

**Resposta dels artròpodes a una crema controlada
del Massís de Bonastre**

Gerard Laymon Vilaró

Grau en Biologia

gerlaymon@gmail.com

Tutor: Josep Maria Bas Lay

Empresa/institució: Universitat de Girona

Vistiplau tutor:

Nom del tutor:

Empresa / institució:

Correu electrònic:

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació:

1. Resum

1.1 Resposta dels artròpodes a una crema controlada del Massís de Bonastre

La massa forestal no para de créixer a la regió catalana, i amb ella augmenta el risc d'incendi. Cada vegada hi ha més estudis que tracten d'analitzar els efectes que produeixen els incendis per entendre com s'adapten els organismes a les noves condicions. Encara que alguns puguin pensar que els incendis són una cosa dolenta pels ecosistemes, les comunitats d'animals i de vegetals mediterrànies estan acostumades a la seva freqüència.

En aquest estudi s'intenta analitzar l'efecte que produeix una crema d'hivern a una particular comunitat d'insectes a la serra de Bonastre, Tarragona. Per mesurar l'efecte, es col·loquen 24 trampes *Pitfall* repartides entre 8 punts de mostreig a cada zona d'estudi, la cremada i la control. Cada dues setmanes durant 12 setmanes, es recullen les mostres i s'analitzen al laboratori. A més a més, s'estudia el recobriment vegetal i les particularitats de la zona per tenir-ho en compte durant el treball.

L'efecte que produeix la crema és una disminució considerable de la biomassa forestal però no de les espècies que hi habiten. La comunitat de les dues zones d'estudi és una brota de romaní, i s'observa que durant les setmanes que dura el mostreig, la comunitat de plantes de la zona cremada rebrota i no perd les espècies predominants.

Durant l'anàlisi de dades, s'observa que la riquesa d'artròpodes varia segons la zona d'estudi, però no es pot vincular directament a l'efecte de l'incendi a causa de la pèrdua de trampes de la zona cremada. L'anàlisi d'abundància específica per a cada ordre també mostra una diferència dels hemípters en particular, però no es considera com una conseqüència de la crema.

A més a més, s'estudien les espècies de la família *Formicidae* per intentar vincular les diferències d'abundància de cada zona amb l'efecte de l'incendi. Però considerats els resultats, s'arriba a la conclusió que ha de passar més temps perquè les diferents colònies de formigues colonitzin noves zones i s'observin resultats significatius.

Segons els resultats obtinguts es considera que no hi ha una resposta immediata als incendis, però tampoc es descarta que la pugués haver-hi amb el pas del temps. Per anar bé, l'estudi hauria de continuar per veure resultats a llarg termini. Finalment es pensa que s'hauria de gestionar el territori i tractar els incendis com un factor més a tenir en compte als ecosistemes mediterranis, i no com un agent a evitar.

1.2 Resumen: Respuesta de los artrópodos a una quema controlada del Macizo de Bonastre

La masa forestal no para de crecer en la región catalana, y con ella aumenta el riesgo de incendio. Cada vez hay más estudios que tratan de analizar los efectos que producen los incendios para entender cómo se adaptan los organismos a las nuevas condiciones. Aunque algunos puedan pensar que los incendios son algo malo para los ecosistemas, las comunidades de animales y de vegetales mediterráneas están acostumbradas a su frecuencia.

En este estudio se intenta analizar el efecto que produce una quema de invierno a una particular comunidad de insectos en la sierra de Bonastre, Tarragona. Para medir el efecto, se sitúan 24 trampas *Pitfall* repartidas entre 8 puntos de muestreo en cada zona de estudio, la quemada y la control. Cada dos semanas durante 12 semanas, se recogen las muestras y se analizan en el laboratorio. Además, se estudia el recubrimiento vegetal y las particularidades de la zona para tenerlo en cuenta durante el trabajo.

El efecto que produce la quema es una disminución considerable de la biomasa forestal pero no de las especies que habitan. La comunidad de las dos zonas de estudio es un matorral de romero, y se observa que durante las semanas que dura el muestreo, la comunidad de plantas de la zona quemada rebrota y no pierde las especies predominantes.

Durante el análisis de datos, se observa que la riqueza de artrópodos varía según la zona de estudio, pero no se puede vincular directamente a los efectos del incendio debido a la pérdida de trampas de la zona quemada. El análisis de abundancia específica para cada orden también muestra una diferencia de los hemípteros en particular, pero no se considera como una consecuencia de la quema.

Además, se estudian las especies de la familia *Formicidae* para intentar vincular las diferencias de abundancia de cada zona con el efecto del incendio. Pero considerados los resultados, se llega a la conclusión de que tiene que pasar más tiempo para que las diferentes colonias de hormigas colonicen nuevas zonas y se observen resultados significativos.

Según los resultados obtenidos se considera que no hay una respuesta inmediata a los incendios, pero tampoco se descarta que la pudiera haber con el paso del tiempo. Lo ideal sería que el estudio continuara para ver resultados a largo plazo. Finalmente se piensa que se debería gestionar el territorio y tratar los incendios como un factor más a tener en cuenta a los ecosistemas mediterráneos, y no como un agente evitar.

1.3 Abstract: Arthropod response to a controlled burning of Bonastre Massif

Forestry continues to grow in the Catalan region, increasing the risk of wildfires. Research is increasingly seeking to analyse the effects of fires to understand how organisms can adapt to new conditions. While some may think that fires are bad for ecosystems, Mediterranean communities of animals and vegetables are used to their frequency.

This study attempts to analyse the effect of a winter controlled burning on a particular insect community in the massif of Bonastre, Tarragona. To measure the effect, 24 *Pitfall* traps are placed among 8 sampling points in each study area, the burned and the control. Every two weeks for 12 weeks, samples are collected and analysed in the laboratory. In addition, the vegetation coating and the specific characteristics of the area are studied to be taken into account during the study.

The effect of the burning is a significant decline in forest biomass but not in the species they inhabit. The community of the two study areas is a rosemary bush, and it is noted that during the weeks of sampling, the community of plants in the burnt area rebounds and does not lose the predominant species.

During the analysis of data, it is noted that arthropod wealth varies by study area, but cannot be directly linked to the effects of the fire due to the loss of traps in the burned area. The specific abundance analysis by orders also shows a difference in Hemiptera, but is not considered as a consequence of the burning.

In addition, the species of the Formicidae family are studied to try to link the differences in abundance in each area with the fire effect. However, considering the results, it is concluded that more time has to pass so that colonies of ants colonize new area so it is possible to see significant results.

Based on the results obtained, it is considered that there is no immediate response to the fires, but it is not ruled out that there may be one over time. Ideally, the study should continue to see long-term results. Finally, it is thought that the territory should be managed and fires should be treated as one more factor to be taken into account in Mediterranean ecosystems, rather than as an agent to avoid.

Índex

1.	Resum.....	1
1.1	Resposta dels artròpodes a una crema controlada del Massís de Bonastre	1
1.2	Resumen: Respuesta de los artrópodos a una quema controlada del Macizo de Bonastre.....	2
1.3	Abstract: Arthropod response to a controlled burning of Bonastre Massif	3
2.	Introducció	5
3.	Objectives.....	6
4.	Metodologia	7
4.1	Zona d'estudi	7
4.2	Crema controlada.....	7
4.3	Recobriment vegetal	8
4.4	Comunitats d'artròpodes	9
4.5	Anàlisi de dades.....	10
4.5.1	Diversitat d'artròpodes	10
4.5.2	Anàlisi taxonòmic per ordres.....	11
4.5.3	Família Formicidae	12
5.	Resultats i discussió.....	13
5.1	Recobriment vegetal	13
5.2	Comunitats d'artròpodes	14
5.2.1	Diversitat d'artròpodes	14
5.2.2	Anàlisi taxonòmic per ordres.....	17
5.2.3	Família Formicidae	19
6.	Valors ètics i de sostenibilitat.....	21
7.	Conclusions.....	22
8.	Bibliografia.....	23

2. Introducció

La massa forestal dels països desenvolupats està augmentat a causa d'un abandonament de les zones rurals. En canvi, als països menys desenvolupats la desforestació és un problema molt important. Això és causa de la globalització, que en només l'últim segle, està provocant un desequilibri en l'ús del sòl a tot el món (FAO, 2018).

