito, J. and Rovira, M. (2016) 'La problemàtica de la processionària del pi ( *Thaumetopoea pityocampa* ) a la Vall d ' Alinyà'.

Michelot, D., Guerrero, A. and Ratovelomanana, V. (1982) 'Efficient stereoselective synthesis of (Z)- 13-hexadecen-11-ynyl acetate, a sex attractant of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) (Lepidoptera notodontidae)', *Journal of Chemical Research, Synopses*, 93, pp. 1043–1051.

Mikusinski, G., Roberge, J.-M. and J.Fuller, R. (2018) *Ecology and Conservation of Forest Birds*. doi: 10.1017/9781139680363.

Montoya, R. and Hernández, R. (1998) 'La procesionaria del pino.', *Plagas de insectos en las masas forestales españolas.*, pp. 67–84.



Obrist, M. ., Boesch, R. and Fluckiger, P. . (2004) 'Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach', *Mammalia*. doi: 68(4): 307-322.

Parsons, S. and Szewczak, J. . (2008) 'Detecting, recording, and analyzing the vocalizations of bats. Ecological and behavioral methods for the study of bats', in. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Pimentel, C. and Nilsson, J.-Å. (2007) 'Response of Great Tits *Parus major* to an Irruption of a Pine Processionary Moth *Thaumetopoea pityocampa* Population with a Shifted Phenology', *Netherlands Ornithologists' Union*. doi: <https://doi.org/10.5253/078.095.0203>.

Pimentel, D. and Perkins, J. . (1980) 'Pest control: cultural and environmental aspects', *AAAS Selected Symposium, Westview Press. Boulder*, p. 243.

Pouzot-Nevoret, C., Cambournac, M., Violé, A., Goy-Thollot, I., Bourdoiseau, G. and Barthélemy, A. (2017) 'Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* envenomation in 109 dogs: A retrospective study', *Toxicon*, 132, pp. 1–5. doi: 10.1016/j.toxicon.2017.03.014.

Puig, X. (2008) *Propuesta de protocolos para el monitoreo de murciélagos en España*, Ministerio de Medio Ambiente y SECEM. Madrid.

R.Montoya Moreno, V. P. F. (2002) 'Procesionaria del Pino', *Gobierno de Aragón, departamento de medio ambiente.*, p. 3273.

Russo, D. and Jones, G. (2002) 'Identification of twenty-two bat species (Mammalia : Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls', *Journal of Zoology*. doi: 258: 91-103.

Sanchís, N., Cobos, P., Cobos, J. . and Soria, S. (1990) 'Lucha contra la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoidae): ensayos de lucha química con productos inhibidores del desarrollo, bacterianos y piretroides.', *Bol. San. Veg. Plagas*, 16, pp. 229–245.

Smith, R. L. and Smith, T. M. (2001) *Ecología*. Madrid : Addison Wesley.

Svensson, L., Mullarney, K. and Zetterström, D. (2010) *Guía de aves. España, Europa y región mediterránea*. Omega, S.A. Barcelona.



Torres Muros, L. (2015) *Estudio de la Dinámica Poblacional de la Procesionaria del pino en el Espacio Natural de Sierra Nevada, dentro del Marco de Cambio Global. Analisis aplicado para una Gestion Adaptativa.*

Vaughan, N. (1997) 'Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation call parameters', *Bioacoustics*. doi: 7: 189-207.

Vayreda, J., Martínez-Vilalta, J., Gracia, M., Canadell, J. . and Retana, J. (2016) 'Anthropogenic-driven rapid shifts in tree distribution lead to increased dominance of broadleaf species', *Global Change Ecology*, 22. doi: 10.1111/gcb.13394.

Vives Moreno, A. (1994) *Catálogo sistemático y sinonímico de los lepidópteros de la península Ibérica y Baleares (Insecta: Lepidoptera)*. Publicacio. Madrid.

## Agraïments

M'agradaria agrair als tutors David Guixé i Jordi Camprodon per l'esforç que han tingut en reestructurar el projecte un cop no s'haguessin realitzat les actuacions silvícoles en els diferents rodals. Al Victor Sazatornil per l'ajuda amb els anàlisis estadístics i el raonament de la selecció de les variables pel cas d'estudi. I finalment, el Miquel Sala, jove biòleg que em va ajudar en la revisió de caixes ratpenats i ocells realitzada a finals d'agost.



## Annexes





**UST**  
FACULTAT DE CIÈNCIES  
I TECNOLOGIA  
**UVIC-UCC**

## Annex 1. Espècies de ratpenats a Catalunya i la seva importància en la depredació de la processonària del pi

Espècie	Nom català	Ecologia	Dieta	Sobre processonària	Ocupant de caixes refugi
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Ferradura gros	Cavernícola. Termòfil < 1500 m.	41% papallones	Molt	No
<i>Rhinolophus euryale</i>	Ferradura mediterrani	Cavernícola. Termòfil < 800 m. Poc abundant	41% papallones	Molt	No
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Ferradura petit	Cavernícola atropòfil. < 1800 m.	papallones, dípters, aranyes	Bastant	No
<i>Nyctalus leisleri</i>	Nòctul petit	Forestal.	Lepidòpters, coleòpters	Molt	Molt
<i>Nyctalus noctula</i>	Nòctul mitjà	Forestal.	Coleòpters, lepidòpters, hemípters	Molt	Molt
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Nòctul gran o gegant	Forestal.	Coleòpters, lepidòpters, hemípters	Molt poc	Molt
<i>Plecotus macrobullaris</i>	Orellut alpi	Cavernícola. Pirineus, Alps, Balcans,...	Coleòpters, lepidòpters, hemípters	Gens	No
<i>Plecotus auritus</i>	Orellut daurat	Forestal. Poc abundant	papallones, coleòpters, aranyes	Molt	Bastant
<i>Plecotus austriacus</i>	Orellut gris	Cavernícola. Arreu	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Molt	Poc



