Universitat de Girona

Títol del treball: Les formigues com a indicador biològic de la qualitat dels prats del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.

Estudiant: Odei Garcia Garin Grau en Biologia

Correu electrònic: odei.garcia19@gmail.com

Tutor acadèmic: Josep Maria Bas Lay

<u>Autorització dipòsit del treball de pràctiques en empresa</u>

El tutor de l'empresa autoritza que la memòria de pràctiques es dipositi a la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona:

(signatura i segell empresa)

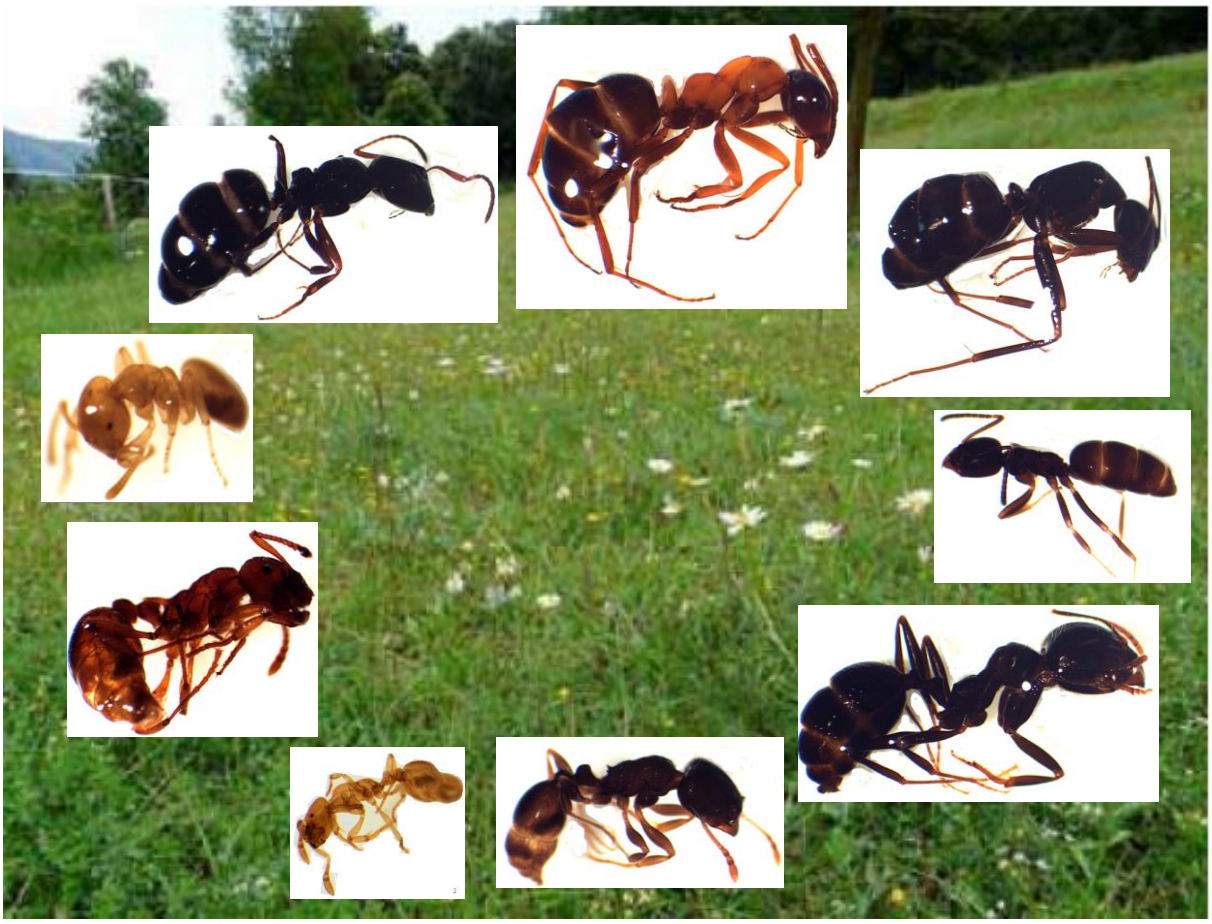
Empresa / institució: Universitat de Girona

Nom del tutor empresa: Josep Maria Bas Lay

Correu electrònic: josep.bas@udg.edu

Data de dipòsit del treball a secretaria de coordinació: 26/05/2016

Les formigues com a indicador biològic de la qualitat dels prats del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.



[Fotos: Odei Garcia]

ODEI GARCIA

Department of Environmental Sciences, University of Girona, Campus de Montilivi, E-17071 Girona, Spain

Agraïments

L'estudi del poblament mirmecològic dels prats seminaturals del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa i la realització del posterior treball no hauria sigut possible sense la participació dels professors, dels amics i de la família.

En especial menció el Dr. Josep Maria Bas, el meu tutor del treball, que m'ha guiat en tot el procés i que m'ha donat bons consells sempre que els he necessitat.

També voldria destacar en Pere Casas, que sense ell el treball de camp i les hores de laboratori haurien sigut molt diferents.

Vull agrair també l'ajuda i els bons consells de la Dra. Núria Roura i del Dr. Crisanto Gómez.

També voldria donar les gràcies a la Mar Vila, per interessar-se sempre per com m'anava el treball i per donar-me ànims.

Per altra banda, voldria agrair al Dr. Jordi Colomer pels seus consells durant els 4 anys de grau i, en especial menció, durant el treball final de grau.

A més, voldria agrair a l'Ayoub Mouka i en Raúl Martín els moments de suport mutus en l'elaboració del treball.

Per acabar voldria donar les gràcies a la família i a tots els amics i amigues del grau que s'han interessat pel treball i que m'han donat el seu suport.