Avui en dia, l'activitat humana ha deixat de tenir la pressió que fins ara els boscos mediterranis havien suportat. Aquesta activitat beneficiava les comunitats locals i milloraven la salut dels ecosistemes. Els canvis en l'estil de vida actual, pot portar problemes econòmics, socials i ambientals (FAO i Plan Bleu, 2018).

Per aquest motiu, la massa forestal a la regió catalana augmenta cada any, i el risc d'incendi no para de créixer. Els incendis s'acostumen a veure com una problemàtica, però de fet el clima mediterrani està molt adaptat als incendis i acostumen a ser beneficiosos. Ajuden a la regeneració del bosc disminuint la massa forestal i creen nous hàbitats per a noves espècies colonitzadores (Pausas *et al.*, 2008). És per a això que molts autors consideren els incendis mediterranis com una pertorbació normal, i encara que no s'actui després de l'incendi o crema, la comunitat passa per diferents estats fins a arribar a l'estat d'abans l'incendi com qualsevol successió secundària.

Per fer front a aquest i altres problemes com el canvi climàtic que a mesura que passen els anys són cada vegada més greus, s'han de buscar mesures que no tractin els incendis com una problemàtica solament estival. La millor forma és dissenyar estratègies socials conjuntes que afavoreixin el desenvolupament sostenible de l'ecosistema (Campo *et al.*, 2010).

A mesura que aquests problemes es van fent més evidents, surten nous estudis que tracten d'entendre el funcionament de les comunitats que tinguin la capacitat d'adaptar-se a les noves condicions. D'aquests estudis es pot aprendre en la millora i gestió del territori, amb l'objectiu d'entendre quines són les mesures més efectives a adoptar en cada cas. En aquest moment, arribem al propòsit d'aquest estudi.

La massa forestal de la finca on es vol fer l'estudi, ha augmentat en els últims anys a causa de l'abandonament. Antigament, l'activitat agrícola de la zona era major, i ara el principal ingrés econòmic que reben els propietaris és l'activitat cinegètica que s'hi realitza.

Juntament amb el propietari de la finca i altres parts implicades que gestionen el territori, es proposa fer una crema per avaluar la resposta dels insectes. D'aqueta manera, es pot estudiar el comportament de la comunitat als incendis. Els responsables de realitzar la crema són la Unitat Tècnica GRAF (Grup d'Actuació Forestal) que forma part del cos de bombers.

3. Objectives

The main objective of this paper is to assess the effect of a controlled winter's fire in a specific insect community in Bonastre massif, province of Tarragona. The controlled wildfire is taken at the end of the second week of February. During the next ten weeks, insect samples were collected in two different plots.

These plots are used to compare the burned area with the non-burned area. Both plots are so similar and have the same characteristics. The methods to quantify richness and abundance of insects are the same in both areas. So fire is the only factor that changes in these plots.

To assess the effect of the controlled fire, it is about looking for the differences between both plots. It is studied the differences between arthropod diversity with some statistical indices. Richness and abundance are reviewed in the most common orders. And richness and abundance of the family *Formicidae* are also reviewed to have better results.

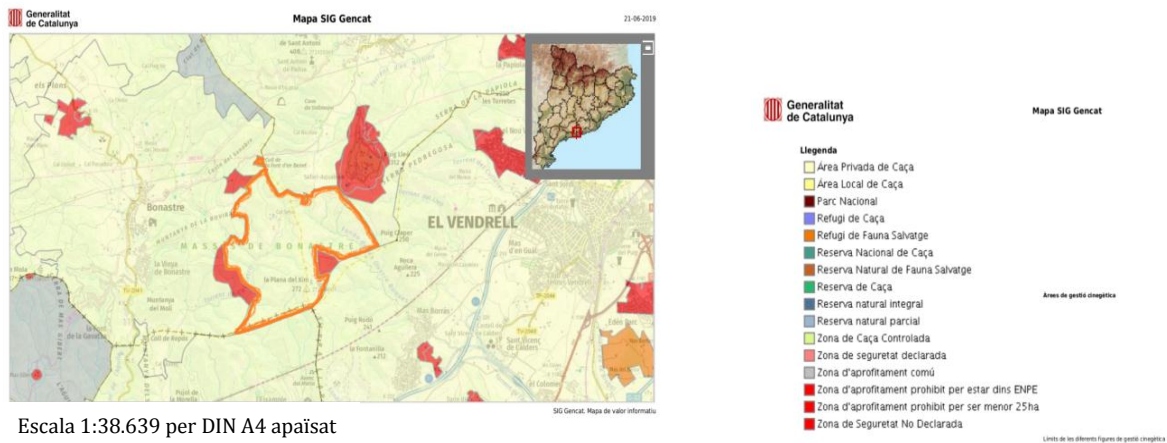
Finally, the differences found during the study have tried to relate to the effect of fire, but it doesn't always seem the logical reason. Discussion and conclusions are provided with bibliography.

4. Metodologia

4.1 Zona d'estudi

La finca es troba dins el Massís de Bonastre, inclosa a la Xarxa Natura 2000 com un espai de muntanya litoral amb codi ES5140014 (Institut Cartogràfic de Catalunya, Setembre 2009). També gaudeix d'estar inclosa al PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural), declarat com LIC (Lloc d'Interès Comunitari) i ZEPA (Zona d'Especial Protecció per a les Aus).

La finca de Pedragrossa "Cal Setró" (imatge 1) està situada al municipi de Bonastre, Tarragona. Ocupa una extensió de 373 ha, tot i que la zona d'estudi n'ocupa molt menys. És considerada una Àrea Privada de Caça amb codi T-10302.



Imatge 1. Finca de Pedragrossa "Cal Setró"

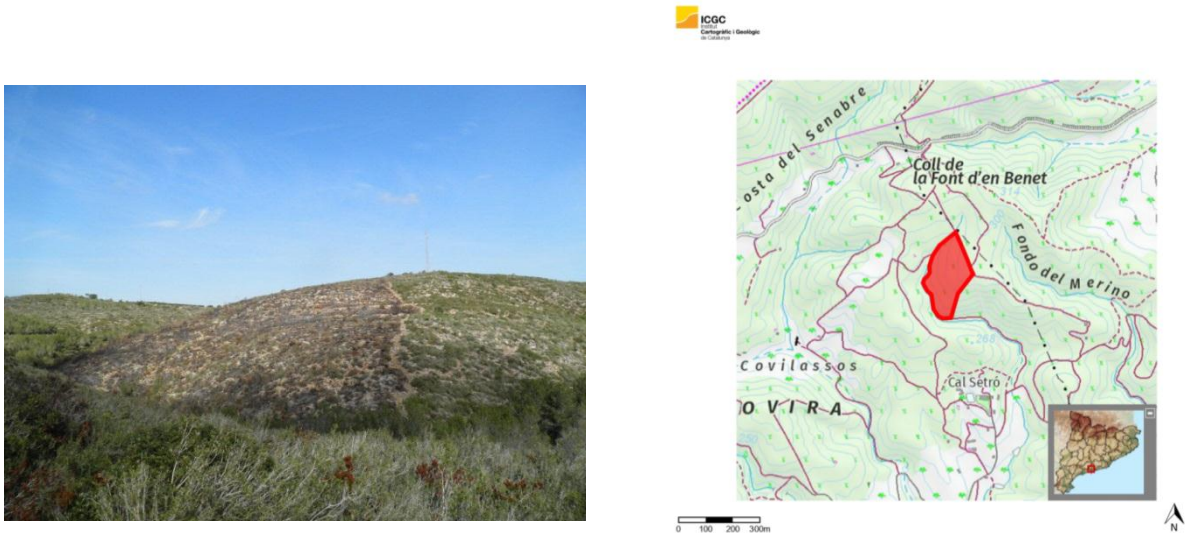
4.2 Crema controlada

Per concretar la zona de crema, es posen en contacte el responsable dels GRAF, els tècnics forestals que estudien la finca i la universitat interessada a fer l'estudi corresponent. Un cop es decideix la zona a cremar, es planifica l'estudi tenint en compte aquestes característiques.