<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<b>Pipistrel·la de vores clares</b>	Fissurícola antropòfil	Tipúlids, coleòpters, himenòpters, dípters	Molt	Bastant
<i>Pipistrellus nathusii</i>	<b>Pipistrel·la de Nathusius</b>	"Forestal" (refugis en arbres).	Dípters, tricòpter, neuròpters, microlepidòpters	Molt poc	Molt
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<b>Pipistrel·la comuna</b>	Fissurícola ubiqüista	Dípters, tricòpter, neuròpters, microlepidòpters	Molt poc	Bastant
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<b>Pipistrel·la nana</b>	Fissurícola ubiqüista, molt comú en aiguamolls	Dípters, tricòpter, neuròpters, microlepidòpters	Molt poc	Molt
<i>Hypsugo savii</i>	<b>ratpenat muntanyenc</b>	Fissurícola muntanyenc de 0 a 2000 m	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Molt	Poc
<i>Eptesicus serotinus</i>	<b>ratpenat dels graners</b>	Fissurícola antropòfil fins a 1500 m	Tipúlids, coleòpters, himenòpters, dípters	Molt	No
<i>Vespertilio murinus</i>	<b>ratpenat argentat</b>	Fissurícola antropòfil. Europa central fins als Alps.	Coleòpters, lepidòpters, hemípters	Molt poc	No
<i>Myotis myotis</i>	<b>Rater gros</b>	Fissurícola. Repartit puntualment < 1000m	Ortòpters, coleòpters, lepidòpters	Poc	No
<i>Myotis blythii oxygnathus</i>	<b>Rater mitjà</b>	Fissurícola. Repartit puntualment < 1000m	Ortòpters, coleòpters, lepidòpters	Poc	No
<i>Myotis bechsteinii</i>	<b>Ratpenat de Bechstein</b>	Forestal: fagedes i rouredes.	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Bastant	Bastant
<i>Myotis escalerae</i>	<b>Ratpenat gris ibèric</b>	Cavernícola. Pirineus i Prepirineus	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Poc	No

<b><i>Myotis nattereri</i></b>	<b>Ratpenat gris itàlic</b>	Forestal. Pirineus i Prepirineus	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Bastant	Poc
<b><i>Myotis daubentoni</i></b>	<b>Ratpenat d'aigua</b>	Fissurícola. Cursos d'aigua fins a 2000m	Dípters, tricòpter, neuròpters, microlepidòpters	Molt poc	Poc
<b><i>Myotis capaccinii</i></b>	<b>Ratpenat de peus grans</b>	Cavernícola. Cursos i masses d'aigua	Dípters, tricòpter, neuròpters, microlepidòpters	Molt poc	No
<b><i>Myotis mystacinus</i></b>	<b>Ratpenat de bigotis gran</b>	Fissurícola de zones forestals > 1000m. Pirineus	Lepidòpters, coleòpters, aranyes	Molt poc	Poc
<b><i>Tadarida teniotis</i></b>	<b>Ratpenat cuallarg</b>	Fissurícola antropòfil	Lepidòpters, coleòpters	Bastant	No
<b><i>Barbastella barbastellus</i></b>	<b>Ratpenat de bosc</b>	Forestal	Lepidòpters, dípters	Bastant	Poc

Taula 18 Espècies de ratpenats presents a Catalunya i la seva importància en la depredació de la processonària del pi (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Efecte alt	Efecte baix	Ocupant de caixes	Poc o nul ocupant de caixes
<i>Rhinolophus ferrumequineum</i>	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Rhinolophus ferrumequineum</i>
<i>Rhinolophus euryale</i>	<i>Plecotus macrobullaris</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Rhinolophus euryale</i>
<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>
<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Plecotus auritus</i>	<i>Plecotus macrobullaris</i>

<i>Plecotus auritus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Plecotus austriacus</i>
<i>Plecotus austriacus</i>	<i>Vespertilio murinus</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Hypsugo savii</i>
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Myotis myotis</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>
<i>Hypsugo savii</i>	<i>Myotis blythii oxignathus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Vespertilio murinus</i>
<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Myotis escalerae</i>	<i>Myotis bechsteinii</i>	<i>Myotis myotis</i>
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Myotis daubentoni</i>		<i>Myotis blythii oxynathus</i>
<i>Myotis bechsteinii</i>	<i>Myotis capaccinii</i>		<i>Myotis escalerae</i>
<i>Myotis nattereri</i>	<i>Myotis mystacinus</i>		<i>Myotis nattereri</i>
<i>Barbastella barbastellus</i>			<i>Myotis daubentoni</i>
<i>Tadarida teniotis</i>			<i>Myotis capaccinii</i>
			<i>Myotis mystacinus</i>
			<i>Tadarida teniotis</i>
			<i>Barbastella barbastellus</i>

Taula 19 Efecte dels ratpenats i la seva ocupació (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Forestals efecte elevat	Forestals efecte baix	Forestals ocupants	Forestals poc o nul ocupants
<i>Nyctalus leisleri</i>		<i>Nyctalus leisleri</i>	
<i>Nyctalus noctula</i>		<i>Nyctalus noctula</i>	
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	
<i>Plecotus auritus</i>		<i>Plecotus auritus</i>	
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	
<i>Myotis bechsteinii</i>		<i>Myotis bechsteinii</i>	
<i>Myotis nattereri</i>			<i>Myotis nattereri</i>
<i>Barbastella barbastellus</i>			<i>Barbastella barbastellus</i>

Taula 20 Efecte dels ratpenats forestals i la seva ocupació (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

## Annex 2. Actuacions d'aclarida

Les actuacions d'aclarida es descriuen a continuació (David Guixé, Camprodon, Piqué, *et al.*, 2017):

- **Aclarida forta (franja 50 m en els llindars forestals).** Potenciació dels planifolis.

En franges de prevenció d'incendis sempre es respectarà aquest objectiu per sobre els altres (processionària del pi o canvi climàtic), amb una densitat màxima de 200 peus/ha; respectant un port alt arbori amb una poda alta i quasi nul recobriment arbustiu per sota els 4 metres d'alçària sota brancatge de la copa dels pins. Sota espècies arbrades caducifòlies la distància entre l'alçària dels matollars i les primeres branques de l'arbre han de ser de 3 m. La superfície de matollar baix no ha de superar el 25% de recobriment de la superfície de la franja.

En llindars amb pastures o camps, es potenciarà entre 200 a 500 peus/ha; amb una regeneració de l'estrat arbustiu de port baix que es podrà mantenir per mitjà de la pastura de bestiar oví o vacú on s'escaigui.

- **Aclarida mixta (franja interior del rodal).** S'eliminaran arbres de diversos estrats, fins i tot en el dominant. S'actuarà sobre arbres dominats com en una aclarida baixa, però també s'eliminaran arbres dominants i codominants, que dificulten el desenvolupament d'altres peus considerats prioritaris, com els planifolis o propers al llindar forestal (seleccionats per les erugues); excepte aquells que presentin cavitats, de tronc bifurcat en alçada o amb nius grans en plataforma.
- **Selecció de talls** de planifolis per potenciar el creixement de carrasques i roures o d'altres caducifolis presents.
- **Formació de petites clarianes.** Es formen obertures de menys de 1.000 m<sup>2</sup> deixant el sòl sense matolls i amb incidència solar directa (que poden seleccionar les erugues per enterrar-se i passar l'estadi de pupa). Cal seleccionar les zones més sorrenques, a més de 100 m del llindar forestal, que és la distància màxima recorreguda per una processó d'erugues. Dissenyar-les de forma allargada seguint la línia del llindar forestal. Caldrà afavorir el creixement del planifoli al voltant de la clariana per tal de que sigui un atractiu per les erugues properes al llindar però que no representi una acció d'afavorir



l'enterrament de les processionàries (augmentant el nombre als voltants de la clariana).