Índex

1. Resum 5
2. Introducció 7
3. Objectives 11
4. Material i mètodes 11
   4.1 Àrea d'estudi 11
   4.2 Mostratge 13
   4.3. Tractament estadístic 16
5. Resultats i discussió 17
   5.1. Abundància, riquesa, diversitat d'espècies i distribució de les formigues 17
   5.2. Composició dels grups funcionals 20
   5.3. Abundància, riquesa i diversitat de formigues 21
6. Criteris ètics o de sostenibilitat del treball 23
7. Conclusions 23
8. Bibliografia 24

1. Resum

Els prats seminaturals són hàbitats que no han estat sembrats per la mà de l'home, presenten una important riquesa d'espècies, tenen una gran importància ecològica i productiva i, a més, presenten funcions ambientals notables. Solament un 2% del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG) està constituït per prats seminaturals i, a més, aquests poden evolucionar ràpidament en funció de canvis ambientals i/o del maneig i, per tant, és molt recomanable mantenir actualitzada la informació sobre el seu estat de conservació. Un dels grups d'invertebrats més utilitzats com a indicador biològic i que compleixen totes les característiques per ser un bon bioindicador és el de les formigues, ja que són molt importants a nivell ecològic degut a les funcions que duen a terme a molts nivells dins d'un ecosistema, la diversitat de formigues en el planeta és elevada, es troben en abundància en la majoria d'ecosistemes terrestres, són relativament sedentàries, són sensibles als canvis ambientals i són fàcilment mostrejades, classificades i identificades. Així, per tal de poder estudiar l'estat de conservació dels prats de manera més detallada, es pretén comprovar si la comunitat de formigues és un bon indicador biològic per determinar la qualitat dels prats seminaturals del PNZVG i, paral·lelament, estudiar el poblament mirmecològic a nivell de grups funcionals. Es dóna a conèixer la presència de fins a 28 espècies que pertanyen a 12 gèneres, constituint el poblament mirmecològic dels prats seminaturals del PNZVG que ha estat l'objecte del present estudi. Els resultats obtinguts de diversitat de formigues i altres variables de la comunitat envers la qualitat florística dels prats seminaturals són no significatius, tot i que es podria intuir una certa tendència a haver-hi més riquesa i diversitat de formigues a major qualitat florística del prat. En termes de grups funcionals, en els prats seminaturals del PNZVG hi ha un 46% d'espècies bioindicadores de pertorbació, un 43% d'espècies bioindicadores de maduresa i un 11% d'espècies críptiques, és a dir, els indicadors de pertorbació i maduresa estan igualats ja que són prats de dall i de pastura i, per tant, estan sota la influència d'una certa pertorbació. La utilització de la comunitat de formigues com a bioindicador de la qualitat florística dels prats del PNZVG s'hauria de confirmar o refutar, quan es faci ús de la metodologia al llarg del temps en un programa de monitoratge d'1 – 3 anys.

Paraules clau: espècies bioindicadores, formigues, grups funcionals, PNZVG, prats seminaturals.

Resumen

Los prados seminaturales son hábitats que no han estado sembrados por la mano del hombre, presentan una importante riqueza de especias, tienen una gran importancia ecológica y productiva y, además, presentan funciones ambientales notables. Solamente un 2% del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG) está constituido por prados seminaturales y, además, estos pueden evolucionar rápidamente en función de cambios ambientales y/o del manejo y, por lo tanto, es muy recomendable mantener actualizada la información sobre su estado de conservación. Uno de los grupos de invertebrados más utilizados como indicador biológico y que cumplen todas las características para ser un buen bioindicador es el de las hormigas, ya que son muy importantes a nivel ecológico debido a las funciones que desempeñan dentro de un ecosistema, la diversidad de hormigas en el planeta es elevada, se encuentran en abundancia en la mayoría de ecosistemas terrestres, son relativamente sedentarias, son sensibles a los cambios ambientales y son fácilmente muestreables, clasificadas e identificadas. Así, para poder estudiar el estado de conservación de los prados de manera más detallada, se pretende comprobar si la comunidad de hormigas es un buen

indicador biológico para determinar la calidad de los prados seminaturales del PNZVG y, paralelamente, estudiar el poblamiento mirmecológico a nivel de grupos funcionales. Se da a conocer la presencia de hasta 28 especias que pertenecen a 12 géneros, constituyendo el poblamiento mirmecológico que ha sido objeto de estudio. Los resultados obtenidos de diversidad de hormigas y otras variables de la comunidad en relación a la calidad florística de los prados seminaturales del PNZVG son no significativos, aunque se podría intuir una cierta tendencia a haber más riqueza y diversidad de hormigas a mayor calidad florística del prado. En términos de grupos funcionales, en los prados seminaturales del PNZVG hay un 46% de especias bioindicadoras de perturbación, un 43% de especias bioindicadoras de madurez y un 11% de especias crípticas, es decir, los indicadores de perturbación y madurez están igualados ya que son prados de siega y de pastura y, por lo tanto, están bajo la influencia de una cierta perturbación. La utilización de la comunidad de hormigas como a bioindicador de la calidad florística de los prados del PNZVG se tendría que confirmar o refutar, cuando se haga uso de la metodología a lo largo del tiempo en un programa de monitoreo de 1 – 3 años.

Palabras clave: especies bioindicadoras, grupos funcionales, hormigas, prados seminaturales, PNZVG.

