

Títol del treball:

Estudi de la capacitat de rebrotada del boix (*Buxus sempervirens*) afectat per la papallona del boix (*Cydalima perspectalis*) a la comarca de la Garrotxa.

Estudiant: Albert Danés Calm

Grau en: Ciències Ambientals

Correu electrònic: albertdanes33@gmail.com

Tutora: Dra. Núria Roura Pascual

Cotutor: Emili Bassols Isamat

Empresa/Institució: Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG)

Vistiplau tutor i cotutor:

Tutora: Dra. Núria Roura Pascual

Cotutor: Emili Bassols Isamat

Empresa/Institució: Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG)

Correus electrònics:
nuria.rourapascual@udg.edu
webassol@gencat.cat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació:

AGRAÏMENTS

Vull agrair a totes les persones que m'han ajudat l'hora de realitzar aquest estudi, ja que sense ells no hagués estat possible, i especialment:

A la Dra. Núria Roura i l'Emili Bassols, com a tutora i cotutor, per la seva atenció, dedicació i per ajudar-me en tots els dubtes durant l'elaboració d'aquest treball.

A en Jordi Artola, per la seva ajuda a l'hora d'ensenyar-me com realitzar la identificació dels boixos.

A tots els amics que m'han acompanyat durant les hores de marcatge de parcel·les.

RESUM

La papallona del boix, *Cydalima perspectalis*, és una espècie exòtica invasora de la família dels cràmbids, que des de la seva introducció de forma accidental a Catalunya s'ha estès ràpidament causant una afectació important al boix (*Buxus sempervirens*) en forma de defoliacions severes i consecutives que han deixat les boixedes dels hàbitats naturals, parcs i jardins en una situació crítica. La primera dada que es té de l'arribada de *C. perspectalis* a Catalunya és el 2014, concretament a la Garrotxa, tot i això, no és fins al 2017 que es va notar el gran impacte que provoca aquesta espècie en els hàbitats naturals.

Per tal de contribuir a millorar el coneixement ecològic de la papallona del boix, s'ha estudiat l'estat dels boixos per així poder determinar el grau d'afectació que tenen i estimar la capacitat de supervivència que presenten. A partir de la cartografia dels hàbitats de Catalunya, s'ha elaborat un mapa on s'han seleccionat els hàbitats de la Garrotxa amb més presència de boix. En aquests hàbitats s'han seleccionat 10 parcel·les i, en cadascuna d'elles, s'han marcat 15 boixos. Els mostrejos s'han realitzat l'any 2019, un a l'estiu, entre els mesos de juliol i setembre, període en el qual les erugues estan més actives i les papallones presenten el seu pic de vol més alt, i un altre a l'hivern, al mes de desembre, quan les larves estan en estat d'hibernació i els boixos no pateixen defoliació.

Els resultats obtinguts mostren que, per una banda, si es comparen els dos mostrejos, la majoria de parcel·les estudiades presenten un empitjorament de l'estat dels boixos, tant en el nombre de rebrots com la distribució que presenten en la planta, provocant la seva concentració a la base del boix. Per altra banda, s'ha observat que hi ha unes parcel·les que mostren una millora en el rebrot, la qual pot ser causada per una afectació retardada. En definitiva, les mitjanes de les parcel·les presenten diferències significatives entre elles, possiblement degut a la variació en les dates de mostreig.

RESUMEN

La mariposa del boj, *Cydalima perspectalis*, es una especie exótica invasora de la familia Crambidae, que desde su introducción de forma accidental en Cataluña se ha extendido rápidamente causando una afectación importante al boj (*Buxus sempervirens*) en forma de severas y consecutivas defoliaciones que han dejado los bojedaes de los hábitats naturales, parques y jardines en una situación crítica. El primer dato que se tiene de la llegada de *C. perspectalis* en Cataluña es del 2014, concretamente en la Garrocha, aun así, no es hasta el 2017 que se notó el gran impacto que provoca esta especie en los hábitats naturales.

Por tal de contribuir a mejorar el conocimiento ecológico de la mariposa del boj, se ha estudiado el estado de los bojes por así poder determinar el grado de afectación que tienen y estimar la capacidad de supervivencia que presentan. A partir de la cartografía de los hábitats de Cataluña, se ha elaborado un mapa donde se han seleccionado los hábitats de la Garrocha con más presencia de boj. En estos hábitats se han seleccionado 10 parcelas y, en cada una de ellas, se han marcado 15 bojes. Los muestreos se han realizado el año 2019, uno en verano, entre los meses de julio y septiembre, periodo en el cual las orugas están más activas y las mariposas presentan su pico de vuelo más alto, y otro en invierno, el mes de diciembre, cuando las larvas están en estado de hibernación y los bojes no padecen defoliación.

Los resultados obtenidos muestran que, por una banda, si se comparan los dos muestreos, la mayoría de las parcelas estudiadas presentan un empeoramiento del estado de los bojes, tanto en el número de rebrotes como en la distribución que presentan en la planta, provocando su concentración a la base del boj. Por otra banda, se ha observado que hay unas parcelas que muestran una mejora en el rebrote, la cual puede ser causada por una afectación retardada. En definitiva, las medias de las parcelas presentan diferencias significativas entre ellas, posiblemente debido a la variación en las datas de muestreo.

ABSTRACT

The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, is an invasive alien species of the Crambidae family. Since it was accidentally introduced in Catalonia it has rapidly spread causing significant damage to the box tree (*Buxus sempervirens*) with severe and consecutive defoliations that have left the box tree population of natural forests and urban areas in a critical situation. The first data of the arrival of *C. perspectalis* in Catalonia was in 2014, specifically in la Garrotxa although it wasn't until 2017 that the great impact of this species on natural habitats was noticed.

In order to contribute to improve the ecological knowledge of the box tree moth, the condition of the box trees was studied to determine the affectation degree and estimate the capacity of survival that they present. From the cartography of the habitats of Catalonia, a map has been drawn up where the Garrotxa habitats have been selected with more box tree presence. In these habitats 10 plots have been chosen and in each of them 15 box trees have been marked. The samplings were performed in 2019, one in summer, between July and September, when caterpillars are more active and butterflies show their highest flight peak, and another in winter, in December, when larvae are in a state of hibernation and box trees don not suffer defoliation.

Comparing the two samples, results show that on the one hand, most of the plots studied are in a deterioration in the state of the box trees, both in the number of sprouts and the distribution they present in the plant, causing its concentration at the base of the box tree. On the other hand, it has been observed that there are plots showing an improvement in the sprouting, which can be caused by a delayed affectation. In short, plot averages show significant differences between them, possibly due to variation in sampling dates.

1.	INTRODUCCIÓ.....	1
2.	OBJECTIUS	2
3.	ESPÈCIES OBJECTE D'ESTUDI	3
3.1.	Descripció i biologia de la papallona del boix	3
3.2.	Morfologia del boix	4
4.	METODOLOGIA.....	5
4.1.	Zona d'estudi.....	5
4.2.	Elaboració del mapa d'hàbitats.....	5
4.3.	Selecció dels hàbitats	6
4.4.	Criteris de selecció de les parcel·les.....	8
4.5.	Època de mostreig.....	8
4.6.	Localització de les parcel·les	9
4.7.	Criteris de selecció dels boixos objecte de mostreig dins de les parcel·les	12
4.8.	Sistema de marcatge.....	12
4.9.	Fitxa de camp	12
5.	RESULTATS.....	15
5.1.	Característiques morfològiques	15
5.2.	Anàlisi de l'estat de conservació	15
5.3.	Anàlisi dels rebrots.....	16
5.4.	Anàlisi de la presència d'erugues	22
5.5.	Anàlisi de les variables categòriques.....	23
6.	DISCUSSIÓ	24
6.1.	Estat general dels boixos a la Garrotxa	24
6.2.	Diferències en l'estat dels boixos entre parcel·les.....	24
6.3.	Protocol de seguiment de l'estat dels boixos	25
7.	CRITÈRIS ÈTICS I DE SOSTENIBILITAT	26
8.	CONCLUSIONS	26
9.	BIBLIOGRAFIA.....	27

1. INTRODUCCIÓ

Les invasions biològiques constitueixen una amenaça seriosa per a la conservació de la biodiversitat i del funcionament dels ecosistemes (Lodge, 1993, Vitousek et al. 1997, Mack et al., 2000, Sala et al., 2000, Thuiller et al., 2007). La magnitud d'aquesta amenaça continuarà creixent mentre el comerç internacional i el turisme segueixin augmentant i, mentre el clima i els usos del sòl continuïn canviant (Hulme, 2009, Vilà & Ibáñez, 2011).

A Europa, la taxa d'establiment d'espècies exòtiques gairebé s'ha duplicat en les darreres dècades, passant d'una mitjana de 10,9 espècies per any al període 1950-1974 a unes 19,6 espècies per any el 2000-2008 (Roques 2010). La majoria d'espècies d'insectes que han arribat durant les últimes dècades són invasors per primera vegada, ja que mai han estat classificats com a invasius en altres llocs (Seebens et al. 2018). La majoria dels nous insectes invasors són originaris d'Àsia (Roques 2010), amb una proporció cada vegada més gran d'espècies fitòfagues (Roques et al. 2016) probablement relacionat amb els canvis recents en les pràctiques comercials, especialment en l'augment de magnitud en el moviment de plantes vives a escala mundial (Liebhold et al., 2012; Eschen et al., 2014; Essl et al., 2015).

Pel que fa a Catalunya, és una de les àrees amb major concentració d'espècies exòtiques d'Espanya i d'Europa (Gassó et al., 2009). L'elevat grau d'antropització del paisatge, la gran densitat de població, els intercanvis de persones i mercaderies i la bondat del clima mediterrani faciliten l'entrada i l'establiment d'aquestes espècies al nostre territori (Pino et al., 2005). Segons el projecte EXOCAT (Andreu, J. & Pino, J., 2013), on s'ha elaborat la primera base de dades d'espècies exòtiques de Catalunya, s'han detectat un total de 1.067 espècies exòtiques introduïdes al medi natural, on només un 10% han estat classificades com a invasores. Del total d'espècies, un 13% són invertebrats terrestres, dins d'aquests, un 19% són de l'ordre dels lepidòpters.

La papallona del boix (*Cydalis perspectalis*) és una espècie originària de les regions subtropicals humides de la Xina, Japó i Corea. Va arribar a Europa l'any 2007, on es va detectar per primera vegada al sud-oest d'Alemanya a la ciutat de Weil am Rhein, on fa frontera Alemanya, Suïssa i França. Tot sembla indicar que va ser introduïda de manera accidental, transportada involuntàriament enmig de plantes ornamentals del gènere *Buxus* (Krüger, 2008; Käppeli, 2008; Muss et al., 2009; Sigg, 2009). A partir d'aquí es va anar estenent pels països veïns del centre i sud d'Europa, ja que és una espècie amb una alta capacitat invasiva. Les condicions climàtiques i ecològiques d'Europa n'han afavorit la seva expansió, a més, aquest procés s'ha vist accelerat a causa del constant transport de mercaderies (Krüger, 2008; Feldtrauer et al., 2009; Muus et al., 2009; Sigg, 2009; Leuthardt et al., 2010; Van der Straten & Muus, 2010). La primera notícia de la seva arribada a la península Ibèrica va ser a la localitat d'Entrambasaguas (Cantàbria) el setembre del 2013. Després d'aquesta observació, només hi ha una referència el maig del 2014 de presència de *C. perspectalis* en unes tanques de boix del municipi de Tomiño, al sud de la província de Pontevedra (Galícia). El juliol del 2014 es va detectar per primera vegada a Catalunya, concretament a la població de Besalú (Garrotxa) (Bassols & Oliveras, 2014). Quan va arribar a la Garrotxa, les boixedes de les fondalades humides i vora torrents ja estaven en un estat de conservació precari a causa de l'atac d'un fong el qual se'n desconeix l'espècie. Aquest va ser detectat el 2008 a la Vall de Bianya, i ha anat provocant danys en anys successius que han anat variant la intensitat segons la mitjana i el règim de distribució anual de les precipitacions (Artola et al., 2018). Actualment la papallona segueix dispersant-se per les comarques limítrofes (Ripollès, Osona, La Selva) i també s'ha detectat a indrets del sud de Catalunya i a la Vall d'Aran (Generalitat de Catalunya - Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, 2019).

A la Garrotxa, no va ser fins al 2017 quan van començar a ser greus per les boixedes naturals. Les larves s'alimenten de les fulles d'aquest arbust i en provoquen la seva defoliació. La persistència dels atacs de la larva a les boixedes de la Garrotxa van causar una defoliació molt severa fins al punt que va provocar una pèrdua de la capacitat fotosintètica de les plantes. Inicialment, les erugues joves només mengen parènquima de les fulles, les quals queden només amb les nervacions centrals. En canvi, les erugues més velles arriben a provocar defoliacions completes. Un cop el boix queda sense fulles, ataquen l'escorça fins a dessecar-la. Aquest fet és especialment important en atacs successius al llarg dels anys, en combinació amb períodes de sequera (Conselleria Medi Ambient Agricultura i Pesca, 2017).