- **Estassada selectiva** En la primera franja dels 50 m s'eliminaran la major part de l'estrat arbustiu alt (>1,3 m) fins a reduir-lo al recobriment desitjat (25-30%). Es respectaran petits grups d'arbusts distanciats entre ells d'uns 30-50 m, preferentment amb les espècies menys inflamables i de menor potencial de creixement en alçada (<1m).
- **Poda** dels arbres situats en el llinzar forestal (50 m) fins a una alçària de 3 m (1/3 de l'alçària de l'arbre).
- **Generació d'estaques** en els rodals on es pengen les caixes. S'anellaran pins de port recte i diàmetres gruixuts (a partir de 20 cm de diàmetre) i alçària superior als 4 m. Es poden realitzar dos anells perquè el pi es debiliti abans. S'anellaran mínim a 1,30 m on el procés de decrepitud i fins a la mort sigui lent i així estigui l'arbre en peu durant molts anys i pugui ser utilitzat com a refugi pels depredadors de la processionària i com a font d'alimentació per a invertebrats i microorganismes. En total s'anellaran uns 3 a 5 pins repartits al voltant d'on s'han instal·lat les caixes refugi per a ratpenats.
- **Deixar fusta a terra** a partir dels arbres tallats. Alguns peus (4-6 peus/ha) es deixen tombats desbrancant i deixant les restes aplanades a terra troçades en troços de 1 m.
- **Mantenir una orla arbustiva** inferior a 1 m d'alçària d'uns 2 a 4 m d'amplada al llinzar forestal en contacte amb pastures. Si és possible, el matoll es pot complementar amb una petita acumulació de restes de brancatge.

En el cas de les franges d'incendis en nuclis habitats, la franja o orla arbustiva de port baix es crearia just després de la franja cap a l'interior del bosc perquè així faci de barrera a les erugues que volen sortir cap al llinzar. També es podrà apilar el brancatge de les podes fetes a la franja d'incendis. En alguns rodals es pot estudiar la possibilitat de fer dues orles, la primera al llinzar, a tocar de l'espai obert i la segona 50m bosc endins en acabar el primer model de gestió i començar l'aclarida mixta, bosc endins.

A mitjà termini es proposen les següents actuacions complementàries:

- **Plantar planifolis d'edat avançada** al límit del llinzar forestal i al llarg de la primera franja de 50 m; principalment alzines i carrasques, ja que fan més ombra a l'hivern, moment que les erugues busquen sòls oberts amb radiació per troncs tombats o estaques d'arbres de fusta tova enterrar-se.





- **Plantar estagues** als llindars forestals, de més de 8 m d'alçària per incrementar les cavitats de picot. Els picots seleccionen preferentment fusta morta i millor si és de fusta tova (Camprodon, 2014).

## Annex 3. Localització de les caixes de ratpenats i d'ocells

Pi de Sant Just (Solsona):



Figura 24 Caixes ocells i ratpenats del rodal del Pi de Sant Just.

Manquen algunes caixes d'ocells, col·locades a finals d'agost del 2018.

Navès:

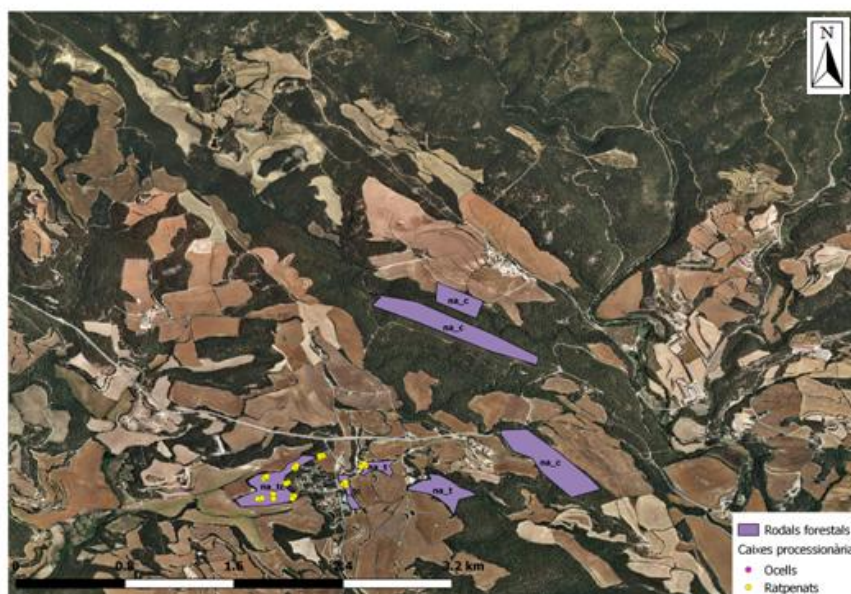


Figura 25 Caixes ratpenats del rodal de Navès.

Per motius externs no s'han obtingut les dades del marcatge de les caixes d'ocells que faltaven col·locar. Han estat col·locades a finals d'agost del 2018.

**L'Espunyola:**

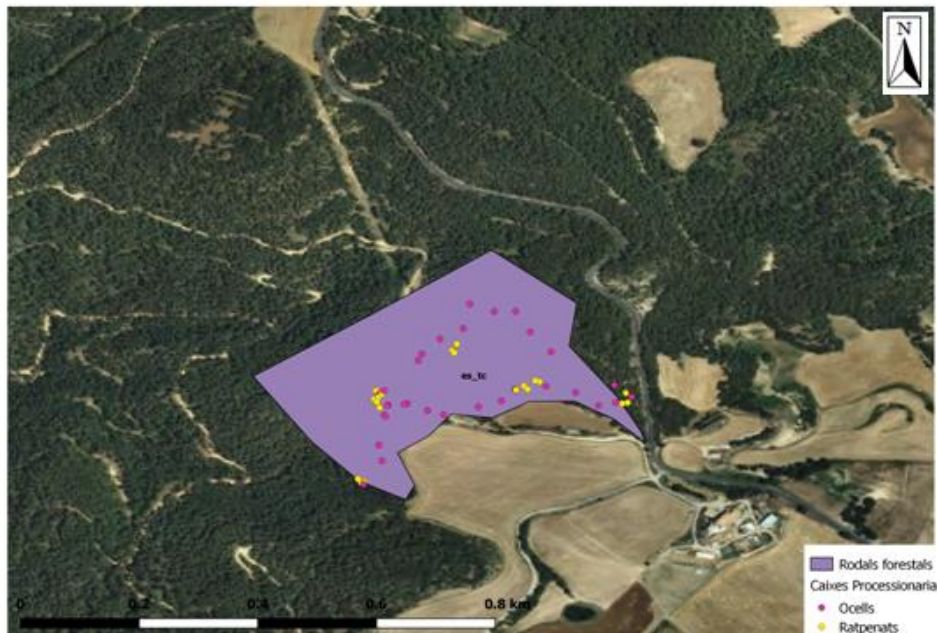


Figura 26 Caixes ratpenats i ocells del rodal de l'Espunyola.