Abstract

Semi-natural grasslands are habitats that have not been sown by the hand of man, they show an important species richness, they have a great ecological and productive importance and, in addition, they show notable environmental functions. Only 2% of the Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG) is constituted by semi-natural grasslands, moreover, they can quickly evolve depending on environmental changes and/or management, therefore, it is highly recommended to keep the information about its conservation state updated. One of the most used groups of invertebrates as a biologic indicator and that comply all the features to be a good bioindicator is the group of ants, because they are very important at an ecologic level, they carry out many functions inside the ecosystem, ants' diversity in the world is high, they are found in abundance in most terrestrial ecosystems, they are relatively sedentary, they are sensitive to environmental change and are easily sampled, classified and identified. Thus, in order to study the conservation state of grasslands in more detail, our aim here is to verify if the ant community is a good biological indicator to determine the semi-natural grasslands' floristic quality of the PNZVG and, at the same time, to study the ant community at functional group levels. The results show that up to 28 species have been identified in the semi-natural grasslands of the PNZVG. The results obtained on ants diversity and the other community variables in regards to the floristic quality of the semi-natural grasslands are not significant, although we could intuit a tendency to have more ant richness and diversity in higher semi-natural grasslands floristic quality. In functional group terms, in the semi-natural grasslands of the PNZVG there are 46% of disturbance bio indicator species, 43% of maturity bio indicator species and 11% of cryptic species, meaning that the disturbance and maturity indicators are even because they are managed by grazing or haymaking and, therefore, they are under the influence of a certain disturbance. The use of the ant community as a bio indicator of the semi-natural grasslands' floristic quality of the PNZVG should confirm or refute over time when we make use of the methodology in a monitoring program for 1-3 years.

Keywords: ants, bioindicator species, functional group levels, PNZVG, semi-natural grasslands.

2. Introducció

El Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG; codi LIC ES5120004) té una extensió de 15.309 ha, i és un espai que presenta un gran interès geològic i botànic, especialment, degut al seu origen volcànic (Bota *et al.,* 2014). Des de l'any 2009 s'han portat a terme diferents estudis relacionats amb la caracterització i evolució dels hàbitats i estudis florístics mitjançant diversos indicadors (Salvat & March, 2014a). La fauna és típicament centreeuropea, caracteritzada per l'abundància d'alguns grups faunístics i notable diversitat, en especial d'invertebrats, amb moltes espècies rares o endèmiques. La coexistència d'un paisatge vegetal mediterrani i centreeuropeu en una àrea relativament reduïda determina la presència d'un conjunt faunístic de gran interès (Bota *et al.,* 2014). Entre els hàbitats que hi podem trobar destaquen els prats, d'especial interès degut a la seva importància ecològica i productiva (Salvat & March, 2014a). Aquests tipus d'hàbitats, resultat d'un procés evolutiu conjunt dels sistemes naturals i els usos humans, presenten un elevat interès per a la conservació de la biodiversitat ja que contenen, en general, una important riquesa d'espècies (Dahms *et al.,* 2010), i a més presenten funcions ambientals notables (Salvat & March, 2010).

Només un 2% del PNZVG són pastures seminaturals, definides com aquelles que presenten una composició florística dominant que no ha estat sembrada per la mà de l'home (Perramon, 2012a). A més, aquest tipus d'hàbitat repercuteixen globalment en la diversitat de fauna i flora de l'espai, ja que els espais oberts augmenten la diversitat d'ecosistemes (Salvat & March, 2014a). També cal afegir que els espais oberts són una eina pràctica per la prevenció d'incendis ja que actuen de tallafocs naturals davant aquesta pertorbació (Salvat & March, 2010). Per totes aquestes raons la conservació i millora dels hàbitats i comunitats dels prats seminaturals és un dels objectius del Pla Especial de la Zona Volcànica de la Garrotxa, redactat el 2010 (Perramon, 2012b).

Els bioindicadors representen una eina indirecta per a la mesura de la qualitat dels hàbitats (Andersen *et al.,* 2002). A més, també s'utilitzen per detectar alteracions ambientals de diversos tipus o l'existència de concentracions de determinats contaminants (Brown, 2000). Un dels grups més utilitzats com a bioindicadors és el dels artròpodes; ja que són molt abundants, d'àmplia distribució, molt diversos a nivell d'espècies i de funcions en l'ecosistema, són sensibles a les pertorbacions, són de fàcil captura, classificació i identificació i permeten la interpretació dels canvis observats (Andersen *et al.,* 2002; Roig & Espadaler, 2010). Un dels grups d'invertebrats més utilitzats com a indicador biològic i que

compleixen totes les característiques per ser un bon bioindicador és el de les formigues (Andersen, 1990; Andersen, 1991; Abensperg-Traun *et al.,* 1996; Cranston i Trueman, 1997; Andersen, 1997b; Oliver *et al.,* 1998; Andersen *et al*., 2002; Gómez *et al.,* 2003; Roig & Espadaler, 2010).

Les formigues desenvolupen un rol important en els ecosistemes, representen una part considerable de la biomassa animal i actuen com a enginyeres dels ecosistemes (Folgarait, 1998). Les formigues tenen una gran influència en el sòl (Majer, 1997; Lobry de Bruyn, 1999) i la vegetació (Buckley, 1982) a través de la seva participació en molts processos claus de l'ecosistema. Són molt importants a nivell ecològic degut a les funcions que duen a terme a molts nivells dins d'un ecosistema: des de depredadores i preses, fins a detritívores, mutualistes i herbívores (Brown, 2000). La diversitat de formigues en el planeta és elevada, 8800 espècies descrites aproximadament (Hölldobler & Wilson, 1990; Suñer, 1991), es troben en abundància en la majoria d'ecosistemes terrestres i són relativament sedentàries; són sensibles als canvis ambientals i són fàcilment mostrejades, classificades i identificades (Brown, 2000). Per totes aquestes característiques, les formigues s'han utilitzat com a bioindicadors en molts indrets del planeta i, en especial menció, a Austràlia (Majer, 1984; Andersen, 1990; Andersen, 1991; Abensperg-Traun *et al.,* 1996; Andersen, 1997b; Cranston i Trueman, 1997; Oliver *et al.,* 1998; Andersen *et al*., 2002 & Gómez *et al.,* 2003).