Els tractaments contra la papallona del boix són eficaços quan són utilitzats en l'àmbit de jardineria, però quan es tracta d'aplicar-lo al bosc és més complex i costós, ja que no es pot tenir controlada una zona tan gran. A més, el fet d'eliminar la presència de *C. perspectalis* d'una zona no significa que el boix no torni a patir l'afectació més endavant, ja que en ser un lepidòpter pot desplaçar-se fàcilment i buscar els boixos que han estat tractats l'any anterior, que es troben en més bon estat. En ser una espècie invasora no compta de gaires depredadors i això li permet defoliar tot el boix que té al seu abast, a més, les erugues contenen diversos dels alcaloides tòxics presents en els boixos (Leuthardt et al., 2013).

Les conseqüències que té la defoliació del boix són principalment:

- **Risc d'incendi:** Els boixos queden secs a causa de la defoliació que els hi provoca l'eruga. La presència d'un volum molt gran de matèria seca incrementa el risc d'incendi (Boutte, Baubet, & Mariton, 2019).
- **Erosió:** L'eliminació del sotabosc provoca que quan hi hagi pluges, l'aigua no s'infiltri i provoqui una erosió superficial més gran.
- **Alteració ecosistema:** La mort dels boixos provoca un canvi en la successió ecològica a causa de la modificació de la coberta del sòl, provocant una alteració important de l'ecosistema forestal (John & Schumacher, 2013; Kenis et al., 2013).

Davant d'aquesta situació, aquest estudi pretén analitzar l'afectació que pot acabar tenint aquesta espècie invasora en el boix a llarg termini, ja que podria causar la desaparició d'un gran nombre de boixos i en estendre's ràpidament podria afectar altres zones de Catalunya on encara no ha arribat. És necessari dur a terme aquest estudi, ja que el boix és una espècie present en moltes comunitats forestals del nostre país.

2. OBJECTIUS

The general objective of this study is to examine the affectation of *Cydalima perspectalis* on *Buxus sempervirens*. Specifically, we want to:

- Contribute knowing the extent of the affectation of the box tree in la Garrotxa.
- Contribute knowing the odds of survival of the box tree affected by *C. perspectalis* in la Garrotxa.
- See if there is a correlation between the box tree affectation and the habitats.
- Develop a monitoring protocol that may be applicable to other areas where the box tree moth has not yet arrived or is in the process of being affected.

3. ESPÈCIES OBJECTE D'ESTUDI

3.1. Descripció i biologia de la papallona del boix

La papallona del boix és un lepidòpter de la família dels cràmbids. Les larves d'aquest lepidòpter són monòfagues, és a dir, només s'alimenten d'espècies del gènere *Buxus* (Leuthardt & Baur, 2013). La seva capacitat per desenvolupar-se en diferents hostes que no siguin boixos s'ha descartat (Van der Straten & Muus, 2010; Wan et al., 2014; Matosevic et al., 2017). Pot atacar per igual els individus que es troben en els boscos com els que són utilitzats en jardineria.

L'adult mesura fins a 40 mm de punta a punta de les ales, les quals són blanques amb reflexos metàl·lics i amb una banda marró fosc que envolta l'àrea discal (Figura 1a). Existeix una altra forma d'adult, menys freqüent, que té les ales marrons. El vol dels adults es produeix generalment entre finals de maig i principis de juny i pot cobrir llargues distàncies (Brua, 2013). En l'època de vol es pot observar un gran nombre d'individus volant a prop dels punts de llum.

La femella adulta fa la posta al revers de les fulles, en grups de 5 a 20 ous, els quals mesuren entre 0,8 i 1 mm. Segons dades de tècnics de Catalunya, una femella pot posar fins a 900 ous (Conselleria Medi Ambient Agricultura i Pesca, 2017). Les larves acabades d'emergir de l'ou són de color groc i d'aspecte brillant i a mesura que evolucionen es van tornant de color verd (Figura 1b). L'eruga juvenil passa l'hivern en diàpaua, protegida entre dues fulles de boix unides per fils de seda formant una càpsula (Figura 1c). Les larves joves són susceptibles a la inducció de la diàpaua quan les hores de llum diària baixen per sota del llindar mínim. Els resultats de López & Eizaguirre (2019) mostren que les larves van entrar en diàpaua principalment al 3r i 4t estadi larvari. Les pupes o crisàlides fan entre 1,5 i 2 mm de longitud i estan protegides per una xarxa de fils de seda, aquesta fase té una duració d'entre 10 i 14 dies (Figura 1d).

En ser una espècie multivoltina, que té diverses generacions dins el mateix any, el nombre de generacions anuals fluctua en funció de les condicions climàtiques (Pérez-Otero et al. 2018). Per això es va dissenyar un estudi a la Garrotxa (Artola et al., 2018) per determinar la durada de les diferents fases de desenvolupament i esbrinar-ne la fenologia anual. Es va obtenir que *C. perspectalis* ha completat tres generacions l'any 2018. Pel que fa al 2019 ha completat dues generacions (Artola, 2019) i en l'àrea de distribució original és capaç d'arribar a les cinc generacions (Perny, 2010).

Cada un dels estadis del cicle biològic (ou, larva, pupa) necessita una temperatura mínima per activar-se i també existeix una temperatura màxima per sobre la qual el desenvolupament s'atura, tenint en compte la situació geogràfica de la Garrotxa, s'han extrapolat les temperatures llindar i s'ha obtingut: 11,2 °C per a ous, 9,2 °C per a larves i 11,7 °C per a pupes (Artola et al., 2018). Pel que fa al desenvolupament larval, com més llarg és el fotoperíode i més temperatura hi ha, més ràpid és el desenvolupament. En canvi, quan el fotoperíode és curt i les temperatures baixen, es mantenen en estat de diàpaua. L'augment de temperatura pot produir no només un temps de desenvolupament més reduït i una expansió a latituds més altes, sinó també retardar la inducció de la diàpaua a la tardor provocant una altra generació completa (López & Eizaguirre, 2019).



Figura 1. Fotografies de la papallona del boix en diferents estadis: (a) adult, (b) eruga, (c) eruga en diapausa, i (d) crisàlide o pupa.

3.2. Morfologia del boix

El boix és una planta de la família de les buxàcies. Són arbres perennifolis que poden arribar als 8-10 m d'alçada, que gairebé mai arriben a desenvolupar-se del tot i resta com un arbust amb moltes fulles de branques oposades. L'espècie nativa del sud d'Europa, Àsia Occidental i nord d'Àfrica, utilitzada durant segles com a planta ornamental i que creix de forma silvestre en el sotabosc i marges de boscos és el *Buxus sempervirens*. Principalment creix en llocs humits, calcaris i poc rics en nitrogen. Segons l'estudi de Teixidó (2016) el boix és més vigorós a la solana que en l'obaga, i això pot estar relacionat amb la disponibilitat més gran de llum. Es caracteritza pel seu dens fullatge, sempre verd. En estat silvestre, el boix creix en llocs transitats, boscos profunds i ombrívols. És un arbust monoic, molt ramificat i de creixement lent. Les fulles són simples, ovalades i els brots tendres són peluts. Floreix des del mes de gener fins al març i fructifica al maig i al juny (ANEGX, 2014), el fruit és una càpsula de forma coriàcia que conté 6 llavors al seu interior. És una espècie molt resistent a les condicions hídriques, lumíniques i de temperatura. En l'escorça de tiges i arrels, així com en les fulles, conté un alcaloide anomenat buxina, molt poc soluble en aigua (Font, 2015).

4. METODOLOGIA

La metodologia es pot dividir en dues parts. La primera consisteix en l'elaboració de la cartografia d'hàbitats del boix a la Garrotxa, per tal d'identificar les zones amb presència d'aquest arbust. Mentre que a la segona s'identifiquen les parcel·les i els boixos mostrejats en els hàbitats amb més superfície i dels quals s'ha extret una sèrie de dades per estudiar l'afectació de *C. perspectalis* en els boixos.

4.1. Zona d'estudi

L'àrea d'estudi es concentra a la comarca de la Garrotxa, la qual té una extensió de 735,39 km², situada a les comarques gironines, a la zona nord-oriental de Catalunya. La major part de la superfície de la comarca es troba a menys de 600 m d'altitud i les muntanyes més altes no superen els 1.600 m.

A la Garrotxa, s'hi troba el Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, que ocupa la zona central de la comarca, situat en una depressió tancada per serres de roques sedimentàries calcàries del terciari, i amb un conjunt de falles que han propiciat l'activitat volcànica. Destaca pel seu paisatge volcànic amb més de quaranta volcans. Cap al nord, el paisatge canvia radicalment, es torna més abrupte i escarpat, donant pas a l'Alta Garrotxa, una àrea declarada Espai d'Interès Natural.

4.2. Elaboració del mapa d'hàbitats

Gràcies al Dr. Albert Ferré (Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació, Universitat de Barcelona) i a les gestions del Sr. Joaquim Bach (Servei de Planificació de l'Entorn Natural, Departament de Territori i Sostenibilitat) es va obtenir la llista d'hàbitats i la cartografia més recent de la Cartografia dels Hàbitats de Catalunya (2018) a escala 1:50.000. Cadascun d'aquests hàbitats té identificats les espècies vegetals més importants que hi són presents i aquestes, estan classificades en 3 categories segons l'abundància que tenen:

- Hàbitats on l'espècie és dominant (D).
- Hàbitats on l'espècie és abundant (A).
- Hàbitats on l'espècie és present (P).

A partir d'aquesta llista es van seleccionar els hàbitats amb presència de boix i es va elaborar els mapes amb el programari lliure QGIS. En el conjunt de Catalunya, s'han identificat 66 hàbitats on el boix és dominant, 27 hàbitats on és abundant i 37 hàbitats on hi és present. Aquests hàbitats conjuntament sumen 1.108.214 ha de superfície total (Figura 2). Pot ser que en alguns casos concrets la presència real de boix en una localitat difereixi del considerat estàndard per aquell hàbitat.

HÀBITATS DE CATALUNYA AMB PRESENCIA DE BOIX

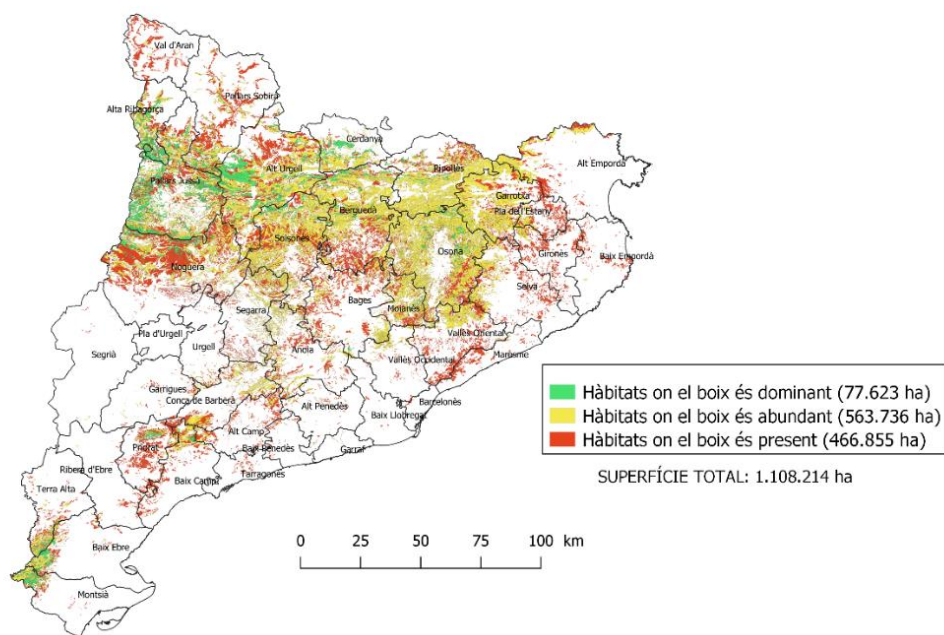


Figura 2. Mapa dels hàbitats de Catalunya amb presència de boix. Font: Elaboració pròpia a partir de la Cartografia dels hàbitats de Catalunya proporcionat pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la Universitat de Barcelona.

4.3. Selecció dels hàbitats

Un cop obtingut el mapa dels hàbitats amb presència de boix a nivell de Catalunya, s'extreu la informació a escala de la comarca de la Garrotxa, àmbit del present estudi (Figura 6).

HÀBITATS DE LA GARROTXA AMB PRESENCIA DE BOIX

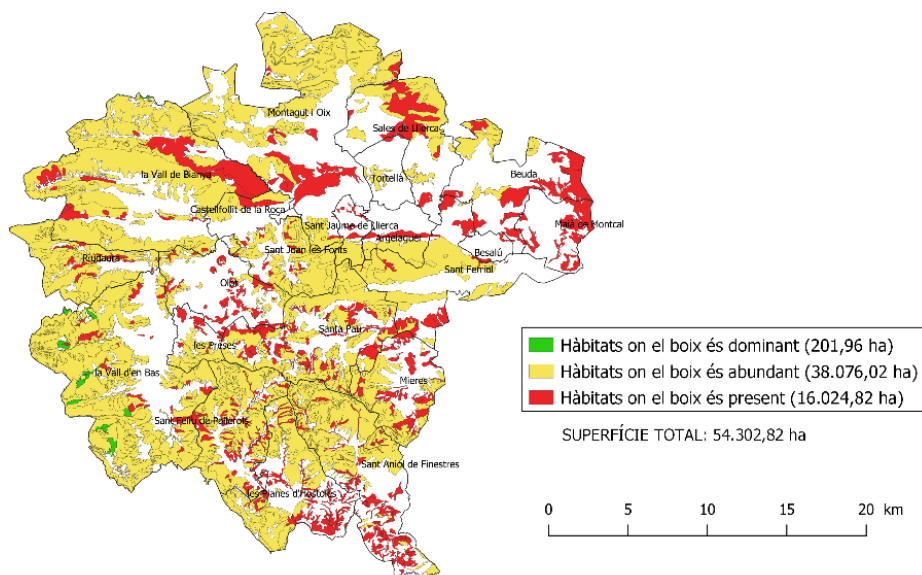


Figura 3. Mapa dels hàbitats de la Garrotxa amb presència de boix. Font: Elaboració pròpia a partir de la Cartografia dels hàbitats de Catalunya proporcionat pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la Universitat de Barcelona.