**Santa Maria de Merlès:**



Figura 27 Caixes de ratpenats i ocells del rodal de Merlès.

## Annex 4. Espècies d'ocells característiques de pinassa i possibles depredadors d'eruga de la processonària del pi

Espècie	Fenologia	Depredació	Ocupació de caixes niu
<i>Parus major</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Molta
<i>Cyanocistes caeruleus</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Molta
<i>Lophophanes cristatus</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Molta
<i>Periparus ater</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Bastant
<i>Aegithalos caudatus</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Gens
<i>Certhia brachydactyla</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Poca
<i>Cuculus canorus</i>	Estival	Sobre erugues	Gens
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Estival	Sobre papallones	Gens
<i>Upupa epops</i>	Estival	Sobre crisàlides enterrades	Poca
<i>Phylloscopus collybita</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Gens
<i>Erithacus rubecula</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Poca
<i>Sylvia atricapilla</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Gens
<i>Regulus ignicapillus</i>	Sedentari	Sobre erugues i ous	Gens
<i>Otus scops</i>	Estival	Sobre papallones	Poca

Taula 21 Principals espècies d'ocells depredadores de la processonària del pi a Catalunya (Camprodon, 2014; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

Ocells grimpadors	Ocells forestals	Ocells ocupants de cavitats
<i>Dryocopus martius</i>	<i>Accipiter gentilis</i>	<i>Dryocopus martius</i>
<i>Dendrocopus major</i>	<i>Aegithalos caudatus</i>	<i>Dendrocopus major</i>
<i>Picus viridis</i>	<i>Carduelis spinus</i>	<i>Picus viridis</i>



<i>Sitta europaea</i>	<i>Certhia brachydactyla</i>	<i>Sitta europaea</i>
<i>Certhia brachydactyla</i>	<i>Cyanistes caeruleus</i>	<i>Certhia brachydactyla</i>
<i>Jynx torquilla</i>	<i>Dendrocopus major</i>	<i>Jynx torquilla</i>
	<i>Dryocopus martius</i>	<i>Cyanistes caeruleus</i>
	<i>Jynx torquilla</i>	<i>Loophophanes cristatus</i>
	<i>Loxia curvirostra</i>	
	<i>Periprus ater</i>	
	<i>Lophophanes cristatus</i>	
	<i>Parus major</i>	
	<i>Phylloscopus Bonelli</i>	
	<i>Phylloscopus collybita</i>	
	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	
	<i>Regulus ignicapillus</i>	
	<i>Sitta europaea</i>	
	<i>Sylvia borin</i>	
	<i>Sylvia atricapilla</i>	
	<i>Turdus philomelos</i>	
	<i>Turdus torquatus</i>	

Taula 22 Espècies d'aus característiques de cada gremi en pinassa (Svensson, Mullarney and Zetterström, 2010; Camprodon, 2014; David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017; Mikusinski, Roberge and J.Fuller, 2018).

## Annex 5. Localització dels transectes d'ocells, detecors de ratpenats i trapes de papallones

**Pi de Sant Just(Solsona):**



Figura 28 Transectes d'ocells, detectors de ratpenats i trapes de papallones en el rodals forestals del Pi de Sant Just.

**Navès:**

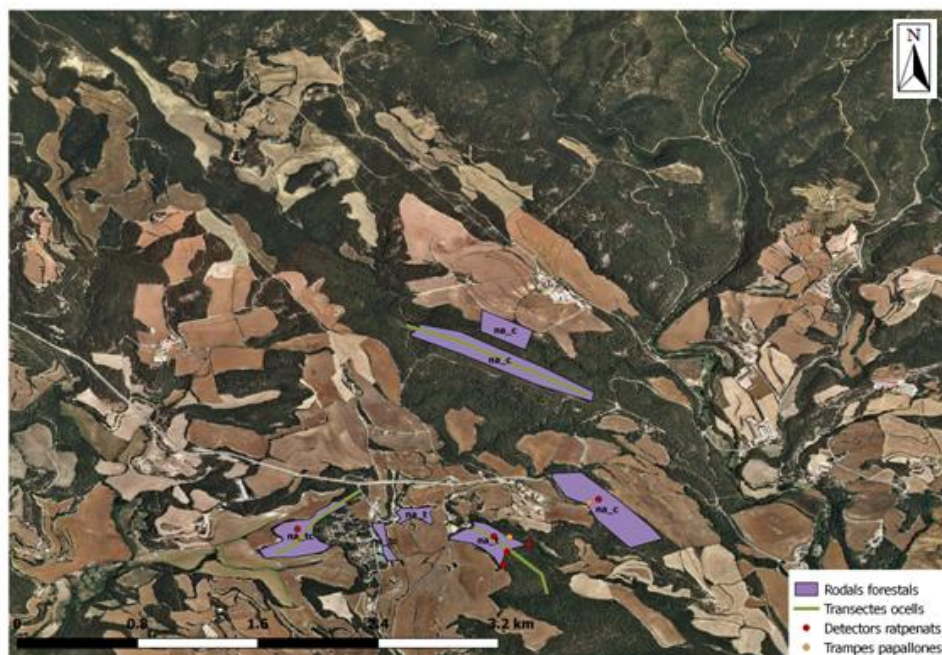


Figura 29 Transectes d'ocells, detectors de ratpenats i trapes de papallones en els rodals forestals de Navès.