Les formigues influeixen en el contingut d'aigua, el contingut de nutrients i la seva disponibilitat, en el pH, en l'activitat microbiana i en la biomassa del sòl (Dahms *et al.,* 2010). D'aquesta manera alteren, per exemple, el creixement de les plantes i la seva distribució (Blomqvist *et al.,* 2000). La flora dels formiguers sovint difereix de la vegetació dels voltants, per tant, les formigues presenten el potencial d'augmentar la riquesa d'espècies de plantes d'un prat seminatural (Folgarait *et al,*. 2002). Per aquests motius, les formigues també s'han utilitzat com a indicadors biològics de la riquesa florística de boscos, matollars, mines i pantans (Majer, 1984; Abensperg-Traun *et al.,* 1996; Cranston & Trueman, 1997; Oliver *et al*., 1998).

Una altra manera d'utilitzar el complex grup de les formigues com a indicador biològic és classificant-les mitjançant grups funcionals, també anomenats gremis en les comunitats animals; és a dir, conjunt d'espècies que exploten un recurs comú (Andersen *et al.,* 1997a). Per tant, els grups funcionals estan basats en l'ecologia i criteris comportamentals de les espècies i no purament en un criteri taxonòmic (Gómez *et al.,* 2003; Roig & Espadaler, 2010).

Hi ha dues maneres d'agrupar les formigues en grups funcionals. El primer és el mètode australià on les espècies de formigues s'assignen al corresponent grup funcional al que pertanyen d'acord a la resposta que ofereixen sota estrès ambiental i pertorbació, en la línia dels estudis previs que utilitzen les formigues com a bioindicadors (Andersen, 1997b; Read & Andersen, 2000; Gómez *et al.,* 2003) i la informació recopilada per Brown (2000) sobre grups funcionals. Els principals grups funcionals de formigues considerats per aquest mètode són Dolichoderinae dominants (DD), Camponoti subordinades (SC), Especialistes de zones càlides (HC), Especialistes de zones fredes (CC), Espècies críptiques (Cr), Oportunistes (Op), Myrmicinae generalistes (GM) i Especialistes depredadores (SP) (Andersen *et al.,* 1997a; Gómez *et al.,* 2003). En canvi, el segon mètode està enfocat als grups funcionals de formigues per a la Península Ibèrica i Balears (Roig & Espadaler, 2010). N'hi ha 8 tipus: Especialistes de fusta morta (CWDS), Especialistes de fred i/o ombra (CCS/SH), Especialistes de calor i/o obert (HCS/ OH), Generalistes i/o oportunistes (GO), Especialistes depredadores (SP), Paràsites socials (P), Invasores i/o exòtiques (IE) i Críptiques (Cr).

A nivell de classificació taxonòmica les formigues pertanyen a la família Formicidae, que està constituïda per 12 subfamílies amb uns 300 gèneres. A Catalunya estan representades per 4 subfamílies principals: Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae i Ponerinae (Suñer, 1991; Brown, 2000); i unes 150 espècies (Suñer, 1991).

Durant l'any 2014, Salvat *et al*. van avaluar un total de 27 prats seminaturals del PNZVG. Per tal de caracteritzar-los, es van analitzar les espècies de flora indicadores de cada transsecte, segons la metodologia assajada amb èxit a parcs naturals del nord de França i d'Alemanya (Mestelan *et al.,* 2007). Segons Salvat & Casas (2014) les espècies de flora indicadores de la qualitat dels prats seminaturals del PNZVG han de complir una sèrie de requisits:

- Tenir sensibilitat ecològica als canvis en el medi com a resultat de la intensificació agrícola. Aquells tàxons sovint ressembrats, tolerants a la sobrepastura i/o trepig intens o a la nitrificació del sòl no resulten adequats.
- Han de ser espècies de fàcil detecció i identificació (excloure gramínies i ciperàcies) i preferentment amb un període llarg de floració.
- Han de tenir una distribució més o menys àmplia al territori d'aplicació del protocol.
- El llistat ha de contemplar l'equilibri agro-ecològic, atès que els objectius de gestió han de ser tant ecològics com productius.

En aquesta metodologia s'estableixen tres tipologies de qualitat florística: bo, mediocre i dolent (Salvat & Casas, 2014). Es considera que el prat presenta un bon estat ecològic quan es detectin un mínim de sis espècies indicadores a cada un dels tres trams del transsecte. Quan als tres trams es localitzen quatre o més espècies indicadores però algun d'ells es troba per sota de les sis es considera que correspon a un prat de qualitat florística mediocre amb símptomes d'alteració (sobrepastura, ressembres, nitrificació del sòl,...) o bé que presenta poca diversitat florística. Quan algun dels tres trams presenta menys de quatre espècies indicadores es considera que o bé la pastura no correspon a un prat seminatural o bé presenta un estat ecològic dolent (Salvat & Casas, 2014).

De tots els prats analitzats, només 4, un 15% del total, presentaven un nivell de qualitat o d'interès bo. Fins a 10 prats, un 37% del total, tenien un nivell de qualitat mediocre, i finalment 13 prats, un 48%, presentaven un nivell de qualitat dolent. Les espècies de plantes dominants en aquests prats seminaturals són *Festuca arundinacea, Anthoxanthum odoratum* i *Brachypodium phoenicoides* en els prats de qualitat florística bona; *Festuca arundinacea, Trifolium pratense, Lotus corniculatus, Anthoxanthum odoratum* i *Agrostis stolonifera* en els prats de qualitat mediocre i *Festuca arundinacea, Dactylis glomerata, Trifolium pratense, Erigeron annus* i *Trifolium repens* en els prats de qualitat dolenta (Salvat & March, 2014b).