La parcel·la ocupa una extensió de 3,3 ha dins la finca de Pedragrossa "Cal Setró" (imatge 2). Es vol fer la crema durant la segona setmana de febrer, durant una finestra amb condicions òptimes d'humitat, temperatura i vent. Si es considera que és un mal dia, es pot anul·lar a últim moment. Abans de la crema, els GRAF prepararen el terreny per cremar-lo sense perill. El dia de l'incendi s'espera realitzar un foc que cremi el 100% de la massa boscosa. Encara que cremi tota la massa forestal, si l'incendi és ràpid, les plantes rebroten de seguida.

Finalment, durant el dia de la crema no es troben les millors condicions per cremar la finca com s'esperava. La humitat és força elevada i no hi ha vent, cosa que dificulta la propagació de l'incendi. Tot i això, com que no hi ha risc d'incendi, la crema es tira endavant.

El tant per cent de vegetació cremada arriba entre el 50 i 60%. Hi ha zones amb pendent i vegetació seca que cremen més ràpidament i el foc es propaga per tota la zona. Hi ha zones que les torxes utilitzades per iniciar el foc no inicien la crema a causa que les condicions no ajuden a propagar l'incendi.

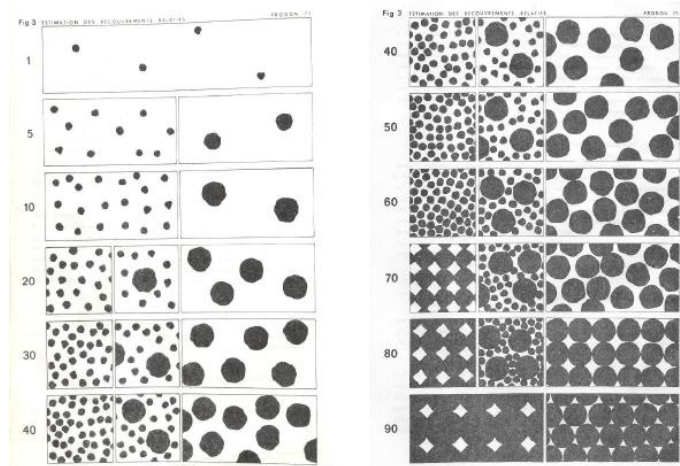


Imatge 2. Zona experimental després de la crema (esquerre), i la mateixa zona cremada vista en un mapa topogràfic (dreta).

4.3 Recobriment vegetal

Es realitza un petit estudi de les plantes més característiques del territori. L'objectiu d'aquest apartat és descriure la comunitat vegetal de les parcel·les tractades durant l'estudi per tenir-ho en compte durant el treball.

L'estudi es fa als mateixos punts on es posen les trampes (veure l'apartat "Trampes Pitfall"). Amb una cinta mètrica, es descriu una circumferència de 3 metres de radi i s'observen les característiques de la zona dins aquesta circumferència. La descripció del terreny es fa segons el tant per cent de recobriment vegetal relatiu a diferents alçades dins la circumferència. S'observa el percentatge que cobreix la vegetació i s'apunten a una fitxa. L'estima del recobriment es separa segons les següents alçades: la vegetació que va de 0cm del terra a 25cm, la que va de 25 cm a 50cm, de 50cm a 100cm i de 100cm a 200cm. Tenint en compte que es tracta d'un matollar, no hi ha espècies que superen els 2 metres. També es té en compte el % que ocupa el sòl nu i la superfície total de pedres que ocupa aquest sòl. Aquest mètode és el mateix que utilitza R. Prodon i J.D. Lebreton (1981) en un estudi sobre l'avifauna als Pirineus per descriure el recobriment vegetal a diferents gradients latitudinals.



Imatge 3. Estima de percentatges de recobriment relatiu (%) segons Prodon i Lebreton

A més a més, s'apunta a la fitxa esmentada les plantes característiques de cada punt. Es té en compte el substrat arbori, arbustiu i algun herbaci. Només les plantes més abundants que superen un quadrat de 25x25 cm es tenen en compte. Segons la seva abundància, es classifiquen amb un 1 si ocupen un quadrat d'entre 25x25 cm a 50x50 cm, 2 si ocupen de 50x50 cm a 100x100 cm, 3 de 100x100 cm a 200x200 cm i 4 si ocupen un quadrat més gran de 200x200 cm. Si hi ha algun comentari a destacar del punt de mostreig també s'apunta.

Es fan tres fitxes diferents de la descripció del terreny. El primer es realitza a la zona experimental abans de la crema, i s'estudien 8 punts de la parcel·la al mateix lloc on es posen les trampes (veure l'apartat "Trampes *Pitfall*"). L'estudi d'aquest recobriment serveix per compararlo amb la segona descripció del terreny, que correspon a la mateixa parcel·la però després de la crema. Finalment s'estudia la parcel·la control no cremada per comparar-la amb la cremada.

4.4 Comunitats d'artròpodes

Per avaluar l'impacte dels insectes durant una crema, s'utilitzen trampes per capturar-los. Es fan servir pots de plàstic del laboratori de 5,5 cm de diàmetre i 7 de fondària anomenades *Pitfall*. Per col·locar les trampes, s'ha de treure els taps i enterrar els pots a terra, de forma que quedin anivellats al mateix nivell del sòl. D'aquesta manera, si un insecte passa per sobre la trampa, cau i queda atrapat. El pot conté una solució d'etilenglicol per matar i alhora conservar els insectes que cauen a la trampa.

Es diferencien dues parcel·les o zones principals durant tot l'estudi, la zona experimental o cremada i la zona control. A cada parcel·la es marquen 8 punts aleatòriament repartits per tota la zona. S'intenta que els punts siguin representatius de la zona estudiada, així que es busquen punts allunyats entre ells i no pròxims a les vores que delimiten la zona d'estudi. Aquests punts són els mateixos que es fan servir per fer la descripció del terreny. Es marca cada punt amb un GPS per tenir-los controlats. S'assigna cada punt el número marcat amb el GPS, i es té en compte al llarg de tot el treball.

De cada punt marcat amb el GPS, es col·loquen 3 *Pitfall* a una distància aproximada entre 1,5 i 2 metres del punt central. D'aquesta manera, s'aconsegueix dibuixar un triangle més o menys equilàter amb la màxima àrea possible. Si es sumen totes les mostres, en un dia de mostreig s'obtenen 48 trampes, 24 de cada parcel·la. En total es fan 6 mostrejos, 1 abans de la crema i 5 després, separats entre ells per unes dues setmanes.



Imatge 4. Parcel·la experimental (esquerre) i control (dreta) amb els punts d'estudi marcats

4.5 Anàlisi de dades

4.5.1 Diversitat d'artròpodes

Per poder analitzar les mostres, es recullen del camp per portar-les al laboratori de biologia de la universitat de Girona. Com s'ha comentat abans, de cada punt de mostreig es col·loquen tres trampes, però a l'hora de recollir-les no sempre hi són totes. És molt comú que les trampes estiguin fora de lloc per culpa d'un animal o altres factors, així que al laboratori s'utilitza l'abundància corregida segons el nombre de mostres trobades a cada punt.

A mesura que s'observen les mostres amb la lupa de laboratori, es classifiquen a nivell d'ordre els insectes i s'apunten en una taula d'Excel. Aquest procediment serà útil més endavant per fer els càlculs necessaris.

Per buscar la diferència entre zona cremada o experimental i la zona control, es calcula la biodiversitat ecològica de la comunitat. La diversitat depèn de dos factors principals, la riquesa específica de la comunitat mesurada en el nombre d'espècies que formen la comunitat, i l'abundància relativa de cada una de les espècies. A partir d'aquí, es calculen diferents índex. El primer índex que es calcula és l'índex de Margalef, aquest no considera l'abundància relativa de cada una de les espècies, i el valor màxim que pot prendre correspon al moment en què cada espècie és representada per un sol individu. Aquest índex es modifica segons la seva inversa per obtenir valors alts quan la diversitat és major. El següent índex és el de Simpson, que a

diferència del primer es basa sobretot en el conjunt de les abundàncies relatives i molt poc en la riquesa específica. L'índex de Shannon-Wiener, en canvi, pesa tant la riquesa com la uniformitat de la comunitat, i per tant és el més utilitzat. Un altre valor molt útil és l'equitativitat, que va de 0 a 1 i mesura la relació entre la diversitat real i la màxima teòrica. Finalment, l'últim valor que es calcula és l'índex de Berger-Parker, que mesura el grau de dominància de l'espècie més abundant. Aquest últim també es modifica segons la seva diferència respecte a 1 (Romani *et al.*, 2018).