### L'Espunyola:

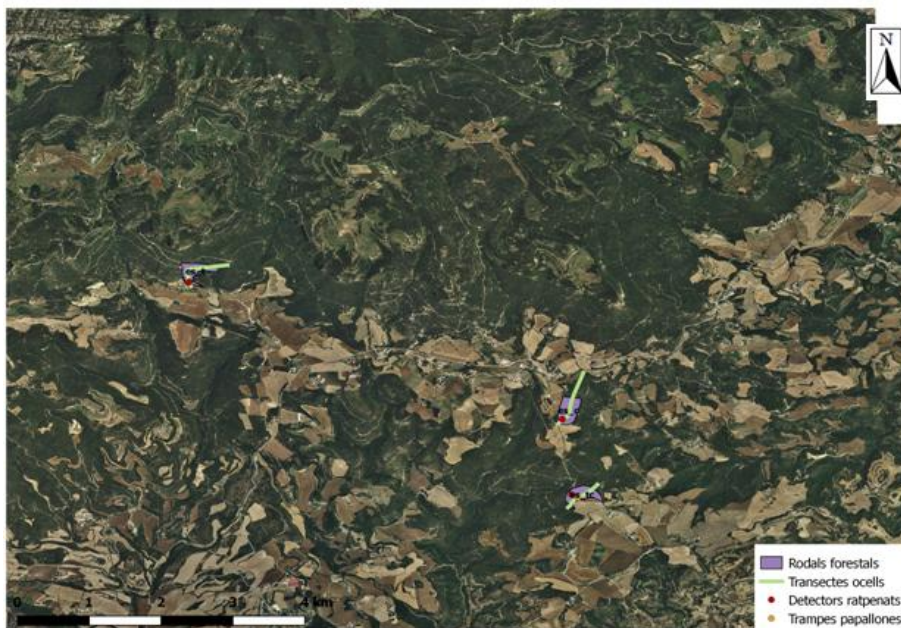


Figura 30 Transectes d'ocells, detectors de ratpenats i trapes de papallones dels rodals forestals de l'Espunyola.

### Santa Maria de Merlès:

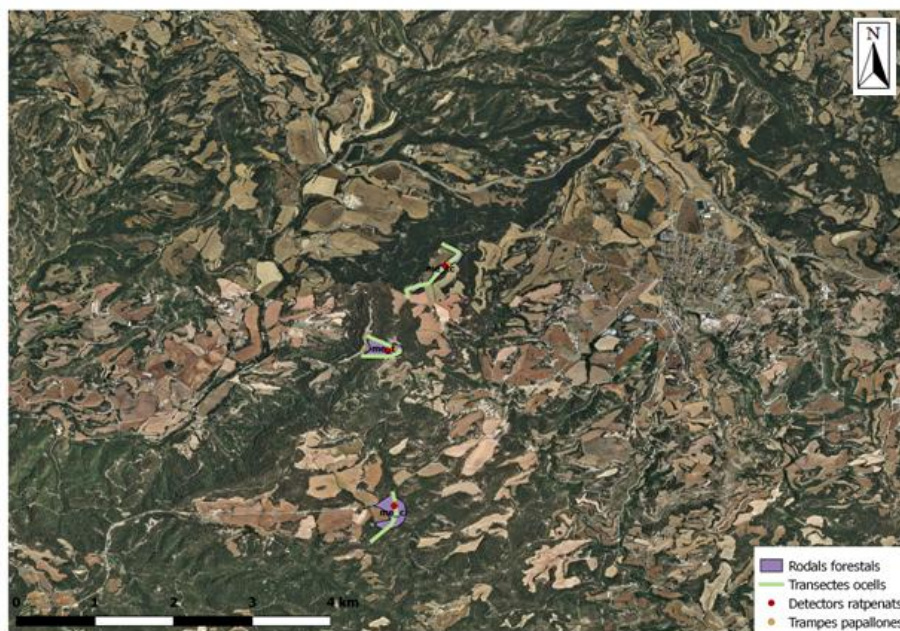


Figura 31 Transectes d'ocells, detectors de ratpenats i trapes de papallones dels rodals forestals de Merlès.



## Annex 6. Tipologies dels detectors de ratpenats

En la Taula 23 es mostren les gravacions d'ultrasons i la tipologia realitzats en el 2017 i en la Figura 32 es mostra l'exemple d'un detector Sm3.

Codi	Acció	Data inici	Data Final	Tipologia	alçada micro
pi_t	Tallada	25 jul 2017, 17:35	28 jul 2017, 10:22	Sm3-1	5
pi_c	Control	25 jul 2017, 17:37	28 jul 2017, 10:22	Sm4	5
pi_tc	Tallada i caixes	25 jul 2017, 17:37	28 jul 2017, 8:22	Sm3-2	5
es_tc	Tallada i caixes	8 ag 2017, 11:37	16 ag 2017, 12:20	Sm3-1	5
na_c	Control	28 jul 2017, 9:17	31 jul 2017, 16:32	Sm4	5
na_t	Tallada	28 jul 2017, 9:41	31 jul 2017, 16:32	Sm3-1	5
na_tc	Tallada i caixes	28 jul 2017, 10:09	31 jul 2017, 16:32	Sm3-2	4,5
me_c	Control	3 ag 2017, 17:19	7 ag 2017, 20:16	Sm4	7
me_t	Tallada	3 ag 2017, 17:45	7 ag 2017, 20:48	Sm3-2	6
me_tc	Tallada i caixes	3 ag 2017, 18:04	7 ag 2017, 21:11	Sm3-1	5
es_t	Tallada	8 ag 2017, 10:37	16 ag 2017, 12:42	Sm3-2	6
es_c	Control	8 ag 2017, 11:15	16 ag 2017, 12:26	Sm4	5

Taula 23 Gravacions d'ultrasons a les zones d'estudi al 2017.





Figura 32 Detectors SM3 en una pinassa. Font: (David Guixé, Camprodon, Roca, *et al.*, 2017).

## Annex 7. Esforç en el mostreig de les papallones

Codi	Time	Hora inici	Acció	Esforç (h)
na_tc	26/07/2017	22:10	Tallada i caixes	3,5
na_c	26/07/2017	21:50	Control	4,0
na_t	26/07/2017	22:00	Tallada	4,5
me_tc	07/08/2017	21:50	Tallada i caixes	4,0
me_t	07/08/2017	22:00	Tallada	4,3
me_c	07/08/2017	22:10	Control	4,5
pi_c	25/07/2017	22:00	Control	3,0
pi_tc	25/07/2017	21:50	Tallada i caixes	4,5
pi_t	25/07/2017	22:00	Tallada	2,3
es_c	12/09/2017	22:00	Control	4,3
es_tc	12/09/2017	22:10	Tallada i caixes	4,0
es_t	12/09/2017	21:50	Tallada	4,5

Taula 24 Descripció de les trapes d'heteròcers a les zones d'estudi al 2017.



Figura 33 Trampa de llum per a la captura d'heteròcers.

## Annex 8. Metodologia del mostreig de l'afectació de la processionària del pi en la defoliació dels pins mitjançant drons

S'han realitzat fluxos de treball (Figura 34) per a la obtenció de dades de caràcter forestal per al control i monitoratge de plagues com la processionària. Aquests fluxos inclouen des dels protocols de vol UAV amb sensors RGB i multiespectrals, inclouen reconstruccions digitals del bosc amb diferents programes com Agisoft Photoscan i Pix4D Desktop; i el tractament d'ortomosaics i models digitals d'elevacions resultants a través de programes de gestió geogràfica per crear índexs de vegetació NDVI, G/R, VARI i TGI, i utilitzar-los juntament amb les altres dades amb l'objectiu que de forma general es puguin usar com una mesura fiable de salut del bosc.