Donat que els prats seminaturals són hàbitats que poden evolucionar ràpidament en funció de canvis ambientals i/o del maneig, és molt recomanable mantenir actualitzada la informació sobre el seu estat de conservació (Salvat & March, 2014a). Així, per tal de poder estudiar l'estat de conservació dels prats de manera més detallada, es pretén comprovar si la comunitat de formigues és un bon indicador biològic per determinar la qualitat dels prats seminaturals del PNZVG. Com a hipòtesis inicial del estudi establim que els prats de major qualitat florística presentaran una relació positiva amb la comunitat de formigues a partir també d'una diversitat, i altres variables de la comunitat, més elevada.

3. Objectives

The general objective of the study has been:

- To test if ants are a good biologic indicator used to determine the semi-natural grasslands' quality of the PNZVG.

In particular, the specific objectives of the study have been:

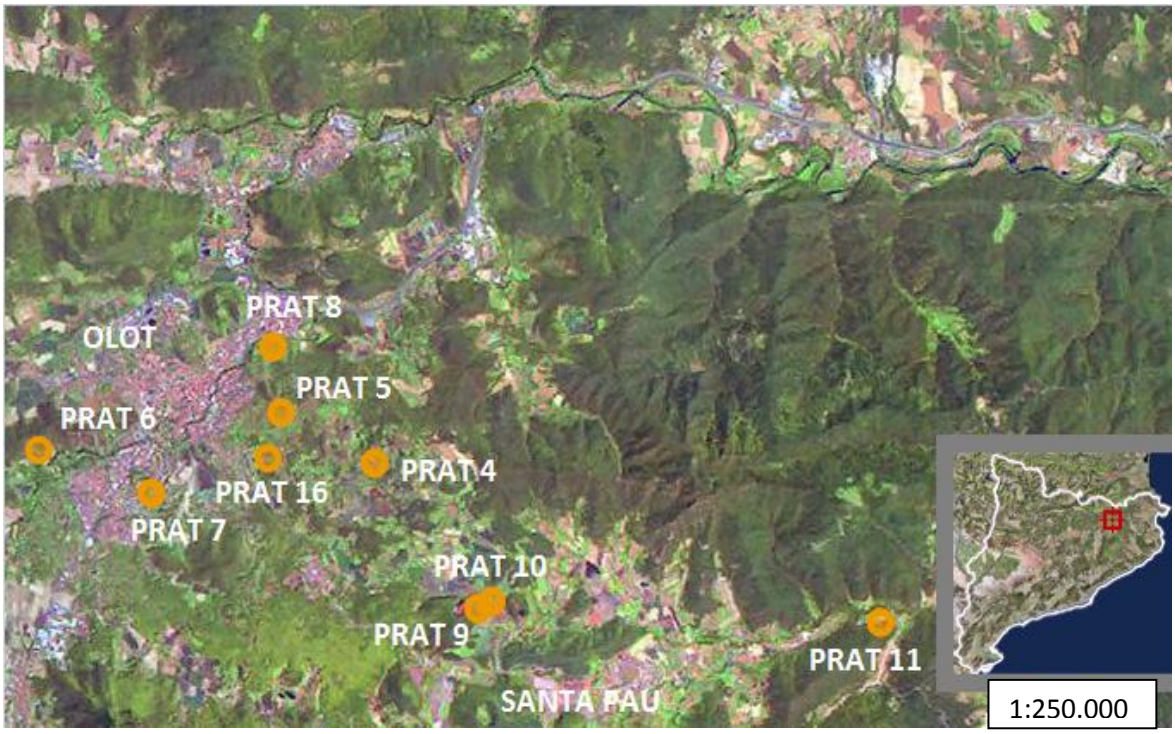
- To determine how abundance, richness and diversity of ants change during the months of July, August and early September.
- To test if the grasslands' floristic quality is related to the presence/ absence of particular functional groups or different ant taxonomic groups.
- To determine if there is a relationship between the grasslands' floristic quality and the dominance of Mediterranean or continental ant species.

4. Material i mètodes

4.1. Àrea d'estudi

L'estudi s'ha portat al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (Girona). El clima de la Garrotxa és Mediterrani, de tipus Prepirinenc Oriental al seu sector nord-oest, i Prelitoral Nord al sud-est. És una comarca molt plujosa, amb valors mitjans anuals de 850 mm a 1100 mm. Els hiverns són freds, amb mitjanes de 4 °C a 7 ºC, i els estius càlids, entre 17 °C i 22 ºC, amb una amplitud tèrmica entre moderada i alta. El període lliure de glaçades va del mes de juny al setembre (http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia).

S'han seleccionat 12 prats seminaturals, de les 3 categories establertes (Salvat & March, 2014a): 4 prats de qualitat florística bona, 4 de mediocre i, finalment, 4 de qualitat florística dolenta (Figura 1 i Taula 1).