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N} \quad D = \sum_1^S p_i^2 \quad H' = -\sum_1^S p_i \log_2 p_i$$

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \quad d = \frac{N_{max}}{N}$$

Imatge 5. Fórmules dels índexs utilitzats. Començant de l'esquerre de dalt a la dreta de baix: índex de Margalef, Simpson, Shannon-Wiener, equitativitat i Berger-Parker

Un cop s'obtenen tots els valors de cada punt i tots els mostrejos, es procedeix a fer una anova entre la zona cremada i la control per observar si existeixen diferències significatives. L'anova es fa de tots els índexs calculats i es discuteixen els resultats més endavant.

4.5.2 Anàlisi taxonòmic per ordres

A més d'estudiar la diversitat de tots els insectes en general, es procedeix a fer un estudi més precís de cada ordre. Aquest segon estudi vol donar més importància a l'abundància i riquesa dels ordres per comparar-les, i no basar-se principalment en la diversitat com el primer. A cada zona hi ha vuit punts de mostreig, i en total són cinc mostrejos (sis si es compta el primer mostreig que es fa abans de l'incendi).

Per trobar la riquesa d'espècies dins un mateix ordre es quantifica a partir dels organismes amb característiques morfològiques comuns, o sigui, per morfoespècies. Per observar aquestes característiques, és imprescindible l'ús d'una lupa de laboratori que permeti identificar la forma, mida, color i altres característiques com els artells en el cas de les formigues que puguin ser útils per diferenciar dos insectes en contret. Les morfoespècies són acumulatives entre un punt de mostreig i un altre, així que quan s'agrupen punts de mostreig, és possible que algunes morfoespècies es trobin repetides. L'abundància no té aquest problema.

Per comparar els dos índexs, primer es modifiquen segons el nombre de trampes recollides. Si s'han recollit menys trampes de les que s'hi han col·locat, es multiplica el valor d'abundància i riquesa obtingut per la relació "trampes col·locades entre trampes recollides". D'aquesta manera els valors augmenten com menys trampes es troben. L'objectiu és comparar la mitjana de riquesa i abundància per ordres d'artròpodes dels quatre mostrejos entre les dues zones d'estudi. Per observar-ho amb més claredat, s'utilitzen gràfiques.

Es busquen els ordres més abundants com els Dípters, Aràcnids o Himenòpters, i no es tenen en compte els ordres amb un índex menor de 5 tot i que al primer estudi sí s'han tingut en compte. La raó d'això és comparar els ordres que tinguin valors suficientment fiables per l'estudi. S'utilitza una anova d'un factor per trobar les diferències entre el factor incendi.

4.5.3 Família Formicidae

La tercera i última part de l'anàlisi de dades és l'estudi de les formigues. Durant l'estudi, no s'observen diferències clares entre les dues zones mostrejades pel que fa als ordres d'insectes, així que es busca una altra forma per avaluar els resultats. Una possibilitat és utilitzar una família d'insectes per avaluar l'efecte de l'incendi, i es decideix utilitzar la família Formicidae.

De cada punt de mostreig, se separen les formigues i s'identifiquen fins a nivell d'espècie amb l'ajuda d'experts i guies taxonòmiques com la web *Hormigas.org*. Un cop es classifiquen totes les formigues, es fa una taula Excel amb les dades recollides. Durant el mostreig, s'espatllen algunes trampes, així que primer es corregeix l'abundància en funció de les trampes recollides. L'abundància es corregeix segons la relació trampes col·locades i trampes recollides. D'aquesta manera l'abundància amb punt de mostreig amb menys trampes, augmenta.

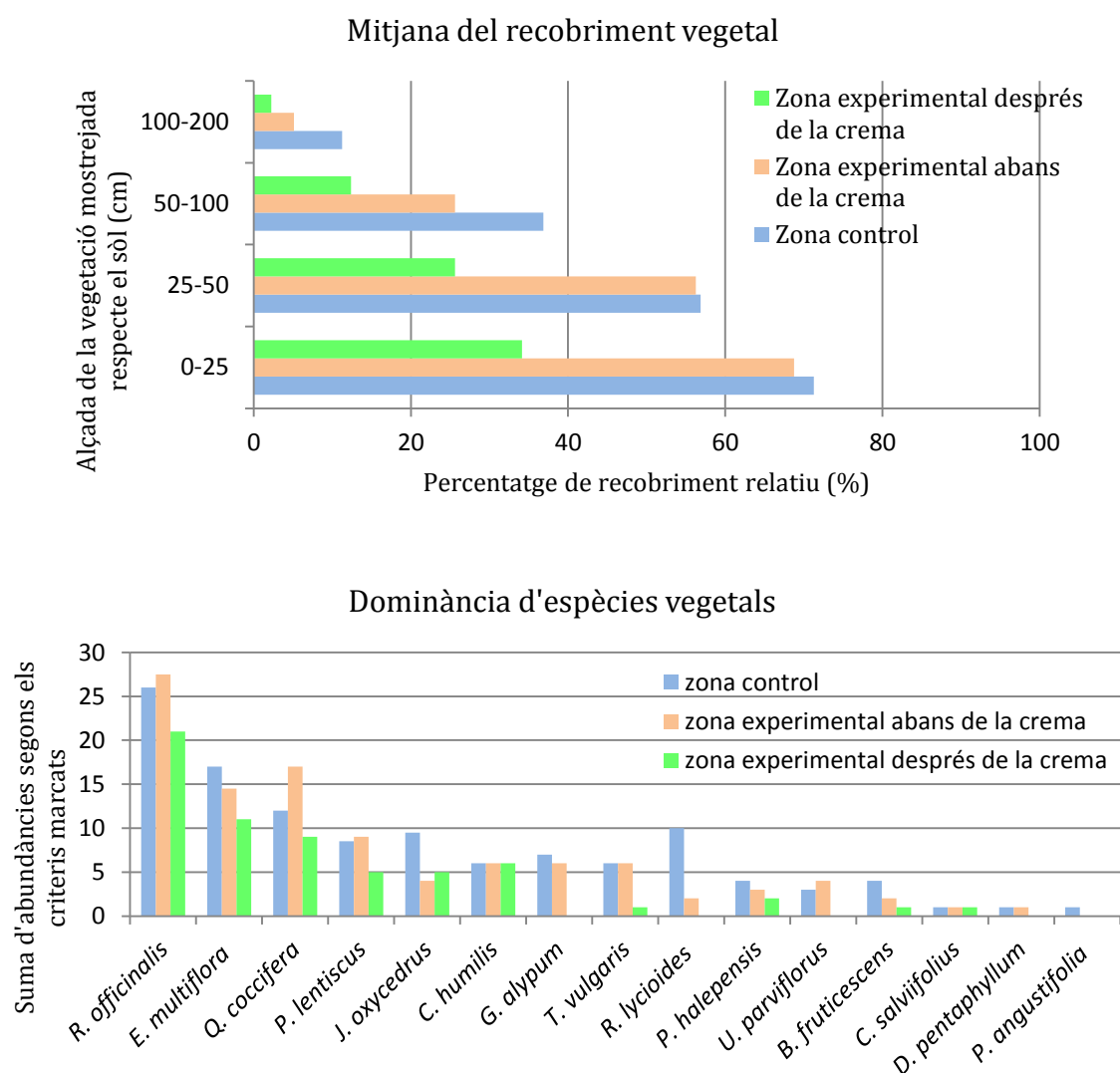
Quan es tenen les dades a punt, s'utilitza l'estadística per comprovar si existeixen diferències significatives entre les dues zones d'estudi. Degut al fet que algunes espècies de formigues estan més vinculades a certs tipus d'hàbitats que altres, s'intenta estudiar si l'incendi causa algun efecte sobre les poblacions d'aquests insectes.

5. Resultats i discussió

5.1 Recobriment vegetal

L'estrat vegetal que domina la zona d'estudi és l'arbustiu. Trobem algun *Pinus halepensis* a la parcel·la però estan molt dispersos entre ells i no superen els 2 metres d'alçada, per això no podem considerar la zona com un bosc dominat per pins. La majoria de plantes que trobem són arbustos entre 1 i 1,5 metres d'alçada.