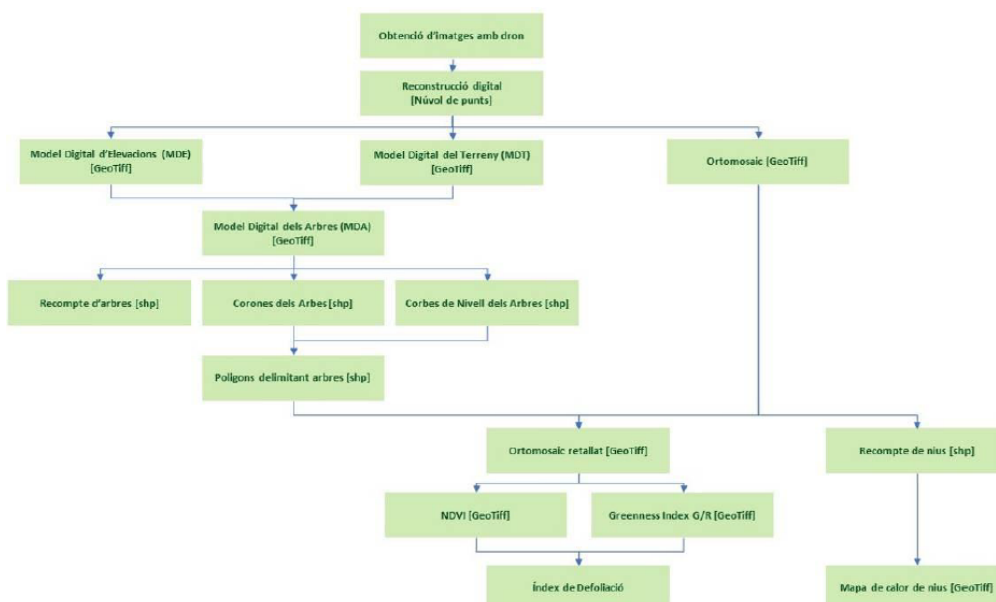


Figura 34 Diagrama metodològic dels càlculs d'imatges de boscs obtingudes amb Drones.

Un índex de vegetació normalment es pot expressar com una fórmula matemàtica. Normalment, la sortida de l'índex assigna un color a una escala de color i s'utilitza per generar una imatge de color fals d'un camp. També en valor numèric, on cada píxel té el seu corresponent. Es tracta d'una mirada ràpida a la imatge resultant mostra regions amb valors baixos i valors alts. La majoria, però no tots, dels índexs requereixen dades d'un sensor que funciona a la longitud d'ona infraroja (NIR), NDVI n'és el més utilitzat. També es poden crear índexs de vegetació amb sensors RGB.

Gairebé de manera universal, els mapes de l'índex de vegetació faciliten trobar àrees problemàtiques en un camp, com ara la manca de nutrients o el sòl pobre, per tant



també poden ser útils per a la vegetació del bosc. Sovint, la mateixa informació es pot veure a la imatge RGB: és més simple i difícil d'identificar clarament.

## Annex 9. Dades de la caracterització dels rodals

Codi_rodal	Actuació	Àrea(ha)	Ho(m)	AB_total(m2/ha)	RCE (%)	RCS (%)	FCCa (%)	Cobertura_arbòria(%)	Cobertura_arbustiva(%)	Cobertura_herbàcia(%)	AB_Pinus(%)	AB_Quercus(%)	AB_altres(%) (p i blanc)	Densitat_total(peus/ha)	%defoliació_mitjana	%bosc	%espaiobert	%antròpic	%igua	%matollar
es_t	Tallada	5,74	28,50	29,00	52,50	22,50	47,50	62,50	17,50	65,00	48,50	51,50	0,00	977,50		64,50	34,50	1,00	0,00	0,00
es_tc	Tallada i caixes	6,17	32,60	38,00	50,00	48,33	60,00	76,67	48,33	30,00	89,00	11,00	0,00	1150,33	37,50	72,30	25,00	2,00	0,40	0,30
es_c	Control	7,06	11,00	21,00	80,00	50,00	65,00	70,00	50,00		83,00	17,00	0,00	749,00	37,50	68,50	27,50	3,00	0,00	1,00
me_t	Tallada	5,31	35,67	32,00	26,67	48,33	46,67	53,33	41,67	20,00	83,33	17,33	0,00	796,67		68,00	28,00	3,00	0,00	1,00
me_tc	Tallada i caixes	5,84	28,00	44,00	40,00	40,00	40,00	50,00	40,00	70,00	41,00	9,00	50,00	2659,00	87,50	73,50	26,00	0,00	0,00	0,50
me_c	Control	7,99	13,00	21,50	60,00	75,00	55,00	70,00	75,00		78,00	22,00	0,00	609,00	75,00	66,00	33,00	0,00	0,00	1,00
na_t	Tallada	5,16	16,25	43,00	45,00	55,00	60,00	62,50	55,00	67,50	84,50	15,50	0,00	1011,90	87,50	36,00	54,00	9,00	0,00	0,00
na_tc	Tallada i caixes	7,36	14,20	49,33	73,33	55,00	53,33	68,33	53,33	41,67	39,00	37,67	23,33	2280,00	75,00	43,00	41,00	11,00	0,00	3,00
na_c	Control	6,49	12,00	28,00	80,00	60,00	65,00	75,00	50,00		88,00	12,00	0,00	957,00		48,00	43,00	7,00	0,00	2,00
pi_t	Tallada	4,76	17,00	44,00	80,00	60,00	60,00	70,00	70,00	50,00	86,00	14,00	0,00	943,00	75,00	45,00	37,50	15,50	0,00	0,00
pi_tc	Tallada i caixes	6,81	17,50	31,00	80,00	77,50	67,50	77,50	82,50	17,50	84,50	6,50	9,50	749,63		47,00	30,00	18,00	1,00	1,00
pi_c	Control	8,76	13,50	27,50	45,00	55,00	70,00	82,50	65,00		82,50	17,50	0,00	760,50	75,00	47,50	45,50	2,00	0,00	5,00

Taula 25 Dades dels inventaris forestals.