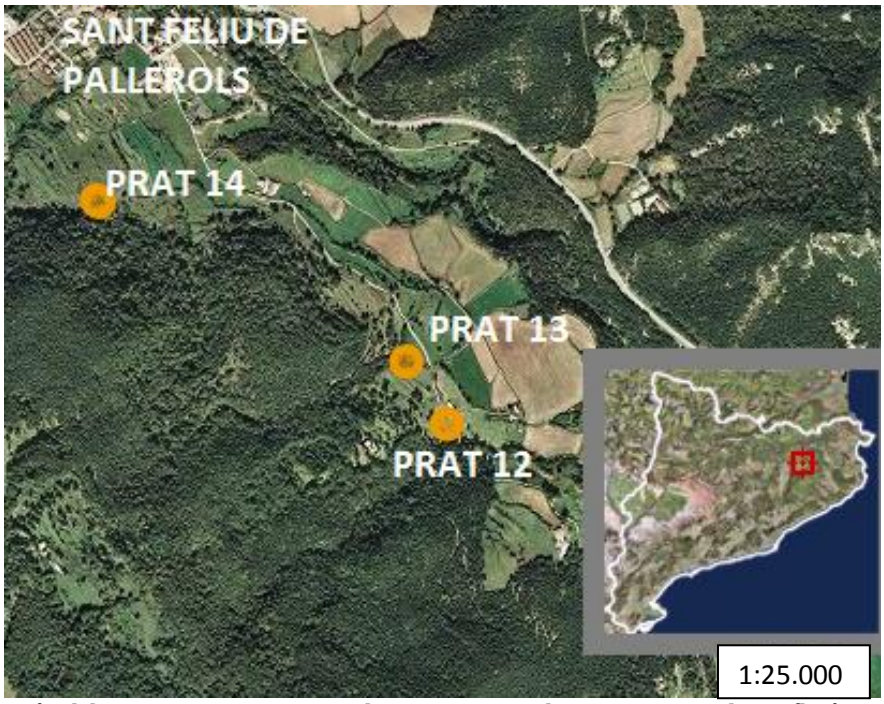


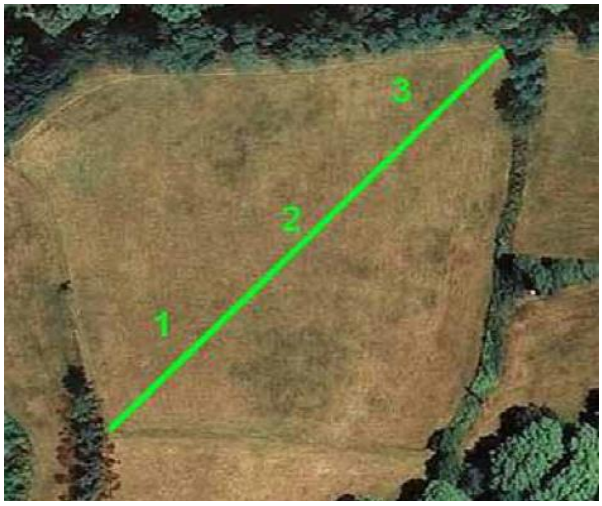
Figura 1. Situació dels 12 prats seminaturals mostrejats al PNZVG: qualitat florística i localització (http://www.icc.cat/vissir3/)

Taula 1: Característiques físiques i de qualitat florística dels 12 prats seleccionats. Entre parèntesi, la numeració original (Salvat & March, 2014b).

Prat	Qualitat	UTM X/Y Inici	Altitud (s.n.m.)	Orientació
Sota la Costa del Puig (6)	Bo	455668 / 4669295	451	3,8º S
Torrent de la Salut – Bac de les Tries (8)		459075 / 4670721	411	3,8º N
Croscat sobre Can Passavent (9)		462040 / 4667088	633	11,3º N
Camp del Grau del Sallent (11)		467799 / 4666908	359	6,5º N
Croscat al Pla del Torn (10)	Mediocre	462245 / 4667189	604	0,3º S
Volcà de Sant Marc - Torrent de Fontperera (13)		460121 / 4657379	461	0,2º S
Els Estaldats (14)		459403 / 4657767	489	1,0º S
Cal Ninyo, carretera de Batet (16)		458996 / 4669172	530	3,2º S
Can Coll de Batet (4)	Dolent	460535 / 4669105	689	0º
Mas Virgínia al sud del volcà de les Bisaroques (5)		459165 / 4669824	554	0º
Vial de Sant Jordi a can Pau (7)		457303 / 4668690	438	0,6º S
Camp Roig (12)		460217 / 4657234	457	0,4º N

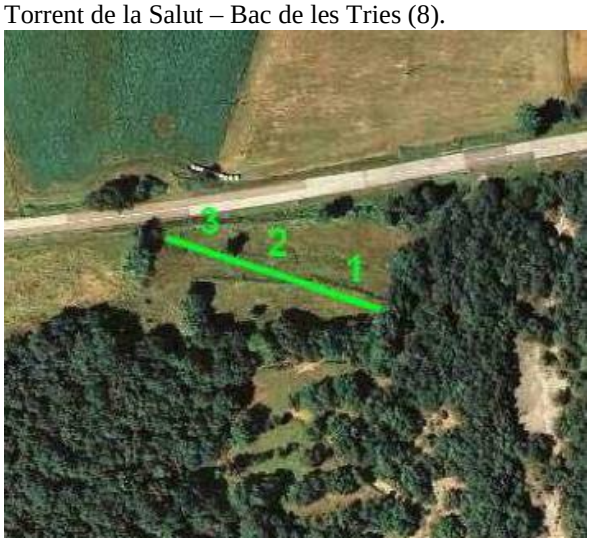
4.2. Mostratge

A partir dels 12 prats seleccionats i numerats, es van utilitzar els mateixos transsectes que el PNZVG havia utilitzat per estudiar la diversitat florística (Salvat & March, 2014b) (Figura 2a i Figura 2b). A cada transsecte del prat s'hi ha col·locat 5 trampes de caiguda o "pitfalls", separades 2 metres una de l'altra. Els "pitfalls" són adequats per obtenir una bona representació de l'abundància relativa i de la composició de les espècies d'artròpodes epigeus, i molt vàlids per a l'estudi de formigues dels prats seminaturals (Andersen, 1991; Bestelmeyer & Wiens, 1996; Gómez *et al.*, 2003). Les trampes consisteixen en tubs de plàstic de 25 mm de diàmetre i 10 cm d'alçada, on s'hi afegeix una solució d'etilenglicol al 70%; un conservant que no s'evapora amb el pas del temps i presenta una atracció nul·la i neutra cap als artròpodes (Read & Andersen, 2000).



Torrent de la Salut – Bac de les Tries (8).