Com s'observa a la següent gràfica, la biomassa arbustiva disminueix considerablement després de l'incendi a tots els estrats arbustius. En canvi, en comparar la zona control amb l'experimental abans de la crema, no s'observen gaires diferències.



Imatge 6. Recobriment vegetal segons el percentatge relatiu a diferents alçades i segons l'abundància de diferents espècies

Comparant la parcel·la experimental abans i després de la crema, observem que disminueix la biomassa de totes les espècies. Tot i això, no es descriuen noves espècies. L'única diferència a comentar és la major abundància de *Rhamnus lycioides* (arçot) a la zona control. La parcel·la control i la experimental abans de la crema són força semblants. Poc després de la pertorbació, algunes espècies com *Quercus coccifera* (garric) comencen a rebrotar (imatge 7).

Segons aquestes característiques descrites, considerem que les dues parcel·les es tracten de brolles de romaní amb codi 32.42 segons el Manual dels hàbitats de Catalunya realitzat pel Departament de Territori i Sostenibilitat el 2016. Les parcel·les ocupen una zona de sòl calcari, de terra baixa a prop de la costa on durant l'estiu es torna una zona bastant seca.

Avaluant els efectes de l'incendi s'observa que no hi ha una diferència a la comunitat vegetal de la zona cremada. Així doncs, la comunitat es comporta com si l'incendi es tractés d'una simple pertorbació, i el rebrotament de les espècies més dominants indica l'inici d'una successió secundària. Alguns autors consideren que les comunitats passen per diferents estats després d'una crema fins a arribar al seu estat previ, i per tant no és necessària una acció post-incendi (Pons, 2007).



Imatge 7. Zona cremada on s'observa el garric rebrotant durant l'última setmana de mostreig

5.2 Comunitats d'artròpodes

5.2.1 Diversitat d'artròpodes

El nombre d'individus trobats al laboratori és molt alt, així doncs, degut a la elevada quantitat d'hores destinades a classificar els artròpodes, finalment s'utilitzen els resultats de 5 mostrejors.

El mostreig 1 correspon a l'anàlisi de les parcel·les durant una setmana abans de la crema. Si observem els resultats obtinguts a la taula "1r mostreig" de la imatge 8, veiem que tots els índexs compleixen els supòsits de normalitat i homoscedasticitat menys la equitativitat, així que utilitzem un test no paramètric *Kruskal-Wallis* per aquest últim. Si mirem el p valor de l'Anova de cada paràmetre, observem que no hi ha cap índex de diversitat amb una diferència significativa entre el factor parcel·la exceptuant la riquesa. El p valor és de 0,04.

Els supòsits del segon mostreig no es compleixen tots. L'índex de Shannon no compleix l'homoscedasticitat, així doncs, la variància de l'error associat a la variable explicativa és significativament diferent segons la zona estudiada. A més a més, la normalitat de l'equitativitat tampoc es compleix a causa d'un valor més baix en comparació a la resta. Pel que fa als valors dels índexs de diversitat (variable depenent) no s'han observat diferències significatives segons el factor incendi. S'utilitza el test estadístic corresponent segons les circumstàncies.

Els supòsits del tercer mostreig es compleixen tots. En canvi, l'anova dels índex de riquesa i Margalef presenta diferències significatives, tenen un p valor per sota de 0,05. Cal destacar que l'índex de Margalef no té en compte l'abundància de cada espècie i es basa bàsicament en la riquesa i el nombre total d'individus.

El quart mostreig no té els mateixos graus de llibertat que els altres a causa que es van fer malbé les trampes de dos punts de mostreig. Cal destacar que durant la recollida de mostres, es va observar un niu probablement de teixó a prop dels punts de mostreig. Pel que fa als supòsits, l'índex de Margalef no compleix el supòsit d'homoscedasticitat. Com el mostreig anterior, l'anova dels índex de riquesa i Margalef presenta diferències significatives segons l'efecte de l'incendi.

Finalment els resultats de l'últim mostreig s'han vist molt afectats per la presència de col·lèmbols. Això ha fet que els supòsits de normalitat no es compleixin. Sense la presència d'aquests, els supòsits sí que es compleixen i no existeixen diferències significatives entre zones d'estudi pel que fa la diversitat.

1r mostreig									
Variable	Zona	mitjana	variància	g.d.l.	F	p	Shapiro	Levene	
Riquesa	Control	16,63	3,66	1,14	5,10	0,04	0,52	0,49	
	Crema	12,63	3,42						
Margalef	Control	6,29	1,39	1,14	3,18	0,10	0,52	0,40	
	Crema	5,20	1,00						
Simpson	Control	7,84	3,09	1,14	2,76	0,12	0,72	0,44	
	Crema	5,59	2,27						
Shannon	Control	3,40	0,55	1,14	3,08	0,10	0,38	0,97	
	Crema	2,95	0,47						
Equitativitat	Control	0,84	0,10	1,14	0,25	0,46	0,04	0,74	
	Crema	0,82	0,09						
Berger-Parke	Control	0,70	0,14	1,14	1,32	0,27	0,12	0,79	
	Crema	0,62	0,12						

2n mostreig									
Variable	Zona	mitjana	variància	de llib	F	p	Shapiro	Levene	
Riquesa	Control	26,63	5,73	1,14	0,66	0,43	0,37	0,36	
	Crema	23,88	7,64						
Margalef	Control	8,18	1,47	1,14	2,59	0,13	0,44	0,34	
	Crema	6,70	2,14						
Simpson	Control	10,09	2,63	1,14	1,25	0,28	0,59	0,53	
	Crema	8,03	4,50						
Shannon	Control	3,99	0,33	1,14	2,95	0,11	0,24	0,04	
	Crema	3,55	0,63						
Equitativitat	Control	0,85	0,05	1,14	1,88	0,34	0,02	0,11	
	Crema	0,79	0,10						
Berger-Parke	Control	0,75	0,08	1,14	1,16	0,30	0,14	0,56	
	Crema	0,70	0,13						

3r mostreig									
Variable	Zona	mitjana	variàncies de llib	F	p	Shapiro	Levene		
Riquesa	Control	29,50	5,07	1,14	5,22	0,04	0,99	0,40	
	Crema	24,25	4,06						
Margalef	Control	7,91	1,43	1,14	6,60	0,02	1,00	0,45	
	Crema	6,33	1,00						
Simpson	Control	8,31	1,57	1,14	0,02	0,89	0,43	0,26	
	Crema	8,49	3,08						
Shannon	Control	3,87	0,30	1,14	1,59	0,23	0,79	0,88	
	Crema	3,67	0,33						
Equitativitat	Control	0,79	0,03	1,14	0,08	0,79	0,35	0,05	
	Crema	0,80	0,07						
Berger-Parke	Control	0,72	0,05	1,14	0,10	0,76	0,08	0,30	
	Crema	0,73	0,11						

4t mostreig									
Variable	Zona	mitjana	variàncies de llib	F	p	Shapiro	Levene		
Riquesa	Control	31,13	4,82	1,12	7,93	0,02	0,34	0,13	
	Crema	21,50	7,97						
Margalef	Control	8,50	1,13	1,12	6,72	0,02	0,06	0,01	
	Crema	6,00	2,43						
Simpson	Control	8,52	2,43	1,12	0,17	0,69	0,18	0,55	
	Crema	8,01	2,12						
Shannon	Control	3,92	0,31	1,12	2,81	0,12	0,98	0,79	
	Crema	3,63	0,34						
Equitativitat	Control	0,79	0,05	1,12	2,68	0,13	0,88	0,23	
	Crema	0,84	0,07						
Berger-Parke	Control	0,72	0,07	1,12	0,00	1,00	0,54	0,44	
	Crema	0,72	0,09						

5e mostreig								
Variable	Zona	mitjana	variància	s de llib	F	p	Shapiro	Levene
Riquesa	Control	28,88	6,06	1,14	0,06	0,81	0,63	0,31
	Crema	28,25	4,13					
Margalef	Control	6,93	2,36	1,14	0,42	0,53	0,91	0,14
	Crema	7,54	1,29					
Simpson	Control	7,19	5,66	1,14	0,38	0,55	0,14	0,06
	Crema	8,64	3,63					
Shannon	Control	2,75	1,81	1,14	2,48	0,14	0,00	0,04
	Crema	3,79	0,45					
Equitativitat	Control	0,57	0,37	1,14	2,64	0,13	0,00	0,05
	Crema	0,79	0,07					
Berger-Parke	Control	0,51	0,37	1,14	2,26	0,16	0,00	0,07
	Crema	0,71	0,11					

Imatge 8. Resultats dels índex de diversitat fetes per Anova quan es compleixen els supòsits, i per Kruskal-Wallis quan no es compleixen

Si mirem els resultats en conjunt, observem que els índex de riquesa i Margalef tenen tendència a ser significatius segons la zona d'estudi. En general, la riquesa acostuma a ser major a la zona control. En concret, els mostrejos 1, 3 i 4 són significativament majors. Però això no demostra que sigui un efecte directe de l'incendi.