La majoria de superfície forestal de la Garrotxa està formada per hàbitats on el boix és abundant (Figura 3). Com que la comarca de la Garrotxa és una de les primeres on va arribar la

papallona del boix, actualment gran part d'aquests hàbitats presenten una afectació severa. Per tant, el punt de partida de l'estudi és amb boixos que ja han estat defoliats en anys anteriors i que presenten una certa capacitat de rebrot. En el 2019, la plaga a la Garrotxa ha baixat d'intensitat, suposant que és degut a la manca de recurs tròfic per alimentar les larves.

A continuació, es calculen les hectàrees de cadascun dels hàbitats amb presència de boix per saber quins tenen major superfície i així determinar on aniran situades les parcel·les i en quin nombre (Taula 1).

Taula 1. Hàbitats amb presència de boix a la Garrotxa. Font: Elaboració pròpia a partir dels hàbitats proporcionats pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la Universitat de Barcelona.

HÀBITATS GARROTXA	HECTÀREES (ha)	PERCENTATGE (%)	CATEGORIA	PARCEL·LES
Alzinars muntanyencs	21.026	38,72	A	4
Rouredes de roure martinenc	8.206,73	15,11	A	2
Fagedes mesòfiles i xeromesòfiles	6.063,74	11,17	A	1
Pinedes de pi roig	5.032,70	9,27	P	1
Boscus mixtos d'alzina i roures	3.310,20	6,10	P	1
Boscus mixtos d'alzina i pins	2.247,61	4,14	P	1
Boscus mixtos de roure martinenc i pi roig	1.420,99	2,62	A	-
Tremoledes	1.048,28	1,93	P	-
Bardisses mesòfiles	938,06	1,73	P	-
Avellanoses mesohigròfiles dels barrancs i fondals ombrívols	752,33	1,39	P	-
Freixenedes	580,11	1,07	A	-
Rouredes sovint amb alzines	553,22	1,02	P	-
Fagedes higròfiles pirinenques	511,61	0,94	P	-
Rouredes silícioles	491,87	0,91	P	-
Fagedes acidòfiles pirenaicooccitanes	373,26	0,69	P	-
Boscus mixtos de faig i pi roig	354,02	0,65	A	-
Pinedes mixtes de pi blanc i pinassa	258,61	0,48	P	-
Pinedes de pinassa dels Prepirineus	237,45	0,44	A	-
Avellanoses mesòfiles o mesoxeròfiles	206,09	0,38	A	-
Boixedes	201,96	0,37	D	-
Landes de gódua acidòfiles i mesòfiles	160,23	0,30	P	-
Pinedes de pi roig neutrobasòfiles i mesòfiles	68,89	0,13	A	-
Boscus caducifolis mixtos higròfils	67,66	0,12	A	-
Ginebredes	53,44	0,10	P	-
Pinedes de pinassa de les muntanyes mediterrànies	44,24	0,08	A	-
Avellanoses mesohigròfiles d'ambients frescals	39,83	0,07	P	-
Pinedes de pi roig calcícoles i mesòfiles	26,00	0,05	A	-
Boscus mixtos amb abundància d'auró blanc mesòfils i eutròfics	10,60	0,02	A	-
Prats basòfils i xeròfils	6,11	0,01	P	-
Rouredes de roure sessiliflor	5,23	0,01	P	-
Cadequers no litorals	4,78	0,01	P	-
Pinedes de pi roig calcícoles i xeròfiles	0,95	0,002	A	-
TOTAL	54.302,82	100,00	-	10

S'han seleccionat les parcel·les a partir del percentatge proporcional distribuït-se en els sis hàbitats que ocupen més superfície a la comarca (Taula 1). S'han mostregat un total de 10 parcel·les. Els hàbitats seleccionats per fer-hi les parcel·les constitueixen el 85% del total dels hàbitats amb presència de boix de la Garrotxa (Figura 4). Els altres hàbitats s'han descartat, ja que el percentatge és molt reduït.

HÀBITATS SELECCIONATS DE LA GARROTXA AMB PRESENCIA DE BOIX

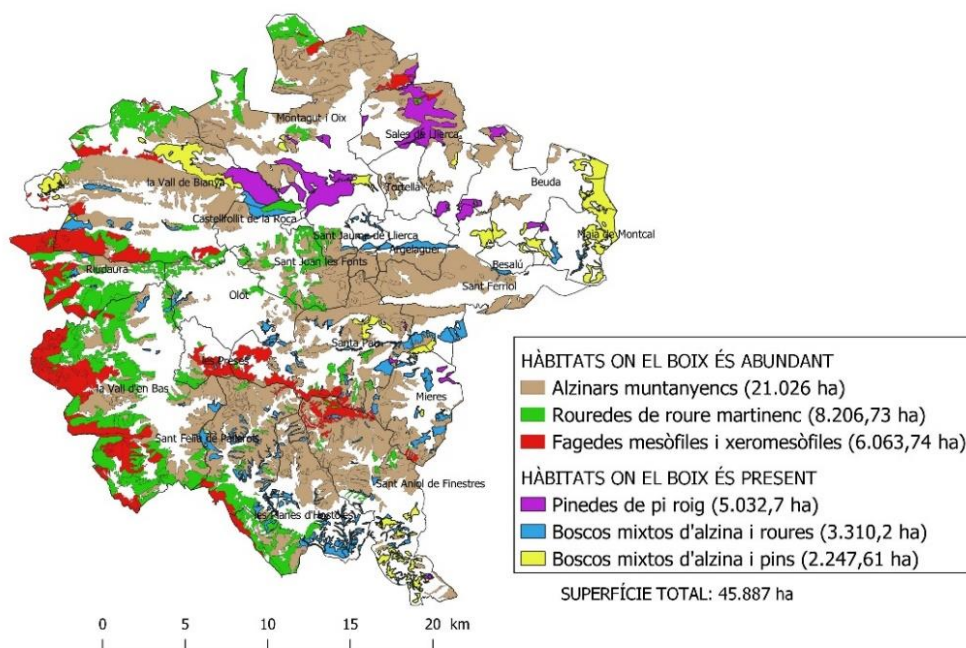


Figura 4. Mapa dels hàbitats amb presència de boix seleccionats per l'estudi a la comarca de la Garrotxa. Font: Elaboració pròpia a partir de la Cartografia dels hàbitats de Catalunya proporcionat pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la Universitat de Barcelona.

4.4. Criteris de selecció de les parcel·les

Les 10 parcel·les s'han seleccionat en funció dels següents criteris:

- Correspondència de la parcel·la de mostreig amb l'hàbitat prèviament seleccionat: Les parcel·les seleccionades han de tenir les espècies arbustives dels hàbitats seleccionats per tal que la selecció sigui correcta. A més, les parcel·les han de formar part dels hàbitats anteriorment descrits.
- Accessibilitat: Per tal de facilitar l'elaboració de les parcel·les és necessari que l'accés sigui proper a zones transitables però mínimament camuflades, per tal que no estiguin a la vista de tothom. A més, com que es faran successius mostrejos durant aquest estudi permetrà que la identificació sigui més ràpida.
- Abundància de boix: Les parcel·les han de contenir un mínim de cobertura de boix per tal que es puguin marcar tots els boixos i així completar la fitxa de camp i les dades siguin representatives.

4.5. Època de mostreig

En aquest estudi s'han realitzat dos mostrejos. El primer entre els mesos de juliol i setembre, on es va dur a terme la identificació de la parcel·la i el marcatge dels boixos. El segon es va dur a terme al mes de desembre, on es van revisar els boixos marcats del primer mostreig. Es van escollir aquests dos moments perquè en el primer mostreig es pot observar l'època on hi ha més erugues actives i en el segon mostreig les erugues estan en diàpaua i no provoquen defoliació.

El període de vol de *C. perspectalis* a la Garrotxa l'any 2019 va començar el 21 de juny i les últimes captures es van realitzar el 15 de novembre, presentant el seu màxim el 12 de juliol. La primera generació d'adults s'acaba a principis d'agost i a mitjans de setembre s'inicia un segon període de vol que s'allarga fins a la primera setmana de novembre (Figura 5) (Artola, 2019). Hi

ha hagut només dues generacions d'adults que corresponen als dos pics principals d'activitat. Tot i que al segon vol s'hi observen dos pics, aquests són deguts a fluctuacions en l'activitat de les papallones i a les condicions ambientals d'aquest període.

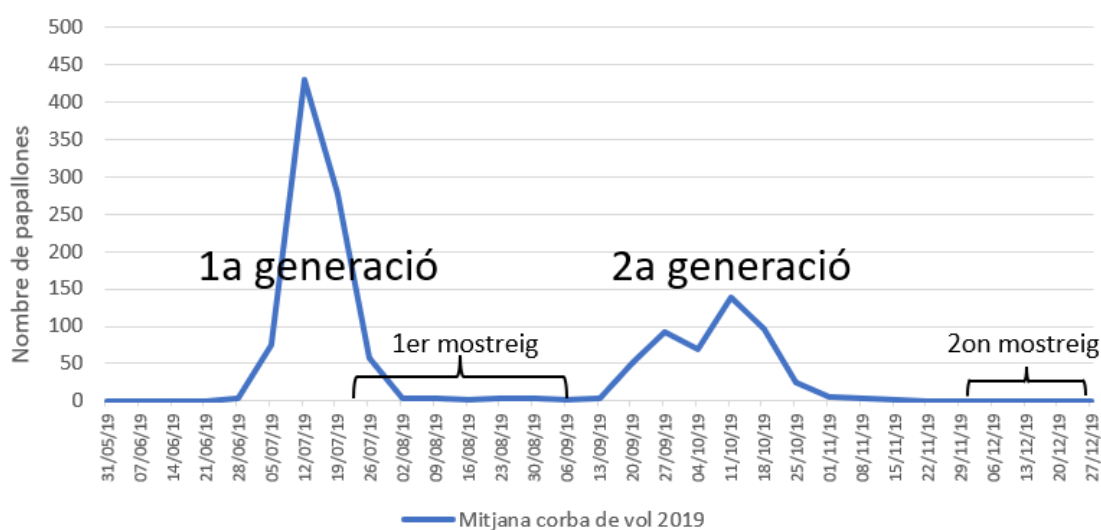


Figura 5. Intervals de mostreig i mitjana de la corba de vol dels adults de *Cydalima perspectalis* amb la representació dels pics de vol i les diferents generacions que ha completat aquest 2019. Font: Artola (2019)

4.6. Localització de les parcel·les

Les 10 parcel·les seleccionades es troben localitzades en els següents punts:

Taula 2. Hàbitats de la Garrotxa on hi ha localitzades les parcel·les amb les respectives cotes altimètriques, coordenades i dates de mostreig.

	Hàbitat	Localització	Municipi	Altitud (m)	Coordenades X,Y	Dates mostreig	
						1er	2on
1	Alzinar	Camí Mas el Puig	Begudà (Sant Joan les Fonts)	410	462708 , 4671656	24/07/19	22/12/19
2	Alzinar	Carretera d'Oix a Beget	Montagut i Oix	525	461992 , 4680827	28/08/19	24/12/19
3	Alzinar	Muntanya pelada	Olot	530	456056 , 4669528	02/09/19	24/12/19
4	Alzinar	La Cadamont	La Canya (Sant Joan les Fonts)	400	457812 , 4673985	31/07/19	19/12/19
5	Roureda de roure martinenc	El Perer del Corb	Fageda d'en Jordà (Santa Pau)	530	458627 , 4665954	22/07/19	27/12/19
6	Roureda de roure martinenc	Cal Sordet	Sant Joan les Fonts	320	461318 , 4673611	31/07/19	23/12/19
7	Fageda	Can Jordà	Fageda d'en Jordà (Santa Pau)	580	459846 , 4665941	22/07/19	27/12/19
8	Pineda de pi roig	Carretera d'Oix	Montagut i Oix	460	461752 , 4678026	28/08/19	03/12/19
9	Bosc mixt d'alzina i pi	Camí de Llongarriu	Vall del Bac (Vall de Bianya)	625	454469 , 4678694	01/08/19	09/12/19
10	Bosc mixt d'alzina i roure	Camí Castellar de la Muntanya	Castellar de la Muntanya (Vall de Bianya)	620	458837 , 4675951	02/08/19	09/12/19

Aquestes parcel·les estan distribuïdes per la comarca de la Garrotxa seguint els criteris de selecció abans esmentats (Figura 6).