Croscat sobre Can Passavent (9).



Camp del Grau del Sallent (11).

Sota la Costa del Puig (6)

Cal Ninyo, carretera de Batet (16).

Volcà de Sant Marc - Torrent de Fontperera (s'ha utilitzat el 1, 3) (13).

Figura 2a: 6 dels 12 transsectes realitzats al PNZVG. En verd els prats de bona qualitat florística i en groc els de qualitat mediocre (Salvat et al. 2014).

Els Estaldats (14).

Croscat al Pla del Torn (10)

Can Coll de Batet (4).

Vial de Sant Jordi a can Pau (7).

Mas Virgínia al sud del volcà de les Bisaroques (5).

Camp Roig (12).

Figura 2b: 6 dels 12 transsectes realitzats al PNZVG. En groc els prats de qualitat florística mediocre i en vermell els de qualitat dolenta (Salvat et al. 2014).

Entre el 22 de juny i el 3 setembre del 2015, es fa una recollida i recanvi de les trampes cada 2 setmanes, per així poder-ne analitzar les mostres dins una relació temporal al llarg de 5 mostratges. A partir de la recollida, les trampes s'etiqueten amb el número de prat, la posició de la trampa i la data. En total s'han col·locat i determinat el contingut de 300 trampes; 5 trampes x 12 prats x 5 mostratges. Amb l'ajuda d'una lupa binocular i ja al laboratori, s'han seleccionat els artròpodes i separat les formigues que s'han mantingut en etanol al 70% en tubs de plàstic. Les formigues s'han identificat fins al nivell d'espècie amb l'ajut de diferents fonts de determinació (Collingwood (1978), http://www.hormigas.org, i http://www.lamarabunta.org/). Finalment les formigues identificades a nivell taxonòmic d'espècie, s'han dipositat al mateix laboratori del grup de recerca PECAT (Pertorbacions Ecològiques i Comunitats Animals Terrestres) de la Universitat de Girona.

4.3. Tractament estadístic

A partir de les formigues identificades a nivell taxonòmic d'espècie s'ha obtingut l'abundància i la riquesa per cada data de mostreig i prat. A més, també se n'ha calculat l'índex de Shannon-Wiener i l'equitativitat (Magurran, 1988). Per tal de comprovar si hi ha una relació significativa entre la qualitat florística del prat i la diversitat i riquesa de formigues s'ha dut a terme una ANOVA. A més, s'han dut a terme 3 ANOVAs per tal de comprovar si hi ha diferències en l'abundància (transformada amb LN), riquesa i diversitat per les 5 dates de mostreig. Per tal de veure si les distribucions compleixen homoscedasticitat i normalitat s'han dut a terme els tests de Levene i Shapiro-Wilk, respectivament. Els anàlisis s'han efectuat mitjançant el programa estadístic R-Commander (R Core Team, 2013). Per tots els anàlisis estadístics el nivell de significació ha sigut de 0,05.

A més, les espècies de formigues s'han assignat als corresponents grups funcionals proposats per Roig & Espadaler (2010) per a la Península Ibèrica i Balears d'acord a criteris ecològics i comportamentals. Mitjançant criteris ecològics s'han confeccionat els grups d'Especialistes de fusta morta (CWDS), Especialistes de fred i/o ombra (CCS/SH) i Especialistes de calor i/o obert (HCS/ OH). Mitjançant criteris comportamentals s'han designat els grups funcionals de Generalistes i/o oportunistes (GO), Especialistes depredadores (SP) i Paràsites socials (P).

Finalment també es contempla el grup funcional de Invasores i/o exòtiques (IE) i de Críptiques (Cr). A més, s'han ponderat els 8 grups funcionals en indicadors globals: Indicador

global de pertorbació (IE i GO), Indicador global de maduresa (CWDS, CCS/SH, HCS/OH, SP i P) i un únic grup funcional silent de formigues críptiques (Cr).

5. Resultats i discussió

5.1. Abundància, riquesa, diversitat d'espècies i distribució de les formigues.

En els 12 prats seminaturals del PNZVG s'han identificat 28 espècies de formigues pertanyents a 12 gèneres diferents i a les 4 subfamílies principals: Ponerinae, Myrmicinae, Dolichoderinae i Formicinae. *Tetramorium caespitum* i *Solenopsis fugax* han sigut les espècies de formigues amb més individus capturats (16,6 i 14,0% del total de captures, respectivament) (Taula 2). El nombre mitjà d'espècies de formigues capturades per cada categoria de prat seminatural ha sigut: 13,8 espècies per els prats de bona qualitat, 12,2 espècies per els prats de qualitat mediocre i 11 espècies per els prats de qualitat dolenta. Aquestes diferències de riquesa entre la qualitat dels prats és no significant (ANOVA P=0,418 per a Bona – Dolenta, P=0,519 per a Bona – Mediocre, P=0,981 per a Mediocre – Dolenta), tot i que es podria observar una tendència: major riquesa a major qualitat florística del prat seminatural. La diversitat de formigues dels 12 prats seminaturals mostrejats del PNZVG ha sigut de 3,75 (Taula 2).

La diversitat mitjana de formigues per cada categoria de prat seminatural ha sigut: 2,57 per els prats de bona qualitat, 2,32 per els prats de qualitat mediocre i 2,44 per els prats de qualitat dolenta. Aquestes diferències de diversitat entre els prats de diferent qualitat florística són no significatives (ANOVA P=0,935 per a Bona – Dolenta, P=0,783 per a Bona – Mediocre, P=0,944 per a Mediocre – Dolenta), tot i que es podria intuir una certa tendència: major diversitat de formigues en els prats de bona qualitat respecte els de qualitat mediocre i dolenta. Aquestes tendències observades tant en la riquesa com en la diversitat de formigues en relació a la qualitat florística dels prats és la que s'esperaria, ja que a més riquesa o diversitat de plantes (i d'espècies indicadores) augmenta la riquesa o diversitat d'espècies animals (Oliver et al., 1996). Altres estudis confirmen aquestes tendències, trobant correlacions positives entre la riquesa de formigues i la riquesa de plantes en boscos d'eucaliptus, bruguerars, mines i pantans (Majer, 1983; Abensperg – Traun et al., 1996 & Cranston & Trueman, 1997).