Si observem amb més detall la taula de resultats, recordem que durant la recollida de trapes es van perdre molts punts de mostreig, sobretot a la zona cremada. De fet, durant el mostreig 4 es van perdre fins a 12 de 24 trapes a la zona cremada, i cap a la zona control. Això ha afectat directament als resultats, no en el seu conjunt però sí a la riquesa que està directament relacionada amb el nombre de mostres analitzades, i a l'índex de Margalef que està estretament vinculat a la riquesa d'espècies. Una possible explicació a la pèrdua de mostres a la zona cremada és l'obertura d'espais. Si considerem que la zona cremada afavoreix la regeneració i fa que els mamífers la freqüentin més sovint (Sainz-Elipe, S. et al, 2012), és possible que les hagin malmès. Un exemple el tenim amb la presència del niu d'un teixó que es va trobar durant la recollida de mostres.

Sense deixar de banda els índexs de riquesa i Margalef, observem que els valors són significativament menors al primer mostreig. Això és degut a una menor quantitat d'artròpodes a les trapes, probablement causat per la diferència entre el temps mostrejat entre el primer mostreig d'una setmana, i la resta de dues setmanes.

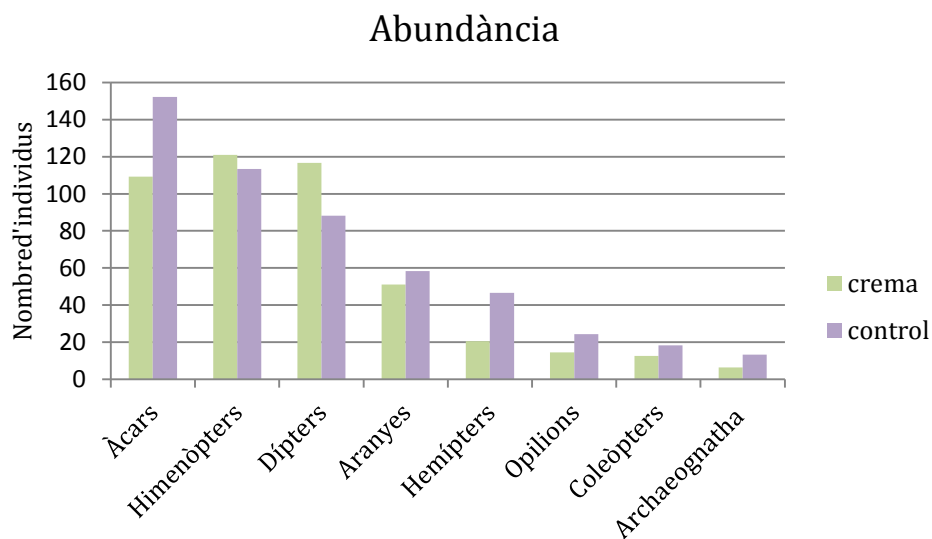
Si ens fixem amb els índexs més relacionats amb l'abundància de cada espècie, observem que no hi ha diferències significatives entre les dues zones d'estudi. Tant l'índex de Simpson modificat com el de Shannon presenten valors molt elevats en relació amb els seus màxims. Això és degut al fet que la majoria de mostrejos l'abundància relativa de cada morfoespècie és molt semblant. Exceptuant els col·lèmbols de l'últim mostreig, no hi ha trapes amb un excés d'individus de la mateixa espècie.

Els dos índexs que queden són l'equitativitat i Berger-Parker. L'equitativitat mesura la relació entre la diversitat real i la màxima teòrica. En la majoria dels casos els valors són alts, cosa que significa una elevada diversitat de les dues zones d'estudi. L'índex de Berger-Parker modificat també és elevat, fet que ens explica que el grau de dominància de l'espècie més abundant és baix. Això ens confirma els resultats dels altres índex sobre la similitud d'abundància relativa de cada espècie. Tot i això, l'índex de Berger-Parker es veu afectat per l'abundància dels col·lèmbols de l'últim mostreig.

Finalment s'ha de parlar del cas dels col·lèmbols per separat. En tres punts de mostreig de la zona control del mostreig 5, s'ha superat el miler d'exemplars. Fins aquest moment això no havia passat, i ha provocat que no es complís la normalitat. Com s'ha explicat abans, sense la presència dels col·lèmbols, els supòsits sí que es compleixen. Tot i això, no hi ha diferències significatives entre les dues zones d'estudi. No es pot vincular la presència de tants col·lèmbols només a la zona control, perquè a la zona cremada del mostreig 6 que no s'ha acabat analitzant, també s'ha superat el miler d'exemplars.

5.2.2 Anàlisi taxonòmic per ordres

Per estudiar les diferències entre ordres d'artròpodes, es calculen els índexs d'abundància i riquesa dels quatre mostrejors post-incendi. A la imatge 9 s'observa la mitjana d'abundància dels quatre mostrejors depenent de cada ordre. No hi ha representada la variància perquè en molts casos és superior al doble del propi valor de la mitjana i la gràfica queda poc esquemàtica. Tampoc hi ha representat l'ordre Collembola perquè no compleix el supòsit de normalitat degut a un factor que s'explica a la discussió. Per comprovar la dependència del factor incendi s'utilitza el test anova els casos que compleixen els supòsits de normalitat i homoscedasticitat. Els ordres Archaeognatha i Hemípter no compleixen la normalitat i s'utilitza el test no paramètric *Kruskal-Wallis* que presenta menys robustesa. Per ordre de representació al gràfic, el p valor dels Àcars és de 0.484, els Himenòpters de 0.815, els Dípters de 0.601, les Aranyes de 0.486, els Hemípters de 0.030, els Opilions de 0.161, els Coleòpters de 0.202, i els Archaeognatha de 0.375. Com podem observar, l'únic ordre amb una diferència significativa pel que fa el factor incendi són els Hemípters, amb major abundància a la zona control.

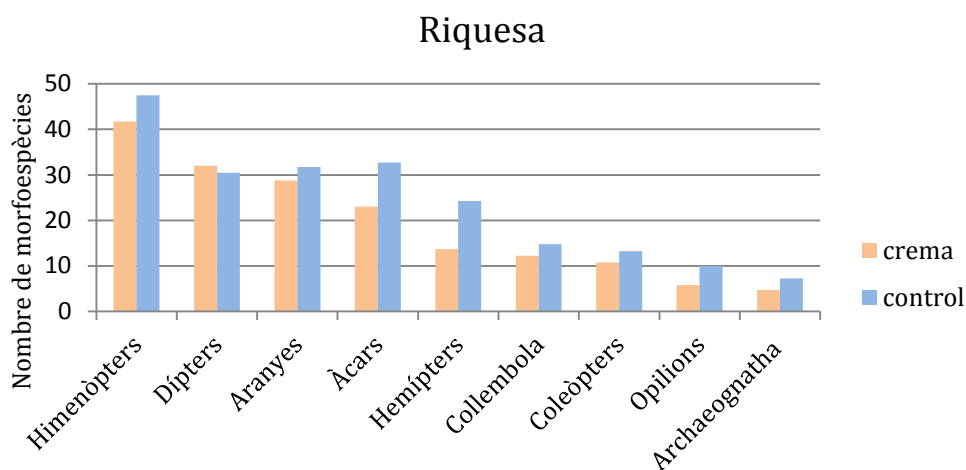


Imatge 9. Abundància total d'individus per ordres segons la zona mostrejada

A la imatge 10 s'observa la mitjana de riquesa dels quatre mostrejors per a cada ordre. Igual que el cas de l'abundància, la variància no està representada a causa del seu elevat valor. Les mitjanes que no superen el valor de 5 tampoc estan representats, per exemple alguns ordres com els Isòpodes, Tisanòpters o Lepidòpters. L'ordre que presenta major riquesa d'espècies són els Himenòpters. Cal destacar que durant el mostreig, no s'han comparat les morfoespècies d'un

punt de mostreig amb un altre, i per tant es van acumulant al nombre total de morfoespècies per a cada mostreig. Com veurem a la tercera part de l'estudi, s'agafen totes les morfoespècies de formigues i es comparen, i es comprova que moltes d'aquestes morfoespècies que abans es comptabilitzen com diferents, després resulten ser les mateixes.