LOCALITZACIÓ DE LES PARCEL·LES EN ELS HÀBITATS

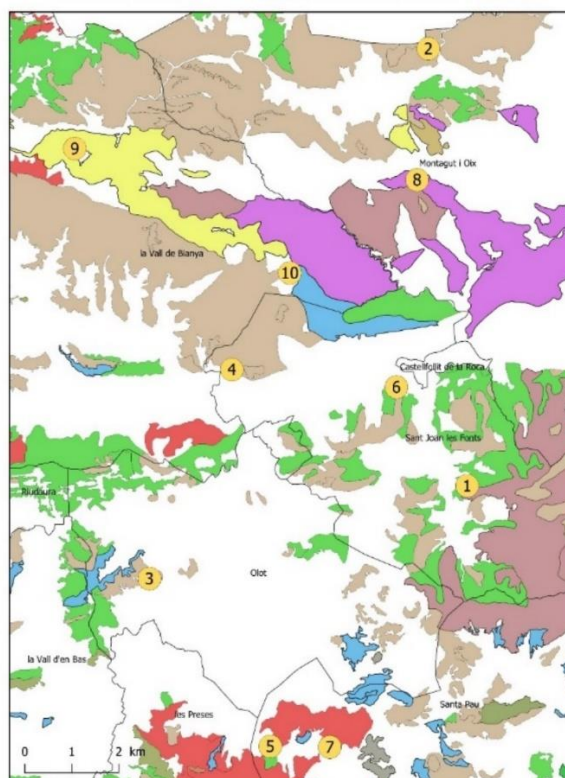


Figura 6. Mapa de les parcel·les situades en els diferents hàbitats seleccionats de la Garrotxa. Els hàbitats són els representats a la Figura 4. Font: Elaboració pròpia a partir de la Cartografia dels hàbitats de Catalunya proporcionat pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la Universitat de Barcelona.

Les parcel·les seleccionades tenen les següents característiques:

- 1) **Camí Mas el Puig:** Alzinar muntanyenc. Els boixos són de mida mitjana, poc ramificats amb presència de molsa al tronc. Poc pendent (Figura 7a).
- 2) **Carretera d'Oix a Beget:** Alzinar muntanyenc, on els boixos són de mida petita i estan ramificats. Hi ha poc pendent i el terreny és rocós (Figura 7b).
- 3) **Muntanya pelada:** Alzinar muntanyenc. Els boixos tenen una mida petita-mitjana i estan poc ramificats. Zona amb força pendent (Figura 7c).
- 4) **La Cadamont:** Alzinar muntanyenc, on els boixos són de mida petita i estan força ramificats. Està situat en una clariana on hi ha poc pendent (Figura 7d).
- 5) **El perer del Corb:** Roureda de roure martinenc on els boixos presenten unes ramificacions importants. Són de mida gran i estan situats a una zona amb poc pendent (Figura 7e).
- 6) **Cal Sordet:** Roureda de roure martinenc on els boixos són de mida mitjana-gran, es troben localitzats en una clariana. No són gaire ramificats (Figura 7f).
- 7) **Can Jordà:** Fageda on els boixos són de mida petita i ramificats. Hi ha força pendent i poca incidència de llum (Figura 7g).
- 8) **Carretera d'Oix:** Pineda de pi roig on els boixos tenen una mida gran i hi ha força pendent. Alguns boixos presenten molsa en el tronc. Són espigats i presenten poca ramificació (Figura 7h).
- 9) **Camí de Llongarriu:** Bosc mixt d'alzina i pi on els boixos són de mida petita-mitjana i estan ramificats. Hi ha poc pendent (Figura 7i).
- 10) **Camí Castellar de la muntanya:** Bosc mixt d'alzina i roure on els boixos tenen una mida gran i són espigats. Zona amb molt pendent, situat a prop d'un camí (Figura 7j).

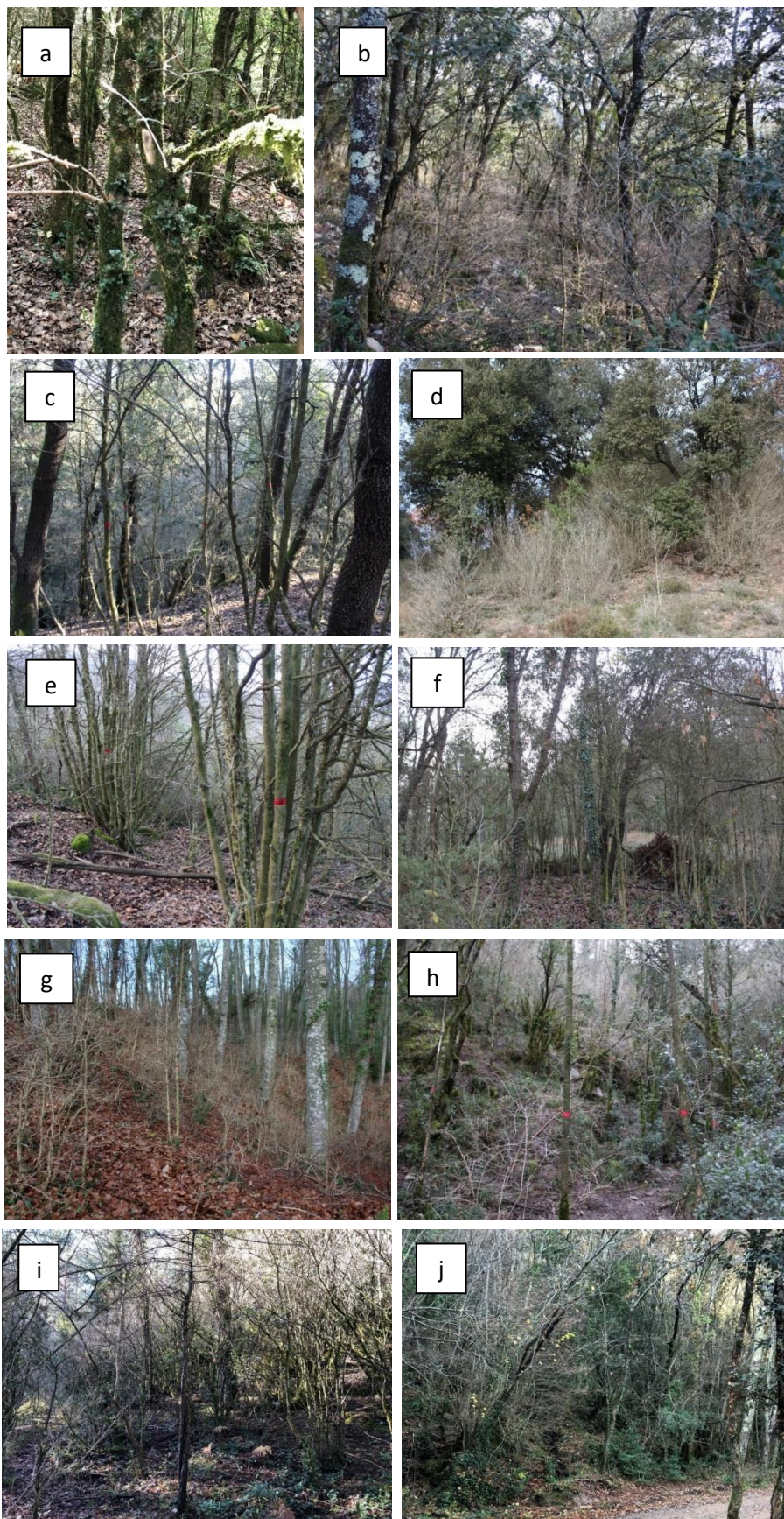


Figura 7. Fotografies dels hàbitats on hi ha les diferents parcel·les: (a) Camí Mas el Puig, (b) Carretera d'Oix a Beget, (c) Muntanya pelada, (d) La Cadamont, (e) El perer del Corb, (f) Cal Sordet, (g) Can Jordà, (h) Carretera d'Oix, (i) Camí de Llongarriu, (j) Camí Castellar de la muntanya.

4.7. Criteris de selecció dels boixos objecte de mostreig dins de les parcel·les

Un cop seleccionades les 10 parcel·les a mostrejar, es van seleccionar 15 boixos aleatòriament a cada parcel·la en funció dels següents criteris:

- Grau d'afectació dels boixos: A cada parcel·la s'han seleccionat boixos amb diferents graus d'afectació, ja que així es pot observar les diferències entre boixos amb rebrot i sense en futures revisions. L'estudi està enfocat per identificar boixos que pateixen una afectació i presenten pocs rebrots els quals es poden mesurar, ja que la identificació dels individus en bon estat pot ser difícil a causa del gran nombre de rebrots que presenten.
- Mida dels boixos: A cada parcel·la s'han seleccionat els boixos amb varietat d'alçades perquè així s'observi si el rebrot és més important en els de mida petita o més gran.
- Proximitat entre boixos: Se seleccionen els individus que estiguin propers entre ells per tal de facilitar la localització i la identificació.
- Nombre de boixos marcats: S'han marcat un total de 15 boixos per parcel·la per tal que la identificació i les revisions es puguin dur a terme en el termini establert.

4.8. Sistema de marcatge

La identificació dels 150 boixos (10 parcel·les × 15 boixos/parcel·la) es va realitzar utilitzant cinta aïllant de color vermell i numerada, la qual se situa a una alçada mitjana del boix per facilitar la identificació i es grapa per tal de reforçar-ho (Figura 8).



Figura 8. Marcatge utilitzat en els boixos de les parcel·les.

4.9. Fitxa de camp

La fitxa utilitzada per la caracterització de boixos (Taula 3) ha estat proporcionada pel Sr. Jordi Artola, però es va modificar per tal d'adaptar-la a les necessitats d'aquest estudi.

Taula 3. Fitxa d'identificació dels boixos. Font: Elaboració pròpia a partir de la fitxa utilitzada per Artola (2019).

Localitat:						Data:			Observador:				
Boix	Alçada	Perímetre del peu més gran	Estat de conservació	Escorça menjada	Parts mortes	Presència de rebrots (Sí/No)	Tipologia dels rebrots	On ?	Alçada màx. rebrot	Distància màx. rebrot	Longitud rebrot més gran	Nombre rebrots aprox.	Nombre erugues en 20 rebrots
1													
2													
3													
...													

Estat de conservació (a= amb larves, b= sense larves) 1-Bo 2-Indicis d'afectació (=defoliació) 3-Afectació mitjana 4-Afectació severa 5-Totalment defoliat	Tipologia rebrots: 1- Sèssils (Menys de 5 cm) 2- Monoramificats (Entre 5 i 10 cm) 3- Monoramificats (Més de 10 cm) 4- Pluriramificats (Més d'una branca)
Escorça menjada en: a) Tronc, as) Base del tronc, b) Tronc secundari, c) Branques	Número de rebrots: 0, 1-10, 11-25, 26-50, 51-100
Parts mortes: a) Tronc, b) Tronc secundari, c) Branques	

Les diferents variables que conté la fitxa i que s'analitzen durant els dos mostrejos són:

- Alçada: Es mesura el boix des del terra fins a la branca més alta. A causa de la dificultat que presenta mesurar l'alçada dels boixos més alts es fa una aproximació.
- Perímetre del peu més gran: Es mesura el perímetre del tronc més gran amb una cinta mètrica a l'alçada del pit sempre que sigui possible. Si el boix és més petit, es mesura el perímetre des de la mida mitjana de l'arbust.
- Estat de conservació: Es comprova l'estat del boix i es classifica en 5 categories depenent del grau de defoliació i de la presència o no de larves.
 1. **Bo**: El boix té un aspecte bo, amb totes les fulles i sense indicis d'afectació per part de l'eruga, però n'hi pot haver de presents.
 2. **Indicis d'afectació**: El boix té un bon aspecte però s'hi observa alguna fulla menjada i la presència d'erugues.
 3. **Afectació mitjana**: Ja està més afectat i la defoliació comença a ser important. Encara hi ha bastants de fulles i hi ha presència de rebrots.
 4. **Afectació severa**: L'afectació ja és majoritària, tan sols presenten alguns rebrots i s'observa l'escorça menjada en alguns casos. A les parcel·les de la Garrotxa la majoria de boixos estan en aquest estat, ja que la defoliació hi ha set constant en uns quants anys i els boixos presenten pocs rebrots.
 5. **Totalment defoliat**: El boix no presenta cap rebrot, normalment l'escorça està menjada i alguns presenten parts mortes.
- Escorça menjada: Alguns boixos presenten l'escorça menjada del tronc i branques a causa de la falta d'aliment per part de les larves (Figura 9).



Figura 9. Escorça menjada per les erugues, a la primera foto és al tronc principal i la segona foto és a una branca prima.

Parts mortes: Es comprova quines parts del boix estan mortes (seques) si la branca es trenca fàcilment. Es divideixen en 3 parts (Figura 10):

- a) tronc principal (el de més diàmetre)
- b) tronc secundari
- c) branques

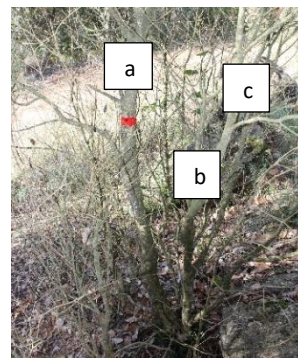


Figura 10. Parts del boix.