## Annex 10. Dades de les variables d'ocells

Codi_nou	Actuació	Àrea (ha)	Longitud transecte(km)	AB_ocells_generalistes(contactes/transecte)	Riq_ocells_generalistes (nº)	AB_ocells_depredadors_erugues_proccionària (contactes/transectes)	Riq_ocells_depredadors_erugues_proccionària(nº)	AB_ocupants_cavitats(contactes/transecte)	Riq_ocupants_cavitats(nº)	AB_ocells_forestals(contactes/transectes)	Riq_ocells_forestals(nº)	AB_ocells_grimpadors(contactes/transectes)	Riq_ocells_grimpadors(nº)
es_t	Tal·lada	5,74	0,66	69,54	12,00	51,40	6,00	4,54	2,00	49,89	7,00	4,54	2,00
es_tc	Tal·lada i caixes	6,17	0,46	65,93	8,00	63,73	8,00	6,59	1,00	54,94	9,00	6,59	1,00
es_c	Control	7,06	0,76	93,15	11,00	80,03	7,00	6,56	2,00	62,98	8,00	6,56	2,00
me_t	Tal·lada	5,31	0,73	53,19	13,00	76,38	8,00	6,82	1,00	61,38	8,00	6,82	1,00
me_tc	Tal·lada i caixes	5,84	0,98	96,23	15,00	92,13	7,00	9,21	2,00	70,64	8,00	9,21	2,00
me_c	Control	7,99	0,69	100,64	12,00	112,31	8,00	8,75	2,00	100,64	10,00	8,75	2,00
na_t	Tal·lada	5,16	0,57	24,36	4,00	22,62	4,00	3,48	1,00	24,36	5,00	3,48	1,00
na_tc	Tal·lada i caixes	7,36	0,59	32,35	8,00	10,22	3,00	0,00	0,00	11,92	3,00	0,00	0,00
na_c	Control	6,49	0,99	12,09	3,00	19,15	3,00	0,00	0,00	19,15	3,00	0,00	0,00
pi_t	Tal·lada	4,76	0,31	35,50	2,00	64,55	4,00	6,45	1,00	71,00	5,00	6,45	1,00
pi_tc	Tal·lada i caixes	6,81	0,37	46,08	6,00	10,84	2,00	0,00	0,00	10,84	2,00	0,00	0,00
pi_c	Control	8,76	0,44	36,25	6,00	33,98	2,00	0,00	0,00	33,98	2,00	0,00	0,00

Taula 26 Dades de les variables d'ocells per a l'anàlisi estadístic.

## Annex 11. Dades de les diferents espècies d'ocells

Espècie	es_t	es_tc	es_c	me_t	me_tc	me_c	na_t	na_tc	na_c	pi_t	pi_tc	pi_c
<i>Aegithalos caudatus</i>	5	2	17	17	17	20	0	8	6	0	18	12
<i>Anthus pratensis</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anthus trivialis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buteo buteo</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carduelis cannabina</i>	0	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0
<i>Carduelis carduelis</i>	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	0	0
<i>Carduelis chloris</i>	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Carduelis spinus</i>	0	0	0	1	1	9	0	0	0	0	0	0
<i>Certhia brachydactyla</i>	2	3	3	7	6	5	0	2	0	0	0	0
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	7	4	15	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Columba palumbus</i>	3	3	13	1	16	5	0	2	2	3	0	0
<i>Corvus corax</i>	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corvus corone</i>	13	0	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendrocopus major</i>	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dryocopus martius</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Emberiza cirius</i>	8	0	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0
<i>Erithacus rubecula</i>	6	7	21	15	27	16	2	0	0	0	0	0
<i>Falco tinnunculus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ficedula hypoleuca</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fringilla coelebs</i>	12	9	15	11	15	7	2	0	0	6	0	2



<i>Galerida cristat</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Garrulus glandarius</i>	7	5	7	6	10	10	0	0	0	2	0	2
<i>Gyps fulvus</i>	1	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Loxia curvirostra</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lullula arborea</i>	3	0	1	2	6	3	0	0	0	0	0	0
<i>Motacilla alba</i>	2	0	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0
<i>Motacilla cinerea</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Motacilla flava</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parus ater</i>	13	4	6	4	3	2	0	3	2	0	0	0
<i>Parus caeruleus</i>	6	0	0	0	5	2	3	0	7	0	0	4
<i>Parus cristatus</i>	1	4	6	2	7	4	1	2	0	0	0	0
<i>Parus major</i>	3	2	4	3	13	7	0	8	0	0	0	0
<i>Passer domesticus</i>	1	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0
<i>Phylloscopus collybita</i>	0	1	3	3	17	1	2	0	0	1	0	0
<i>Pica pica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Picus viridis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phoenichrorus ochruros</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prunella modularis</i>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Regulus ignicapillus</i>	6	8	9	8	8	18	0	0	0	0	2	0
<i>Regulus regulus</i>	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Serinus citrinella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serinus serinus</i>	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sitta europaea</i>	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0
<i>Sturnus vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3



<i>Sylvia atricapilla</i>	0	2	0	2	0	8	0	0	0	0	1	0
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1	3	1	3	1	5	2	0	0	0	0	0
<i>Turdus merula</i>	4	3	7	1	0	13	5	0	0	1	0	0
<i>Turdus philomelos</i>	7	2	4	3	5	7	3	0	1	0	0	0
<i>Turdus viscivorus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2

Taula 27 Dades del nombre d'individus de les diferents espècies d'ocells en cada rodal forestal.

## Annex 12. Dades de les variables de ratpenats

Co di _n ou	Actu ació	AB_total_ ratpenats( contactes /h)	Riq_tot al_ratp enats(n º)	AB_ratpenat s_generalist es(contactes /h)	Riq_ratpe nats_gen eralistes( nº)	AB_ratpen ats_foresta ls(contacte s/h)	Riq_ratp enats_fo restals(n º)	AB_ratpenats_depr edadors_proc_pi_ef ecte_elevat(contact es/h)	AB_ratpenats_depr edadors_proc_pi_e fecte_poc(contacte s/h)	AB_ocupants _caixes_ratp enats(contacte s/h)	AB_poc_nul_ocu pants_caixes_rat penats(contacte s/h)	AB_ratpenats_forestal s_depredadors_proc_p i_efecte_elevat(contac tes/h)	AB_ratpenats_forestal s_depredadors_proc_ pi_efecte_poc(contact es/h)	AB_ratpenats_forestals _depredadors_proc_pi_ ocupants_caixes(contac tes/h)	AB_ratpenats_forestals_d epredadors_proc_pi_poc/ nul_ocupants_caixes(conta ctes/h)
es _t	Talla da	37,86	15,00	37,10	9,00	0,72	6,00	19,98	10,16	28,89	1,25	0,70	0,00	0,67	0,03
es _t c	Talla da i caix es	25,38	11,00	24,30	6,00	1,06	5,00	12,36	8,67	19,47	1,56	1,20	0,05	0,83	0,42
es _c	Con trol	21,23	12,00	20,80	8,00	0,39	4,00	7,52	9,73	10,50	6,75	0,67	3,20	3,88	0,00
m e_ t	Talla da	48,56	14,00	48,10	8,00	0,50	6,00	10,22	18,88	25,84	3,25	0,94	7,66	8,44	0,16
m e_ tc	Talla da i caix es	88,56	15,00	86,90	8,00	1,69	6,00	40,00	19,69	40,41	19,28	8,06	14,88	22,84	0,09
m e_ c	Con trol	28,91	15,00	28,30	8,00	0,59	7,00	4,06	21,25	24,22	1,09	1,09	4,75	5,72	0,13
na _t	Talla da	22,04	15,00	19,90	8,00	2,17	7,00	10,50	7,92	17,38	1,04	7,92	3,79	11,58	0,13
na _t c	Talla da i caix es	17,17	9,00	16,10	5,00	1,04	4,00	7,08	5,79	11,29	1,58	0,92	4,88	5,58	0,21
na _c	Con trol	42,08	12,00	40,00	7,00	2,08	5,00	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04
pi _t	Talla da	86,04	12,00	82,00	7,00	4,04	5,00	63,58	16,58	73,88	6,29	4,04	0,00	2,38	1,67
pi _t c	Talla da i caix es	66,67	12,00	65,30	7,00	1,42	5,00	14,25	34,46	45,04	3,67	1,63	22,58	24,17	0,04
pi _c	Con trol	37,38	13,00	36,30	6,00	1,08	7,00	12,21	15,04	23,58	3,67	1,83	6,38	7,00	1,21