Per comparar el grau de dependència del factor incendi s'utilitza l'estadística. Primer, es comproven els supòsits de normalitat i homoscedasticitat. Es fan el test de normalitat de Shapiro-Wilk i el test de Levene per comprovar-ho i s'observa que es compleixen tots. Després, es busca el p valor del test Anova per trobar la dependència del factor crema. Per ordre de representació a la gràfica, el p valor de cada ordre és 0.459 els Himenòpters, 0.862 els Dípters, 0.605 les Aranyes, 0.119 els Àcars, 0.016 els Hemípters, 0.227 els Collembola, 0.369 els Coleòpters, 0.139 els Opilions i 0.217 els Archaeognatha. Així doncs, l'ordre dels Hemípters és l'únic que presenta una diferència prou significativa entre les dues zones d'estudi segons el factor incendi. La mitjana de riquesa de la zona cremada és 13.75 ± 3.50 i la de la zona control 24.25 ± 5.32 .



Imatge 10. Riquesa de morfoespècies de cada ordre segons la zona mostrejada

L'elevada abundància dels col·lèmbols de la zona control a l'últim mostreig, fa variar molt la mitjana. Com que no té rellevància a l'estudi, es decideix no dibuixar-la a la gràfica. Dit això, els altres ordres més abundants tenen una abundància mitjana major de 100, valor que es considera prou elevat, però cap presenta diferències significatives pel factor incendi.

L'únic ordre amb una diferència significativa són els hemípters, però no ho podem considerar com una conseqüència directe del factor incendi. Cal recordar que la finca allibera de forma intensiva perdius per poder-les caçar, i que durant les setmanes de mostreig, els propietaris de la finca van fer més d'un alliberament. Segons un estudi realitzat per M^a Josús Rueda et al. el 1993, el principal ordre del qual s'alimenten les perdius vermelles són els hemípters, tot i que les perdius s'alimenten principalment d'altres aliments d'origen vegetal durant l'edat adulta (Nogueras, 2008).

Finalment, no s'han trobat articles que vinculin la disminució dels hemípters amb els incendis, i no s'ha de passar per alt que els altres ordres no han disminuït. De fet, la regió mediterrània està molt adaptada als incendis, i s'acostuma a veure com una cosa negativa quan en veritat regenera els boscos i crea nous hàbitats per a més espècies (Bodí *et al.*, 2012).

Si ens fixem amb la riquesa d'espècies, els hemípters també és l'únic ordre que presenta una diferència significativa entre les dues zones d'estudi. L'abundància i la riquesa no són dos valors que estan relacionats, però en el nostre cas és possible que sí. Com es diu anteriorment, la riquesa d'aquest estudi està basada en les morfoespècies de cada punt de mostreig, i encara que en una zona hi ha individus que pertanyen a la mateixa espècie, si es troben en punts de mostreig diferent, es comptabilitzen com a morfoespècies diferents, cosa que fa augmentar el valor final de riquesa.

El fet de no obtenir uns resultats clars, genera que s'enfoqui l'estudi d'una altra manera. En comptes de buscar les diferències entre ordres, una possible solució és buscar-les a nivell d'espècie. Cada espècie està associada a un hàbitat en concret, així que si es troben diferències a nivell d'espècie, es pot relacionar segons l'hàbitat que ocupa.

Entre els ordres més rics i abundants, cal destacar els himenòpters. En concret, la família *Formicidae* es considera un bon indicador enfront dels incendis (Nunes *et al*, 2000). Del total dels 991 himenòpters analitzats al laboratori, 657 són formigues. Per tot això es considera que la família *Formicidae* és la més adient per continuar l'estudi.

5.2.3 Família Formicidae

Per comparar les diferents espècies de formigues segons la zona d'estudi, es calcula la mitjana d'abundància total de cada mostreig. No hi ha representada la variància a causa que alguns casos, la variància supera més del doble el valor de la mitja i la gràfica queda poc representativa.

Per avaluar la dependència de cada espècie al factor incendi, primer es comproven els supòsits de normalitat i homoscedasticitat. Si es compleixen els supòsits, s'utilitza un test estadístic anova per buscar el grau de significació de les dues zones d'estudi. Si no compleixen els supòsits, s'utilitza un test no paramètric de *Kruskal-Wallis* amb menys robustesa que l'anova per comparar les dues zones d'estudi. Quan el p valor és inferior a 0.05, el valor d'abundància d'una espècie de formiga és significativament diferent segons la zona d'estudi.

Per ordre de representació a la gràfica, el p valor segons el test estadístic que s'ha utilitzat és, de l'espècie *Plagiolepis pygmaea* 0.364, de *Pheidole pallidula* és 0.001, *Crematogaster sordidula* 0.021, *Formica subrufa* 0.885, *Temnothorax sp* 0.690, *Aphaenogaster subterranea* 0.158, *Messor capitatus* 0.559, *Camponotus sylvaticus* 0.474, *Soleopsis sp* 0.190, *Leptothorax sp* 0.539 i *Lasius sp* 0.317.

Com es pot comprovar, hi ha dues espècies que tenen una diferència significativa entre les dues zones d'estudi. Una és *Crematogaster sordidula* i l'altre és *Pheidole pallidula*. En els dos casos, l'abundància a la zona cremada és significativament major.

Abundància de formigues

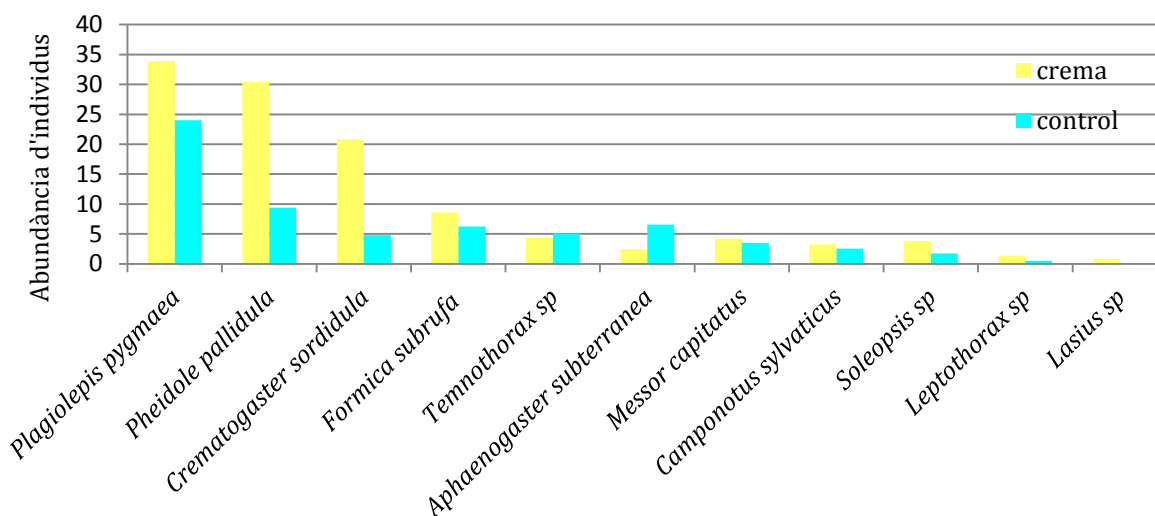


Figura 11. Mitjana d'abundància de diferents espècies de formigues segons la zona d'estudi

Segons la web *AntWeb*, *C. sordidula* habita principalment a les vores dels boscos en llocs àrids, i nidifiquen al sòl. En canvi, *P. pallidula* habita principalment en ambients oberts de zones àrides i sovint en zones urbanes, i nidifiquen en llocs rocosos. Però aquest cop tampoc es pot assegurar que les diferències siguin efecte directe de l'incendi. Primer, s'ha de considerar algun que altre factor.