- Presència de rebrots: S'observa si hi ha rebrots o no. En el cas que no n'hi hagi, no es pot seguir omplint la fitxa.
- Tipologia de rebrots: Els rebrots es classifiquen en sèssils (Tipus 1) on els rebrots són petits i mesuren menys de 5 cm, monoramificats on el rebrot té una sola branca

d'entre 5 i 10 cm (Tipus 2) o més de 10 cm (Tipus 3) i pluriramificats on el rebrot té més d'una branca (Tipus 4) (Figura 11).



Figura 11. Tipus de rebrots. A la foto de l'esquerra el rebrot és sèssil, a la del mig, és monoramificat amb més de 10 cm de llargada i a la de la dreta és un rebrot pluriramificat.

- **On:** Es mira si els rebrots estan localitzats al tronc, tronc secundari o branques, i si es troben concentrats a la base del tronc (Figura 12).



Figura 12. Rebrot del boix. A la foto de l'esquerra s'hi observa un rebrot a la base del tronc i la foto de la dreta els rebrots estan situats al tronc i branques d'un boix.

- **Alçada màxima del rebrot:** Mesura respecte el terra del rebrot situat més amunt.
- **Distància màxima del rebrot:** Mesura del rebrot més allunyat respecte el tronc principal.
- **Longitud del rebrot més gran:** Mesura del rebrot més gran que hi hagi en el boix.
- **Nombre de rebrots aproximat:** Comptar els rebrots que hi ha en un boix aproximadament a partir dels següents intervals. El boix pot no tenir rebrot (0), d'1 a 10, d'11 a 25, de 26 a 50 i de 51 a 100. Si hi ha més de 100 rebrots, no es compten.
- **Nombre d'erugues en 20 rebrots:** Es miren 20 rebrots aleatoris del boix i es compten el nombre d'erugues que hi ha. En el cas de les larves de l'estiu, estaven en moviment perquè és l'època en què estan actives. En canvi, quan es fa el segon recompte, les larves presents estan en diàpauza perquè les temperatures són baixes (desembre).

4.10. Anàlisi estadístic

A partir de les dades obtingudes en els dos mostreigs s'ha realitzat una anàlisi descriptiva de l'estat dels boixos mostrejats. Hem examinat: (1) diferències morfològiques entre els boixos mostrejats i (2) estat de conservació dels boixos, en general i per les diferents parcel·les en els dos mostrejos realitzats.

Seguidament s'ha analitzat si hi havia una millora o un empitjorament de la rebrotada entre el juliol-setembre i el desembre mitjançant anàlisis descriptius, així també s'ha examinat la relació entre els rebrots i el nombre d'erugues (mitjançant correlació de Spearman). També s'ha testat estadísticament si hi havia diferències significatives entre l'alçada màxima, la distància màxima i la longitud del rebrot més gran en funció de la parcel·la i el mostreig. Totes les anàlisis estadístics realitzats s'ha emprat el nivell de significació $\alpha=0,05$.

S'han buscat diferències en la presència d'erugues entre les parcel·les i els períodes de mostreig, gràficament i mitjançant l'aplicació d'una ANOVA. Finalment s'ha examinat la presència d'erugues i rebrots en relació amb diferents variables categòriques considerades a l'anàlisi.

5. RESULTATS

5.1. Característiques morfològiques

Per la caracterització morfològica, en el primer mostreig s'han agafat dades de l'alçada i el perímetre de tots els boixos seleccionats. L'alçada mitjana de tots els boixos és de $3,9 \pm 1,9$ m i el perímetre mitjà de $15 \pm 6,2$ cm (mitjana $\pm$ desviació estàndard). La longitud mitjana dels rebrots es va mesurar en els dos mostrejos i va donar com a resultat $9,8 \pm 5,7$ cm en el primer i $8,4 \pm 7,8$ cm en el segon.

5.2. Anàlisi de l'estat de conservació

En els dos mostrejos les parts del boix més afectades són les branques primes de la zona més distal del tronc. El percentatge de branques menjades per les erugues supera el 90% i tots presenten branques mortes.

Pel que fa a l'estat de conservació dels boixos, ha variat al llarg dels mesos. En el primer mostreig 140 boixos presenten una afectació severa (93%), d'aquests es va comprovar la presència de larves (44%) i l'absència (49%). En el segon mostreig l'afectació severa disminueix a 110 boixos (36% amb presència de larves i 37% sense) però en canvi, s'observa un augment de 31 boixos amb defoliació completa (passant del 6% al 27%) (Figura 13).

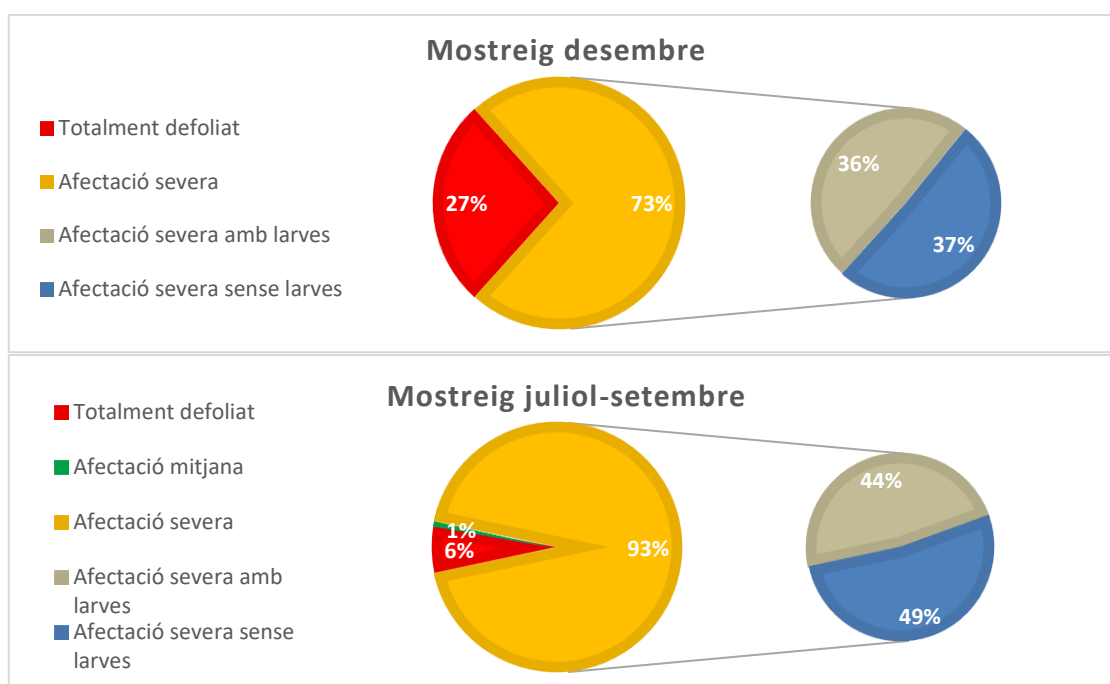


Figura 13. Percentatges de l'estat de conservació dels boixos en els dos mostrejos realitzats.

A nivell de parcel·la s'observa que el nombre de boixos totalment defoliats ha augmentat del primer al segon mostreig. Això s'observa principalment a la parcel·la 1, que correspon a l'alzinar situat a Begudà, a on tots els boixos han quedat totalment defoliats. També s'observa un empitjorament en les parcel·les 3, 5 i 6. En canvi, a la parcel·la 2 (situada a Montagut i Oix, on l'hàbitat és d'alzinar) a primera vista s'observa una millora en l'estat de conservació perquè tots presenten afectació severa i cap defoliació completa, tot i això, augmenta la presència d'erugues. Pel que fa a les altres parcel·les, presenten un estat de conservació similar en els dos mostrejos (Figura 14).

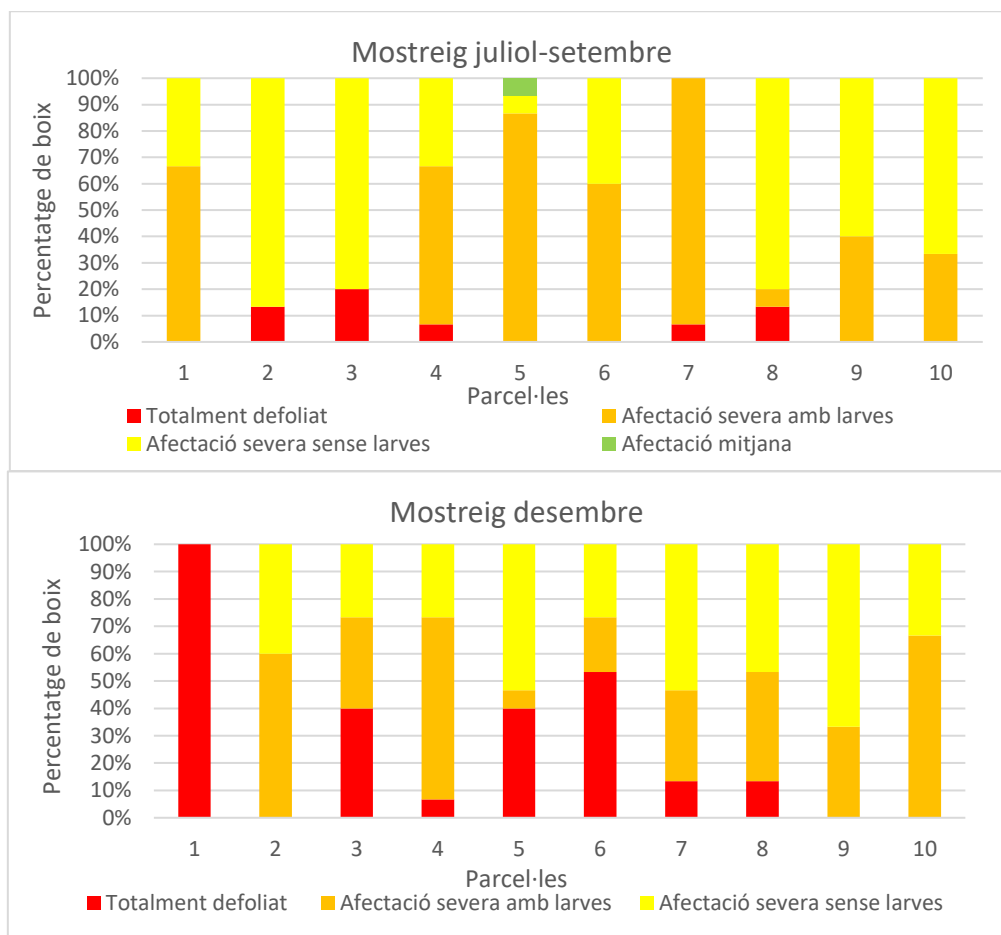


Figura 14. Gràfic de l'estat de conservació de les parcel·les en els dos mostrejos.

Per avaluar la independència entre l'estat de conservació del primer mostreig amb el segon, es realitza un test Chi-quadrat. S'obté un p-valor de 0,00537, inferior a 0,05. Es rebutja la hipòtesis nul·la (H_0) i per tant es considera que sí que hi ha variació entre l'estat de conservació del primer mostreig i el segon.

5.3. Anàlisi dels rebrots

- Nombre de rebrots

Respecte al nombre de rebrots presents en els boixos mostrejats, en el primer mostreig més del 50% dels boixos presenten de 26 a 50 i de 51 a 100 rebrots. En canvi, en el segon mostreig, el tant per cent de boixos entre 26 i 100 rebrots ha disminuït a menys del 30% i més de la meitat de boixos presenten d'1 a 10 rebrots o estan totalment defoliats (Figura 15).

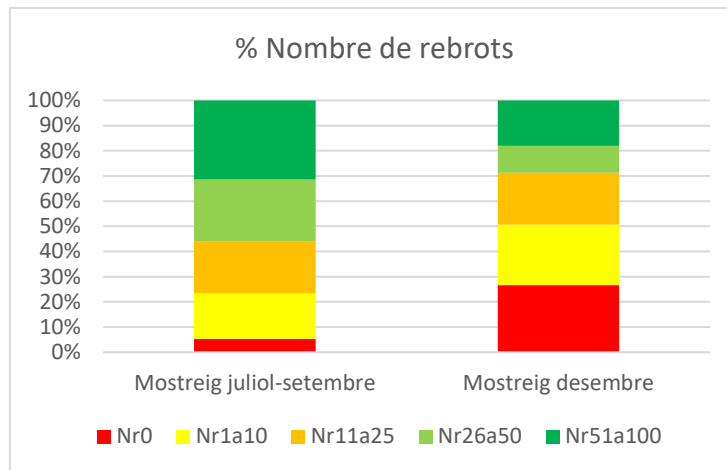


Figura 15. Percentatge de boixos amb diferent nombre de rebrot (Nr) segons el mostreig.

Si comparem el nombre de rebrots per parcel·la, es veu una clara reducció del nombre de rebrots del juliol-setembre al desembre. Un cas molt clar és la parcel·la 1, on al primer mostreig tots els boixos presentaven rebrots i la majoria eren en tenien entre 26 i 100. En canvi, al segon mostreig tots els boixos presenten una defoliació total. També s'observa una reducció del nombre de rebrots en les parcel·les 3, 4, 5, 6, 7 i 8. En el cas de la parcel·la 8 i 9, s'observa que hi ha hagut poca variació en el nombre de rebrots i en la parcel·la 2 i 10 hi ha una millora (Figura 16).