Taula 28 Dades de les variables de ratpenats pels anàlisis estadístics en els rodals forestals.

## Annex 13. Dades de les espècies de ratpenats

Espècie	es_t	es_tc	es_c	me_t	me_tc	me_c	na_t	na_tc	na_c	pi_t	pi_tc	pi_c
<i>Barbastella barbastellus</i>	2	25	0	1	2	1	1	0	4	0	1	1
<i>Eptesicus serotinus</i>	34	55	17	66	433	11	11	7	2	21	17	24
<i>Hypsugo savii</i>	31	15	12	21	11	19	5	20	11	31	40	24
<i>Myotis bechsteinii</i>	2	1	0	0	1	2	0	0	1	4	0	1
<i>Myotis sp.</i>	1	0	2	5	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Myotis blythii</i> <i>oxygnathus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myotis myotis</i>	0	3	2	1	2	1	1	1	0	9	0	0
<i>Myotis nathusii</i>	0	2	0	4	1	3	2	5	0	40	0	28
<i>Myotis escaleraii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myotis daubentoni</i>	0	0	0	0	3	0	3	4	5	7	7	5
<i>Myotis capaccinii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Myotis mystacinus</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Nyctalus leisleri</i>	35	25	33	0	114	27	179	7	10	8	35	6
<i>Nyctalus noctula</i>	6	0	10	21	0	0	0	0	5	0	0	1
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	29	3	0	6	12	62	22	3	0	0	9	7
<i>Plecotus auritus</i>	0	24	0	4	140	2	8	10	30	45	3	7
<i>Plecotus sp.</i>	0	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plecotus austriacus</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	1136	637	395	204	415	65	45	121	316	1335	224	199
<i>Plecotus macrobullaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Pipistrellus nathusii</i>	1	232	205	239	464	90	91	114	286	0	533	146
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	593	293	401	308	124	516	55	6	33	349	203	171
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	27	24	13	45	23	11	17	10	63	32	74	28
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	10	1	1	6	162	0	1	0	6	2	12	2
<i>Rhinolophus euryale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tadarida teniotis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	40	10	0

Taula 29 Dades dels individus de les diferents espècies de ratpenat en els diferents rodals.



## Annex 14. Dades de les variables ambientals

Codi_nou	Actuació	Àrea(ha)	Temperaturamitjanaestiu(°C)	Temperaturamitjanahivern(°C)	Temperaturaminimahivern(°C)	Pluviometria(mm)
es_t	Tallada	5,74	19,30	4,90	0,60	770,50
es_tc	Tallada i caixes	6,17	19,30	4,90	0,60	770,50
es_c	Control	7,06	19,30	4,90	0,60	770,50
me_t	Tallada	5,31	19,90	5,30	0,30	715,90
me_tc	Tallada i caixes	5,84	19,90	5,30	0,30	715,90
me_c	Control	7,99	19,90	5,30	0,30	715,90
na_t	Tallada	5,16	20,30	5,10	0,50	655,90
na_tc	Tallada i caixes	7,36	20,30	5,10	0,50	655,90
na_c	Control	6,49	20,30	5,10	0,50	655,90
pi_t	Tallada	4,76	20,30	5,10	0,50	655,90
pi_tc(1)	Tallada i caixes	6,81	20,30	5,10	0,50	655,90
pi_c	Control	8,76	20,30	5,10	0,50	655,90

Taula 30 Dades de les variables ambientals pels anàlisis estadístics.



## Annex 15. Dades dels marcatges dels rodals forestals

Sp.-Diàmetre (nºpeus)	es_t	es_tc	es_c	me_t	me_tc	me_c	na_t	na_tc	na_c	pi_t	pi_tc	pi_c
<i>Pinus nigra</i> DN40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Pinus nigra</i> DN40 (anellat)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Pinus nigra</i> DN35	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	8	0
<i>Pinus nigra</i> DN35 (anellat)	0	4	0	0	3	0	0	1	0	0	3	0
<i>Pinus nigra</i> DN30	0	2	0	0	0	0	6	22	0	18	12	0
<i>Pinus nigra</i> DN30 (anellat)	0	4	0	0	2	0	0	1	0	0	6	0
<i>Pinus nigra</i> DN25	0	13	0	0	6	0	33	94	0	36	56	0
<i>Pinus nigra</i> DN25 (anellat)	0	5	0	0	5	0	0	9	0	0	8	0
<i>Pinus nigra</i> DN20	0	64	0	0	24	0	57	131	0	161	162	0
<i>Pinus nigra</i> DN20 (anellat)	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	8	0
<i>Pinus nigra</i> DN15	0	45	0	0	29	0	80	146	0	237	276	0
<i>Pinus nigra</i> DN15 (anellat)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus nigra</i> DN10	0	64	0	0	22	0	97	85	0	336	321	0
<i>Pinus nigra</i> DN10 (anellat)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus nigra</i> DN5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	54	0
<i>Pinus nigra</i> DN5 (anellat)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ballota</i> DN5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ballota</i> DN10	0	24	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ballota</i> DN15	0	7	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ballota</i> DN20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus ballota</i> DN25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus subpyrenaica</i> DN10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus haleapensis</i> DN30 (anellat)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus haleapensis</i> DN25	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Pinus sylvestris</i> DN30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN30 (anellat)	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN25	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN25 (anellat)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN20	0	1	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN15	0	2	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> DN10	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0

**Taula 31** Dades de les espècies d'arbres amb el diàmetres segons futura actuació silvícola.