Per una banda, es pot pensar que després de l'incendi, les poblacions més adaptades a la pertorbació en surten beneficiades. Si fos així, les dues espècies haurien augmentat progressivament la mida de la població durant les setmanes que s'han fet els mostrejos, i no és així. En el cas de *C. sordidula* ha disminuït i *P. pallidula* s'ha mantingut.

Un estudi realitzat pel CREAM el 2006 per X. Arnan et al. demostra que les poblacions de formigues mediterrànies es veuen més afectades per les condicions ambientals del lloc on viuen que no pas per l'incendi. Segons l'estudi, les comunitats de formigues que viuen en zones seques com la nostra, es recuperen més ràpid als incendis que en zones més humides. Això és degut al fet que la comunitat de formigues està més adaptada a aquestes condicions. A més a més, hi ha autors que vinculen l'augment d'abundància a la facilitat de captura degut a l'increment de l'activitat de les formigues després de l'incendi (Andersen, 1985).

Per altra banda, la resposta de les formigues als incendis acostuma a ser més lenta del que s'espera en l'estudi. La comunitat de formigues ha de tenir temps a formar noves reines i a colonitzar nous territoris. Per a això, les diferències s'acostumen a veure al cap de dos anys (York, 1996).

Tenint en compte que els incendis mediterranis actuen com una pertorbació, les comunitats animals i vegetals s'han de recuperar i donar temps a les espècies per aprofitar les noves característiques. Així doncs, la major diversitat apareix entre 2 i 4 anys després de la crema (Kutiel, 1997). Per aquests motius, no es pot relacionar la diferència entre comunitats de formigues de les dues zones estudiades a l'efecte de l'incendi.

6. Valors ètics i de sostenibilitat

La forma com es realitza un treball pot donar molta informació sobre els valors de la persona encarregada de l'estudi. És un error considerar que la vida professional pot justificar actes moralment injustos i perjudicials per a l'entorn. Existeixen molts casos que "en nom de la ciència", s'han justificat estudis i experiments difícilment imaginables.

La gent realment conscienciada amb valors socialment justos i respectuosos amb el medi, pensa en la implicació dels seus actes durant el dia a dia i en com repercuteix als altres. Aquest estudi no podia ser una excepció i també es fa.

D'entrada, cal parlar sobre la captura d'insectes. Hi ha poques formes per capturar insectes epigeus i conservar-los, i s'ha de tenir en compte que no és fàcil si es vol aconseguir una mostra representativa de la zona d'estudi. Hi ha més formes com les trampes *Barber*, però són més difícil de col·locar i costoses. Per això, si es busca una mostra representativa i poc costosa, no queda cap altre que fer servir les trampes *Pitfall*.

Certament els insectes es moren, però cal recordar que és complicat capturar els insectes i conservar-los durant dues setmanes fins a l'hora d'analitzar-los. A més a més, la proporció d'insectes capturats respecte al total de la zona mostrejada és molt baixa. És tan baixa que no suposa cap diferència a la comunitat d'insectes de l'ecosistema.

Durant les dotze setmanes de mostreig no es captura cap insecte amenaçat, però sí que es capturen dos animals no insectes. Es capturen dues musaranyes nanes (*Sorex minutus*), i són utilitzades per una companya que estudia els micromamífers de la zona.

Amb tot això, es considera que s'ha actuat amb el millor criteri possible. En tot moment s'ha treballat respectant el medi ambient i la vida dels animals perjudicant-los el mínim possible. No s'ha interferit en res que pogués afectar negativament la vida de la comunitat de plantes i animals de la zona. Durant la crema i l'estudi, s'ha actuat seguint els criteris de professionals fent cas a les persones amb més experiència.

7. Conclusions

Although there are some significant differences in some cases in the taxonomic diversity or in the richness and abundance of orders and species, it can't be directly related to the effects of fire. During the text, it is proved this lack of relations.

It hasn't been found an immediate effect on the community of insects, but it doesn't mean that the community diversity remains the same over the years. In some studies that assess the effect on species diversity after a Mediterranean fire has proved that the maximum diversity appear after 2-4 years of the disturbance. So it would be interesting to continue this study over the years to evaluate the fire in a long term-effect.

It misses studies evaluating the effects of fires because they are frequently seen like something bad, but the truth is that Mediterranean ecosystems are highly resistant to wildfire. In those situations when fires don't present serious problems, the best action is doing nothing, so communities go through different states in a natural way.

It is very likely that risk of fire continues to grow, so we should understand the fires as an actor we should manage instead of avoiding it. And the best way to deal with it is to design a collaborative strategy with different stakeholders.

8. Bibliografia

- Andersen, A., Yen, A. (1985). Immediate effects on ants in the semi-arid mallee region of north-western Victoria. *Australian Journal of Ecology*, 10, (1), 25-30.
- Arnan, X., Rodrigo, A., Retana, J. (2006). Post-fire recovery of Mediterranean ground ant communities follows vegetation and dryness gradients. *Journal of Biogeography* 33, (7), 1246 - 1258.
- Bodí, M., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Doerr, S. (2012). A review of fire effects on vegetation and soil in the Mediterranean basin. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, [58], 439-441.
- Campo Parra-Lara, Á., Bernal-Toro, F. (2010). Incendios de cobertura vegetal y biodiversidad: una mirada a los impactos y efectos ecológicos potenciales sobre la diversidad vegetal. *El Hombre y la Máquina*, (35), 67-81.
- FAO and Plan Bleu. (2018). *State of Mediterranean Forests 2018*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma i Plan Bleu, Marseille. Recuperat de <https://bit.ly/2JjtZTp>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible*. Roma. Llicència: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. (2016). *Manual dels hàbitats de Catalunya: Volum IV, 3 Vegetació arbustiva i herbàcia (Vegetació arbustiva)*. doi: <https://bit.ly/2Loi0Ex>
- Institut Cartogràfic de Catalunya. (Setembre 2009). Proposta catalana a la xarxa Natura 2000 [Mapa]. 1:50.000. En *Massís de Bonastre ES5140014*. Recuperat de <https://bit.ly/2XSA4rW>
- Kutiél, P. (1997). Spatial and temporal heterogeneity of species diversity in a Mediterranean ecosystem following fire. *International Journal of Wildland Fire*, 7(4). 307-315.
- Nogueras, E. (2008). *Fichas de aves del Parque Natural "Sierra de Baza". La perdiz roja (Alectoris rufa)*. Recuperat de <https://bit.ly/2xMVEne>
- Nunes, L., Leather, S., Rego, F. (2000). Effects of fire on insects and other invertebrates. A review with particular reference to fire indicator species. *Silva Lusitana*, 8 (1) 15-32.
- Pausas, J. G., Vallejo, R. (2008). Bases ecológicas para convivir con los incendios forestales en la Región Mediterránea: decálogo. *Asociación Española de Ecología Terrestre. Ecosistemas*, 17 (2), 128-129.
- Pons, P. (2007). *Consecuencias de los incendios forestales sobre los vertebrados y aspectos de su gestión en regiones mediterráneas*. doi: <https://bit.ly/2GhVbOK>
- Prodon, R., Lebreton, J.D. (1981). Breeding Avifauna of a Mediterranean Succession: The Holm oak and Cork Oak Series in the Eastern Pyrenees, 1. Analysis and Modelling of the Structure Gradient. *Oikos*, 37, (1). 21-38.

- Romani, A. M., Guasch, E., Garcia, E. (2018). *Ecologia comunitats: Estructura de les comunitats* [Apunts acadèmics, assignatura d'Ecologia]. UdGMoodle.
- Rueda, M. J., Baragaño, J. R., Notario, A., Castresana, L. (1993). Estudio de la alimentación natural de los pollos de perdiz roja (*Alectoris rufa* L.). *Ecología*, (7), 429-454. doi: <https://bit.ly/2JMYcHu>
- Sainz-Elipe, S., Sáez-Durán, S., Galán-Puchades, M. T., & Fuentes, M. V. (2012). Small mammal (Soricomorpha and Rodentia) dynamics after a wildfire in a Mediterranean ecosystem. *Mammalia*, 76(3).
- York, A. (1996). Long-term effects of repeated prescribed burning on forest invertebrates: Management Implications for the Conservation of Biodiversity. *Biodiversity Technical Paper*, (1). 181 - 266.