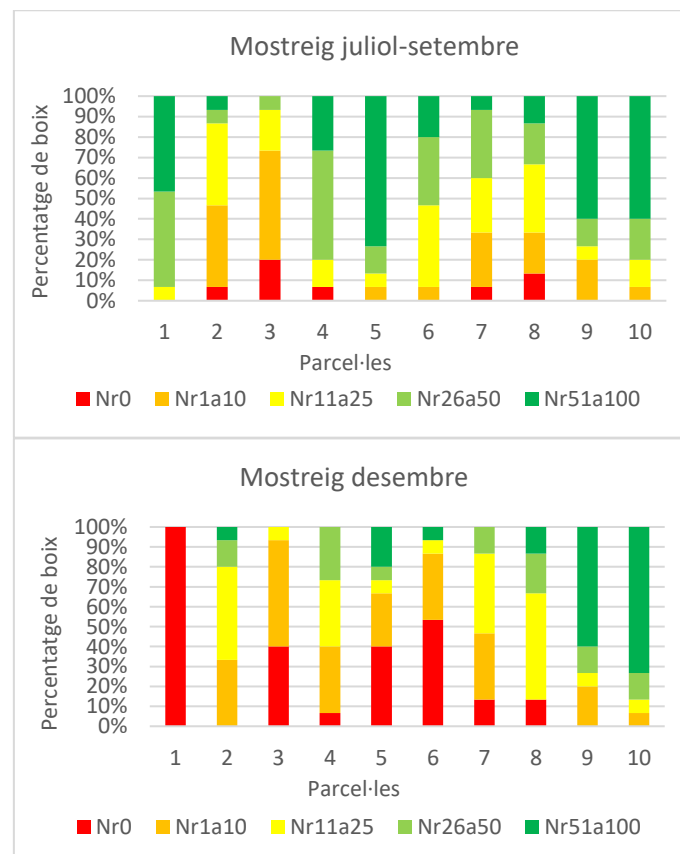


Figura 16. Percentatge de boixos segons el nombre de rebrots (Nr) en cada parcel·la en els dos mostrejos realitzats.

- Relació entre el nombre de rebrots i d'erugues

Partim de la hipòtesi que el nombre de rebrots està relacionat amb el nombre d'erugues. Per examinar aquesta possible relació s'ha realitzat una anàlisi de correlació de Spearman entre el nombre de rebrots i el nombre d'erugues dels dos mostreigs per separat. Les hipòtesis d'aquests anàlisis són les següents:

H_0 : El nombre de rebrots no està relacionat amb el nombre d'erugues

H_1 : El nombre de rebrots està relacionat amb el nombre d'erugues.

En ambdós casos obtenim p-valors inferiors a 0,05 (p-valor= $2,05 \times 10^{-06}$ per al primer mostreig i p-valor= $4,64 \times 10^{-09}$ en el segon mostreig). Es rebutja la H_0 i per tant es considera que el nombre de rebrots està relacionat amb el nombre d'erugues. S'observa una relació positiva, a més erugues més rebrots, tot i que la relació és dèbil (Figura 17).

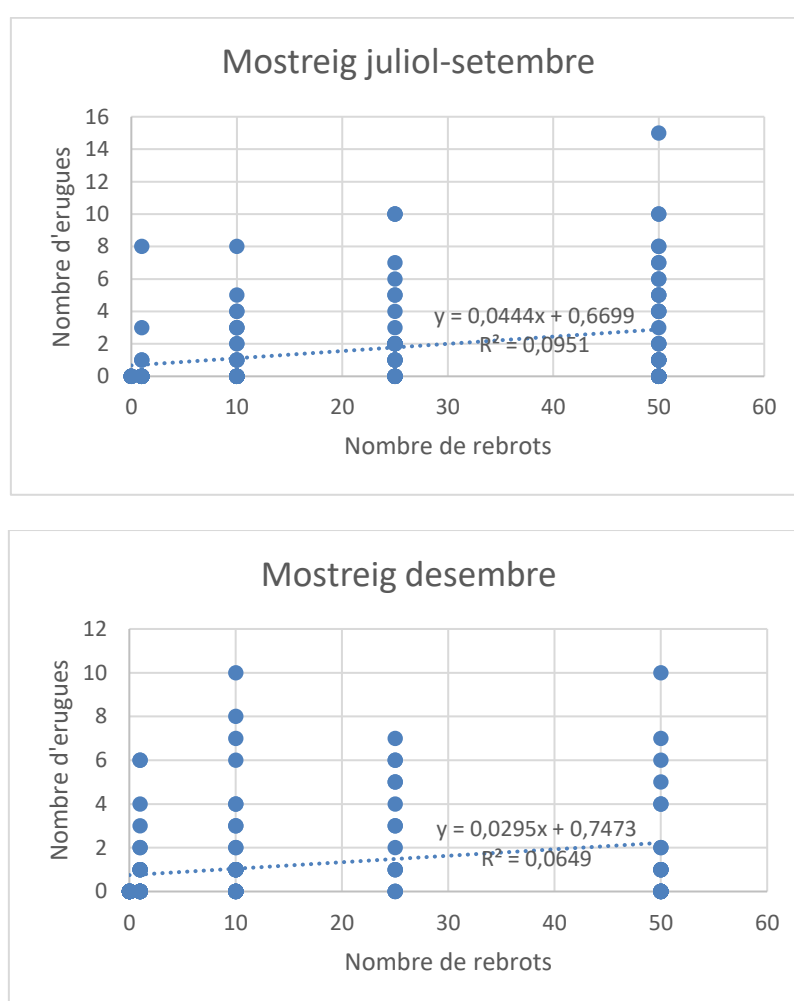


Figura 17. Nombre d'erugues respecte el nombre de rebrots que hi ha en els boxos del primer i segon mostreig.

- Anàlisi de l'alçada, distància i longitud del rebrot

A la següent taula es pot observar que la mitjana de l'alçada, la distància i la longitud del rebrot ha disminuït en la majoria de casos del primer al segon mostreig (Taula 4).

Taula 4. Mitjanes i desviació estàndard de l'alçada, distància i longitud màxima dels rebrots de cada parcel·la dels mostrejos realitzats.

Parcel·les	Alçada màxima de rebrot (m)		Distància màxima de rebrot (m)		Longitud del rebrot més gran (cm)	
	J-S	D	J-S	D	J-S	D
1	3,23±1,33	0,00	0,22±0,31	0,00	10,6±4,72	0,00
2	0,85±0,74	0,94±0,63	0,08±0,14	0,11±0,18	3,9±2,32	6,87±3,18
3	0,13±0,22	0,3±0,89	0,00	0,01±0,03	4,73±3,41	2,73±2,74
4	0,97±0,74	0,85±0,91	0,12±0,19	0,05±0,18	9,33±4,05	10±4,09
5	3,25±1,97	1,37±1,8	0,85±0,87	0,12±0,38	9,87±4,29	2,8±4,47
6	1,83±1,38	0,4±1,01	0,12±0,34	0,1±0,39	9,4±3,16	4,6±5,28
7	1,67±1,03	1,3±1,42	0,06±0,16	0,04±0,07	12,2±5,6	12,2±7,54
8	4,3±2,32	4,3±2,32	0,15±0,19	0,21±0,21	13,53±8,67	16,67±11,05
9	1,99±1,15	2,11±1,22	0,36±0,47	0,68±1,08	9,2±2,24	11,73±1,71
10	4,27±2,57	4,43±2,82	0,98±0,65	1,11±0,7	15,6±5,97	17,1±6,45
TOTAL	2,25±2,01	1,6±2,1	0,29±0,52	0,24±0,56	9,83±5,77	8,46±7,82

Per poder analitzar aquestes variables numèriques per separat respecte la parcel·la i el mostreig, s'ha procedit a realitzar tres ANOVAs bifactorials. Primer s'han comprovat els supòsits de l'ANOVA, amb un test de Levene per l'homoscedasticitat i un de Shapiro-Wilk per la normalitat. Tot i transformar les variables, no es compleixen els supòsits. Com que l'R-Commander no disposa d'un test no paramètric que substitueixi l'ANOVA bifactorial, es procedeix a realitzar el test i analitzar-ne els resultats per tenir una orientació sobre les possibles relacions entre variables (Taula 5). Les hipòtesis d'aquest anàlisi són les següents:

- Anàlisi parcel·la amb alçada/distància/longitud: H_0 : Les mitjanes de les variables són les mateixes entre les diferents parcel·les. H_1 : Almenys una de les parcel·les té una mitjana diferent de les variables.
- Anàlisi mostreig amb alçada/distància/longitud: H_0 : Les mitjanes de les variables són les mateixes entre els diferents mostrejos. H_1 : Hi ha diferències entre la mitjana de les variables i l'època del mostreig
- Interacció entre parcel·la i mostreig: H_0 : No hi ha interacció entre les parcel·les i els mostrejos. H_1 : Si hi ha interacció entre les parcel·les i els mostrejos.

Taula 5. Valors de les ANOVAs bifactorials realitzades a partir de l'alçada i la distància on estan situats els rebrots i la seva longitud. S'han analitzat 150 boixos distribuïts en 10 parcel·les.

Alçada màxima del rebrot	Df	F	p-valor
Parcel·la	9,280	25,30	$2,2 \times 10^{-16}$
Mostreig	1,280	13,57	0,00027
Parcel·la : Mostreig	9,280	4,32	0,000027

Distància màxima del rebrot	Df	F	p-valor
Parcel·la	9,280	16,69	$2,2 \times 10^{-16}$
Mostreig	1,280	1,01	0,313
Parcel·la : Mostreig	9,280	2,95	0,0022

Longitud del rebrot més gran	Df	F	p-valor
Parcel·la	9,280	21,01	$2,2 \times 10^{-16}$
Mostreig	1,280	5,22	0,023
Parcel·la : Mostreig	9,280	6,16	6×10^{-8}

Les tres ANOVAs donen resultats significatius (p-valors inferiors a 0,05) en la majoria d'anàlisis, excepte al comparar la distància del rebrot entre mostreigs. Totes les interaccions entre parcel·la i mostreig apareixen significatives, cosa que ens indica que els boixos de les diferents parcel·les mostrejades responen de manera diferent en els dos mostreigs.

Pel que fa a l'alçada en al que es situa el rebrot, trobem diferències significatives entre les mitjanes de les diferents parcel·les i entre les mitjanes dels diferents mostreigs (Taula 5). Els resultats mostren que en el mostreig de juliol-setembre, les parcel·les corresponents a alzinars (parcel·les 2,3 i 4) presenten una mitjana més petita a la resta. En canvi, les parcel·les 8 i 10, corresponents a pineda de pi roig i bosc mixt d'alzina i roure, tenen una mitjana superior. Pel que fa al mostreig de desembre, les parcel·les 8, 9 i 10 tenen una mitjana superior a les altres (Figura 18).

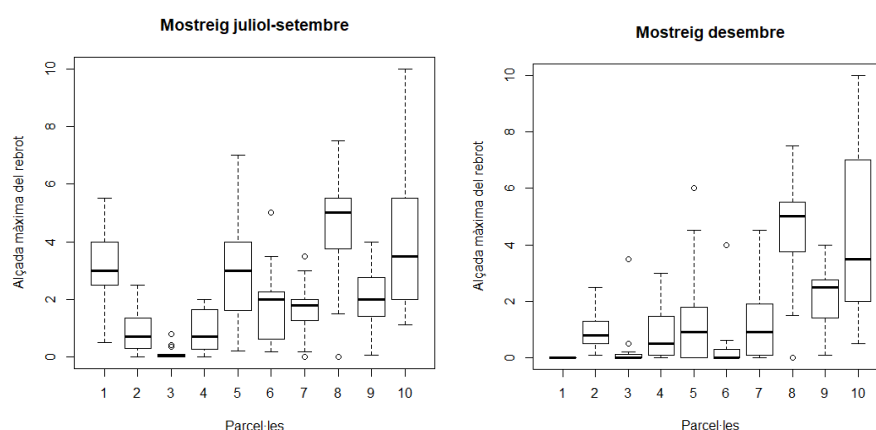


Figura 18. Diagrama de caixes de la mitjana d'alçada màxima del rebrot en cada parcel·la pels dos mostrejos realitzats.

Pel que fa a la distància del rebrot més allunyat respecte el tronc principal, trobem diferències significatives entre les mitjanes a nivell de parcel·la, però no entre les diferents èpoques de mostreig (Taula 5). Les parcel·les 9 i 10 són les que presenten mitjanes de distàncies màximes superiors a la resta de parcel·les en les dues èpoques mostrejades. Al mostreig de juliol-setembre, però, la parcel·la 5 també presenta una mitjana superior a la resta (Figura 19).

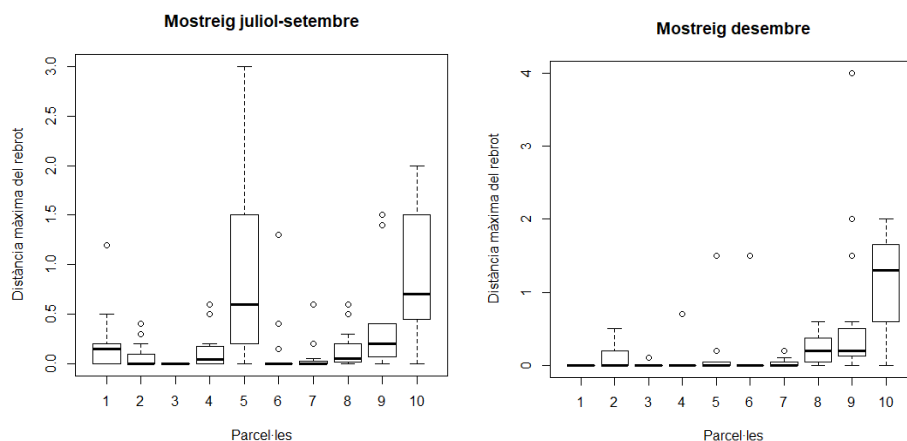


Figura 19. Diagrama de caixes de la mitjana de distància màxima del rebrot en cada parcel·la pels dos mostrejos realitzats.

Pel que fa a la longitud del rebrot més gran, trobem diferències significatives a nivell de parcel·la i de mostreig. S'observa que en el mostreig de juliol-setembre, les parcel·les 2 i 3 tenen una mitjana inferior a la resta de parcel·les i en el mostreig de desembre les parcel·les 7,8,9 i 10 presenten una mitjana superior a la resta de parcel·les (Figura 20).

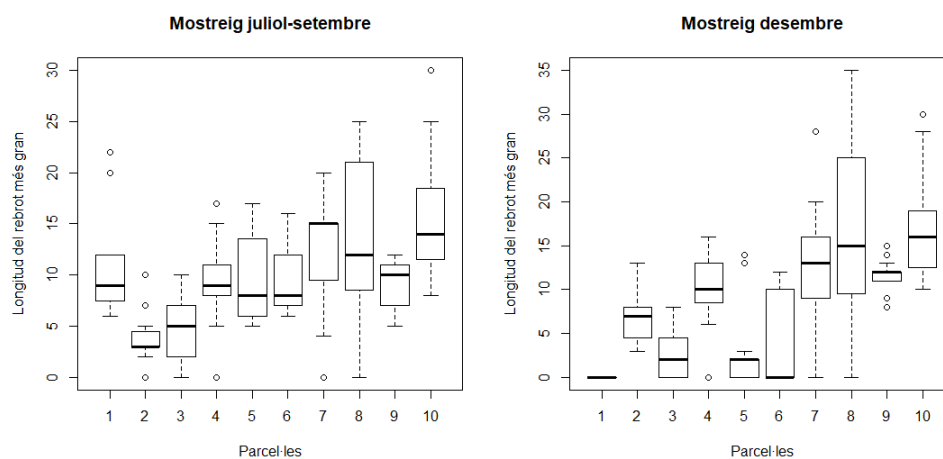


Figura 20. Diagrama de caixes de la mitjana de longitud del rebrot més gran en cada parcel·la pels dos mostrejos realitzats.

5.4. Anàlisi de la presència d'erugues

Per analitzar la hipòtesi que el nombre d'erugues és diferent segons la parcel·la i segons la data de mostreig, es realitza una ANOVA bifactorial (Taula 6). Primer de tot es fa una anàlisi dels supòsits, on s'ha observat que no es compleixen tot i transformar la variable. L'R-Commander no té un test no paramètric substituït de l'ANOVA bifactorial, per tant, s'analitzaran els resultats amb una ANOVA bifactorial. Les hipòtesis d'aquest anàlisi són les següents:

- Parcel·la i nombre d'erugues: H_0 : Les mitjanes del nombre d'erugues són les mateixes entre les diferents parcel·les. H_1 : Almenys una de les parcel·les té una mitjana diferent del nombre d'erugues.
- Mostreig i nombre d'erugues: H_0 : Les mitjanes del nombre d'erugues són les mateixes entre els diferents mostreigs. H_1 : Hi ha diferències entre la mitjana del nombre d'erugues i l'època del mostreig
- Interacció entre parcel·la i mostreig: H_0 : No hi ha interacció entre les parcel·les i els mostrejos. H_1 : Si hi ha interacció entre les parcel·les i els mostrejos.

Resultats:

Taula 6. Valors de l'ANOVA bifactorial realitzada a partir del nombre d'erugues.

Nombre d'erugues	Df	F	p-valor
Parcel·la	9,280	6,47	$2,296 \times 10^{-8}$
Mostreig	1,280	5,84	0,0162
Parcel·la : Mostreig	9,280	10,5	$4,673 \times 10^{-14}$

Els resultats de l'ANOVA són significatius, tant a nivell de parcel·la i mostreig com de la seva interacció. Es confirma que almenys una de les parcel·les presenta un nombre mitjà d'erugues diferent, i que també el nombre mitjà d'erugues és diferent segons l'època de mostreig.

Els resultats mostren que en el mostreig de juliol-setembre les parcel·les 5 i 7 tenen una mitjana superior a la resta de parcel·les. En canvi, el mostreig de desembre no es pot concloure que hi hagi una parcel·la amb la mitjana del nombre d'erugues significativament diferent (Figura 21).

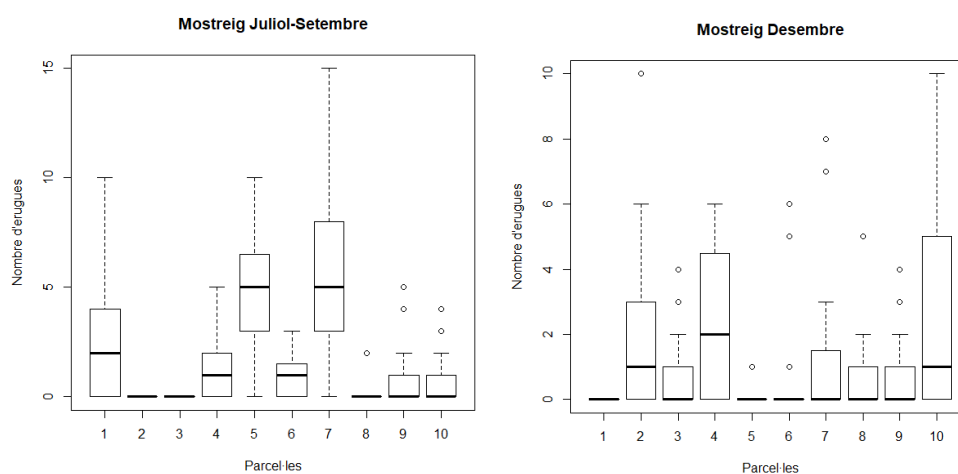


Figura 21. Diagrama de caixes de la mitjana del nombre d'erugues en cada parcel·la pels dos mostrejos realitzats.

5.5. Anàlisi de les variables categòriques

A la taula 7 es pot observar com ha variat el percentatge de les variables categòriques en els dos mostrejos.

Taula 7. Caracterització dels rebrots i escorça afectats per la papallona del boix en els dos mostreigs realitzats. Les variables considerades són quatre: On hi ha el rebrot, nombre de rebrots, tipus de rebrot i escorça menjada. Les dades indiquen el percentatge de boixos (dels 150 mostrejats) que presenten cada categoria de les variables següents.

% On hi ha rebrot	Juliol-Setembre	Desembre
Base del tronc (as)	18,53	25,88
Tronc principal (a)	36,29	39,91
Tronc secundari (b)	17,38	9,65
Branques (c)	27,8	24,56

% Nombre de rebrots	Juliol-Setembre	Desembre
0	5,33	26,66
1-10	18	24
11-25	20,67	20,67
26-50	24,67	10,67
51-100	31,33	18

% Tipus de rebrot	Juliol-Setembre	Desembre
Tipus 1	27,56	30,30
Tipus 2	44,88	30,30
Tipus 3	22,26	20,54
Tipus 4	5,30	18,86

% Escorça menjada	Juliol-Setembre	Desembre
Tronc	16,11	17,13
Tronc secundari	6,67	2,76
Branques	77,22	80,11

Pel que fa a on rebrota el boix, s'observa una reducció de la zona de rebrot al tronc secundari i les branques, mentre que hi ha un augment de les zones de rebrot situades a la base del tronc i el tronc. En el cas dels nombre de rebrots s'observa una clara disminució i la tipologia de rebrot augmenta en els de tipus 1 i 4 del primer al segon mostreig. Si s'observa el percentatge d'escorça menjada s'observa que augmenta en el cas del tronc i les branques, mentre que en el tronc secundari s'observa una reducció, això podria ser a causa d'un error en el mostreig.

Taula 8. Correlació i p-valors de la matriu de correlacions de les variables categòriques: on hi ha el rebrot (O), el nombre de rebrots (Nr), el tipus de rebrot (Tr) i l'escorça menjada (Em), entre els dos mostrejos (1: juliol-setembre, 2: desembre) realitzats a partir d'una matriu de correlació de Spearman.

	O1 vs O2	Nr1 vs Nr2	Tr1 vs Tr2	Em1 vs Em2
Correlació	0,4064	0,3876	0,1921	0,7702
p-valors	<.0001	<.0001	0,3329	<.0001

La majoria de variables (com són on hi ha el rebrot, el nombre de rebrots i l'escorça menjada) presenten un p-valor inferior a 0,05, cosa que ens indica que la correlació és significativa i que no hi ha una diferència significativa entre els dos mostrejos. Si es mira la correlació, s'observa que la més alta és la d'escorça menjada. Pel que fa al tipus de rebrot, s'observa un p-valor superior a 0,05 i una correlació molt baixa, per tant ens indica que no hi ha relació entre els dos mostrejos.

6. DISCUSSIÓ

6.1. Estat general dels boixos a la Garrotxa

L'expansió de l'afectació de *C. perspectalis* va ser gairebé total el 2018, en el qual es van completar tres generacions d'adults i la majoria de boixos van quedar defoliats. L'any 2019, s'han detectat només dues generacions a causa de la variació del moment de vol dels adults, el qual s'ha endarrerit dues setmanes en comparació amb el 2018 perquè les condicions meteorològiques hi han set més desfavorables (Artola, 2019).

A la primavera del 2019, quan les erugues encara no havien aparegut, els boixos van rebrotar i es van poder desenvolupar correctament. Un cop s'inicia el vol de papallones la darrera setmana de juny, en unes setmanes apareixen les larves que en pocs dies es mengen la majoria dels rebrots. Tot i això, alguns boixos van mantenir alguns rebrots i no van ser defoliats del tot. La defoliació va disminuir entre les dues generacions i els boixos van tornar a rebrotar, però es van veure afectats pel 2n vol d'adults el qual va tenir lloc a principis de setembre i va produir un nou pic d'erugues. Al final de tot el període, quan es va fer el segon mostreig, la majoria de parcel·les encara presentaven alguns rebrots en els quals hi havia erugues en diapausa contingudes en capolls hivernants, excepte la parcel·la 1 ubicada en l'alzinar de Begudà, que havia quedat totalment defoliada.

Pel que fa a l'estat de conservació dels boixos de la Garrotxa, es parteix d'una situació en la qual la gran majoria de boixos presenten afectació severa. S'observen diferències significatives pel que fa al mostreig de juliol-setembre i el de desembre. El tret més distintiu és l'augment de boixos totalment defoliats, a causa de la pressió que han patit al llarg de l'estiu. Com que en general els boixos presenten menys rebrots al segon mostreig, també hi ha menys presència d'erugues, ja que la relació és directament proporcional perquè no disposa de tants rebrots on desenvolupar-se.

Si es comparen el nombre d'erugues i de rebrots per parcel·la en els dos mostrejos realitzats, s'observa que en el primer mostreig la majoria de boixos presenten rebrots i alguns ja estan totalment defoliats a causa de les larves provinents de la primera generació del 2019. Pel que fa al segon mostreig, s'ha observat un augment dels boixos totalment defoliats i alhora una reducció del nombre d'erugues, ja que per entrar en diapausa necessiten fulles on protegir-se del fred.

Pel que fa als rebrots, s'observa que hi ha interacció entre l'època del mostreig i les parcel·les. Hi ha variació en les mitjanes d'alçada i longitud, en canvi en la distància del rebrot no s'observen diferències en els mostrejos. D'acord amb els resultats, es pot afirmar que en general hi ha variació en les zones de rebrot i la seva mida, concretament una reducció. Això pot ser degut a la constant pressió en què han estat sotmesos els boixos aquests últims anys, que ha provocat que la capacitat de rebrot reculi a la base del boix, on manté els rebrots per tal de sobreviure.

6.2. Diferències en l'estat dels boixos entre parcel·les

Tot i les semblances detectades en tota la Garrotxa, s'han observat diferències en l'estat dels boixos en funció de les parcel·les mostrejades. Algunes parcel·les han sofert els efectes de la *C. perspectalis* de manera més accentuada, com poden ser la parcel·la 1 (ubicada en alzinar) on la defoliació hi ha set completa, la parcel·la 3 (ubicada en alzinar) on s'ha observat un augment dels boixos defoliats i de la presència de larves i les parcel·les 5 i 6 (ubicades en rouredes de roure martinenc) que han patit una defoliació important. En canvi, algunes parcel·les presenten una millora en l'estat dels boixos, com poden ser la parcel·la 2 (en alzinar) on boixos totalment defoliats han aconseguit rebrotar i les parcel·les 9 i 10 (ubicats en boscos mixtos) on s'ha observat un augment del nombre de rebrots.

En el cas de les parcel·les 5 i 7 (ubicades respectivament en roureda de roure martinenc i fageda) s'ha observat un nombre d'erugues en el primer mostreig significativament superior a la resta de parcel·les. Això pot ser degut al fet que aquestes dues parcel·les són les que es van mostrejar primer en el mostreig de juliol, precisament poc després que la 1a generació de papallones arribés al pic més alt de vol i possiblement era el moment en què hi havia més erugues. Al segon mostreig s'observa que el nombre de rebrots ha disminuït i trobem més boixos totalment defoliats.

Pel que fa a les parcel·les 2 i 3 (ubicades en alzinars) en el primer mostreig no s'observen boixos amb presència d'erugues i la majoria presenten pocs rebrots els quals estan situats a menys altura en comparació amb la mitjana de les altres parcel·les i la longitud del rebrot més gran és significativament inferior a les altres parcel·les. Això pot ser degut al fet que el primer mostreig d'aquestes parcel·les es va dur a terme una a finals d'agost i l'altre a principis de setembre, quan la pressió de les larves ja havia disminuït i era la transició entre la 1a i la 2a generació, per tant la identificació es va realitzar quan ja hi havia hagut una part de defoliació. Al segon mostreig, s'observa un petit augment de la zona de rebrot, però molts d'aquests rebrots presenten erugues en diàpaua.

En el cas de les parcel·les 9 i 10, les quals estan situades una en bosc mixt d'alzina i pi i l'altre en un bosc mixt d'alzina i roure, s'observa una millora del rebrot del primer al segon mostreig. En altres estudis també s'ha observat un augment del rebrot un cop les erugues entren en diàpaua (Artola, 2019). Una possible explicació seria que les parcel·les estan situades a més altitud que les altres i el primer atac de la *C. perspectalis* es va produir més tard que a la resta de parcel·les i per això actualment no presenten una afectació tan important. També és probable que els boixos situats a major altitud s'avanci l'entrada a la diàpaua, ja que la temperatura és més baixa (Eizaguirre & López, 2019).

Respecte a la parcel·la 1 (en alzar), s'observa una reducció total dels rebrots tot i que en el primer mostreig la majoria dels boixos en presentaven. Aquesta defoliació total va lligada a la pressió provocada per les larves, on més de la meitat dels boixos presentaven erugues. Els boixos d'aquesta parcel·la no han tingut capacitat de rebrot, per tal de confirmar-ho s'hauria de fer un mostreig en el futur per veure si ha millorat o no.

6.3. Protocol de seguiment de l'estat dels boixos

La metodologia adoptada per avaluar l'estat dels boixos a la Garrotxa ha resultat útil per observar l'evolució en les diferents parcel·les, la qual pot ser aplicable en zones on l'afectació és menor i així poder observar com evolucionen els boixos que estan en millor estat, ja que els observats a la Garrotxa presenten una afectació avançada.

Aquest és un estudi preliminar en el qual només s'ha tingut en compte dos mostrejos, però a partir de les dades de les corbes de vol, el més adequat seria realitzar 3 mostrejos a l'any i seguir-lo duent a terme fins que es constati la mort o no del boix. De manera ideal, el primer mostreig es realitzaria al març, abans que les erugues en diàpaua s'activin, per tal d'observar com ha augmentat el rebrot en aquest temps en què les erugues no han provocat defoliació. El segon mostreig s'hauria de fer a principis d'estiu, per tal de veure l'afectació que provoquen les erugues de la primera generació i el tercer mostreig convindria fer-lo al novembre, un cop les erugues de la segona generació haguessin defoliat els boixos i comencessin a entrar en diàpaua.

7. CRITÈRIS ÈTICS I DE SOSTENIBILITAT

Aquest estudi té una importància rellevant quant a sostenibilitat, ja que es basa a preservar una espècie autòctona com és el boix de l'atac d'una espècie invasora. Pel que fa a ètica, tot i que la papallona del boix és una espècie que provoca danys importants als boixos, en cap moment s'ha considerat l'eliminació com una solució eficaç. La finalitat de l'estudi és avaluar si hi ha la possibilitat d'un equilibri en el futur en el qual es reguli aquesta espècie provocant un dany molt menys preocupant. El tractament realitzat durant el mostreig no ha provocat cap dany als boixos ni al seu entorn, ja que l'objectiu era produir el menor impacte possible al medi per tal d'estudiar com evoluciona l'afectació sense impacte humà.

8. CONCLUSIONS

Results confirm that in general, comparing the two samples, there has been a worsening of the state of box trees due to the successive defoliation caused by the caterpillars that do not allow the box tree to recover. As expected, it has been observed that the box trees with higher sprouts host more caterpillars. The most distal part of the trunk is the most affected, the thinnest branches finally dry out as a result of successive defoliation and because many of them also have bark eaten. This constant defoliation causes the sprouting area to concentrate at the base of the trunk.

As the evolution of the box trees status concerns, if the data is taken together, there is a general worsening, however, not all plots have behaved the same way. Box trees studied in early July generally have more young sprouts and caterpillars because the flying butterfly peak was in this month. Even in some plots it has been observed a certain increase in the number of young sprouts and their distribution in the plant. No direct relationship was found between the degree of affectation of the box trees and the studied habitats; therefore, it seems that the affectation is not determined by the type of forest but for the structure.

Results are strongly influenced by the date of the sampling. In the first sample it was important to identify the plot and mark the box trees, that is why it took longer than expected. For more accurate results, future revisions should be made at a shorter data range.

9. BIBLIOGRAFIA

- Andreu, J. & Pino, J. (2013). *El projecte EXOCAT: Informe del 2013*. Consultat 13 de febrer 2020, des de <http://exocat.creaf.cat/wp-content/uploads/2015/06/Informe-EXOCAT-2013.pdf>
- ANEGX, (2014). *Arbres i arbusts de la Garrotxa*. Olot: Agrupació Naturalista i Ecologista de la Garrotxa.
- Artola, J. (2019). Memòria Tècnica. Seguiment de la biologia i la fenologia de la papallona del boix (*Cydalima perspectalis*) al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, 38.
- Artola, J., Bassols, E., Las Heras, S., & Arimany, M. (2018). Cicle biològic i fenologia de la papallona del boix, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) a la Garrotxa (Catalunya). *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 109: 65-85.
- Bassols, E., & Oliveras, J. (2014). *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), una nova espècie invasora a Catalunya (Lepidoptera: Pyraloidea, Crambidae, Spilomelinae). *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 105: 71-78.
- Boutte, B., Baubet, O., & Mariton, B. (2019). Nuisibilité, suivi et impact de la pyrale du buis en forêt RI POLL le 13 décembre 2019.
- Brua, C. (2013). La pyrale du buis, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotiques envahissante, caractéristiques de sa dynamique d'expansion en France et en Europe, des dégats occasionnés sur les buis (*Buxus* spp.) et des stratégies de lutte. AFPP- 3ème Conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles. Tolosa de Lengua-doc.
- Conselleria Medi Ambient Agricultura i Pesca. (2017). *Cydalima perspectalis*, l'eruga del boix. Direcció General Espais Naturals i Biodiversitat.
- Eizaguirre M. & López C. (2019). Canvi climàtic i biologia de *Cydalima perspectalis*. Dins *Jornada tècnica "Ens quedarem sense boixos? Situació actual de la papallona del boix a Catalunya": 13 de desembre de 2019*. Lleida: Universitat de Lleida.
- Eschen R., Holmes T., Smith D., Roques A., Santini A., Kenis M. (2014) Likelihood of establishment of tree pests and diseases based on their worldwide occurrence as determined by hierarchical cluster analysis. *For Ecol Manag* 315: 103-111.
- Essl F., Bacher S., Blackburn T.M. et al. (2015) Crossing frontiers in tackling pathways of biological invasions. *Bioscience* 65: 769-782.
- Feldtrauer, J.F., Ferldtrauer, J.J. & Brua, C. (2009). Premiers signalements en France de la Pyrale du Buis *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotiques envahissante s'attaquant aux buis (Lepidoptera, Crambidae). *Bull. Soc. Ent. Mulhouse*, 65: 55-58.
- Font, P. (1995). *Plantas medicinales: El Discorides Renovado*. (15ª ed.). Editorial Labor S.A.

- Gassó N., Sol D., Pino J., Dana E.D., Lloret F., Sanz-Elorza M., Sobrino E., Vilà M. (2009) Exploring species attributes and site characteristics to assess plant invasions in Spain. *Diversity and Distribution*, 15: 50-58.
- Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, & Pesca i Alimentació. (2019). Pla d'acció contra la papallona del boix (*Cydalima perspectalis*), 17.
- Hulme P.E., (2009) Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46:10-18.
- John, R. & Schumacher, J., (2013).- Der Buchsbaum-Zünsler (*Cydalima perspectalis*) im Grenzach-Wyhlener Buchswald-Invasionschronik und Monitoringergebnisse.- *Gesunde Pflanzen*, 65(1):1-6.
- Käppeli, F. (2008). Der Buchsbaumzünsler – Im Eiltempo durch Basler Garten. g'plus – die Gärtner-Fachzeitschrift (Zürich), 20: 33.
- Kenis, M., Nacambo, S., Leuthardt, F.L.G., Di Domenico, F. & Haye, T., (2013).- The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster?.- *Aliens*, 33: 38-41.
- Krüger, E.O. (2008). *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). *Ent. Z., Frankf. a. M.*, 118: 81-83
- Leuthardt, F.L.G. & Baur, B., (2013).- Oviposition preference and larval development of the invasive moth *Cydalima perspectalis* on five European box-tree varieties.- *Journal of Applied Entomology*, 137(6):437-444.
- Leuthardt, F.L.G., Billen, W. & Baur, B. (2010). Ausbreitung des Buchsbaumzünslers *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in der Region Basel – eine für die Schweiz neue Schädlingsart. *Entomo Helvetica*, 3: 51-57.
- Leuthardt F.L.G., Glauser G., Baur B. (2013). – Composition of alkaloids in different box tree varieties and their uptake by the box tree moth *Cydalima perspectalis*. *Chemoecology*, 10p., DOI 10.1007/s00049-013-0134-1. Version online.
- Liebholt A., Brockerhoff E., Garret L., Parke J., Britton K. (2012) Live plant imports: the major pathway for the forest insect and pathogen invasions of the US. *Front Ecol Environ* 10: 135-143.
- Lodge D.M. (1993) Biological invasions – Lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 133-137.
- López, C., & Eizaguirre, M. (2019). Diapause and biological cycle of *Cydalima perspectalis* (Walker) in the eastern Pyrenees. *Journal of Applied Entomology*, (September), 1-9. <https://doi.org/10.1111/jen.12709>
- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., Bazzaz A., (2000) Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological applications*, 10, 689-710.

- Matosevic, D., Lukic, I., Bras, A., Lackovic, N. & Pernek, M. (2017).- Spatial Distribution, Genetic Diversity and Food Choice of Box Tree Moth (*Cydalima perspectalis*) in Croatia.- *South-east European forestry*, 8(1): 41-46.
- Muus, T.S.T., Van Haaften, E.J. & Van Deventer, L.J. (2009). De buxusmot *Palpita perspectalis* (Walker) in Nederland (Lepidoptera: Crambidae). *Ent. Ber., Amst.*, 69: 66-67
- Pérez-Otero, R., Rodríguez-Acevedo, A. & Mansilla, J.P. (2018). *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), Bolboreta do buxo. Estación Fitopatológica do Areeiro. Deputación de Pontevedra. Ficha técnica, 67: 1-4.
- Perny, B. (2010). Mass outbreak of box tree pyralid *Diaphania perspectabilis* in the East of Austria. *Forstschutz aktuell*, 50: 17-19
- Pino J., Font X., Carbó J., Jové M., Pallarès L. (2005) Large-scale correlates of alien plant invasion in Catalonia (NE of Spain). *Biological Conservation*, 122: 339-350.
- Roques A. (2010) Taxonomy, time and geographic patterns. *BioRisk* 4: 11-26
- Roques A., Auger-Rozenberg M-A., Blackburn T.M. et al. (2016) Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. *Biol Invasions* 18: 907-920.
- Sala O.E., Chapin III S.F., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H., (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.
- Seebens H., Blackburn T.M., Dyer E.E. et al (2018) Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proc Natl Acad Sci* 115: E2264-E2273.
- Sigg, C.R. (2009). Auch das noch: Ein neuer Buchs-Schändling schlägt zu. Massive Schaden durch den Buchsbaumzünsler. *Der Gartenbau (Solothurn)*, 4: 2-4.
- Teixidó, A. (2016). *Characterització de les boixedes, anàlisi i estudi dels efectes de l'estassada sobre la rebrotada induïda del boix (Buxus sempervirens) al Parc del Castell de Montesquiu*. Universitat de Lleida, Catalunya.
- Thuiller W., Richardson D.M., Midgley G.F., (2007) Will climate change promote alien plant invasions? In: Nentwig W. (ed.) *Biological invasions, ecological studies*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 197-211.
- Van der Straten, M. & Muus, T.S.T. (2010).- The box tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), an invasive alien moth ruining box tree. – *Proceedings of the Netherlands Entomological Society*, 21: 107-111.
- Vilà M., Ibàñez I., (2011) Plant invasions in the landscape. *Landscape Ecology* 26: 461-472.

- Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L, Rejmánek M., Westbrooks R., (1997). Introduced species: A significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21, 1-16.
- Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. & Li, H. (2014).- Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe?.- *Journal of Applied Entomology*, 138(10): 715-722.