També s'ha de tenir en compte que les espècies de flora escollides per Salvat & Casas (2014) per tal de determinar la qualitat dels prats poden ser perfectament igual de útils alhora de generar recursos i microhàbitats per a la comunitat de formigues que altres espècies de flora que no s'han considerat indicadores com les gramínies o les ciperàcies. Per altra banda, hi ha estudis que conclouen que no hi ha correlació entre la diversitat de plantes i la diversitat de formigues en prats seminaturals de Suècia, on s'ha trobat que en prats amb molt poca riquesa d'espècies de plantes hi havia molta riquesa d'espècies de formigues (Dahms *et al.,* 2010). A més, que alguns prats seminaturals del PNZVG siguin de pastura i altres siguin de dall (Salvat & Casas, 2014) causa que hi hagi menys recursos disponibles (degut a la reducció de biomassa vegetal), tot i que alhora fa que el prat sigui més sec; i aquest fet afavoreix a la diversitat de formigues, ja que la majoria són termòfiles (Dahms *et al.,* 2010). És a dir, són dos efectes oposats que influeixen a la diversitat de formigues, tot i que es poden contrarestar mútuament. Per tal de comprovar si les tendències obtingudes es confirmen o no s'hauria de fer un estudi prolongat de 1 – 3 anys en un programa de monitoratge.

La distribució de les 28 espècies de formigues identificades als 12 prats seminaturals del PNZVG és paleàrtica en un 57% de les espècies, a més, un 10% de les espècies identificades són de distribució mediterrània. No hi ha diferències en la distribució de les formigues segons la qualitat florística dels prats seminaturals. El gènere *Camponotus* no és present en prats de qualitat florística dolenta, és a dir, podria ser un gènere indicador de prats de qualitat florística bona i mediocre, tot i que s'hauria de fer un estudi més prolongat per confirmar aquesta tendència, ja que l'abundància de *Camponotus* és petita. També és destacable la gran abundància de *Lasius myops*, espècie pertanyent al grup funcional de les críptiques (passen desapercebudes en l'humus del sòl i interaccionen poc amb les altres formigues (Majer, 1997)), en prats de qualitat florística dolenta respecte els prats de qualitat bona i mediocre; el 77% dels individus d'aquesta espècie s'han capturat en prats de qualitat dolenta, per tant, aquesta espècie podria ser indicadora d'aquests tipus de prats (Taula 2).

Taula 2: Formigues mostrejades durant l'estudi. S'ha calculat l'abundància, riquesa i diversitat per a cada prat seminatural del PNZVG i s'ha designat cada espècie al grup funcional corresponent.

	Parts de qualitat bona				**Prats de qualitat mediocre**				**Prats de qualitat dolenta**					**Grup funcional** (Roig & Espadaler, 2010)[a]	
Subfamília/ Espècie de formiga	**6**	**8**	**9**	**11**	**10**	**13**	**14**	**16**	**4**	**5**	**7**	**12**	**Total**		**Distribució[b]**
Ponerinae															
Ponera coarctata	24	5	0	1	0	4	7	0	0	0	0	64	105	SP	P
Myrmicinae															
Messor capitatus	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	61	68	HCS/OH	EM
Myrmecina graminicola	0	0	0	0	0	0	0	1	1	11	0	0	13	SP	H
Myrmica sabuleti	49	137	16	35	0	41	0	35	0	163	1	0	477	GO	P
Myrmica scabrinodis	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	6	GO	P
Myrmica specioides	16	23	1	14	1	10	17	2	30	0	33	367	514	GO	P
Pheidole pallidula	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	157	GO	M
Solenopsis fugax	26	20	23	21	127	11	34	27	19	203	52	14	577	Cr	P
Tetramorium caespitum	55	0	171	45	270	1	79	21	16	7	0	19	684	GO	H
Tetramorium semilaeve	6	0	87	0	0	0	35	16	68	0	0	0	212	GO	M
Subtotal	310	181	299	115	398	63	171	102	135	384	87	463	2708		
Dolichoderinae															
Tapinoma erraticum	2	0	4	6	0	1	18	6	0	0	0	2	39	GO	EM
Tapinoma nigerrimum	19	2	17	3	4	19	0	3	0	3	0	14	84	GO	M
Subtotal	21	2	21	9	4	20	18	9	0	3	0	16	123		
Formicinae															
Camponotus aethiops	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	CCS/SH	EM
Camponotus piceus	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	CCS/SH	M
Formica cunicularia	0	10	2	1	1	16	4	42	30	16	3	16	141	GO	P
Formica fusca	0	11	1	4	0	1	0	0	2	31	14	0	64	GO	BA
Formica gagates	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	GO	P
Formica picea	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	GO	P
Formica rufibarbis	0	22	1	11	4	0	9	0	0	0	0	0	47	GO	P
Lasius brunneus	0	0	0	0	0	0	50	2	0	68	1	2	123	CCS/SH	P
Lasius cinereus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	HCS/OH	P
Lasius emarginatus	5	2	0	0	29	254	0	60	1	0	11	3	365	CCS/SH	P
Lasius flavus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	Cr	P
Lasius grandis	0	36	0	0	12	3	0	0	17	137	8	2	215	CCS/SH	P
Lasius lasioides	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	CCS/SH	P
Lasius myops	7	1	0	0	6	0	0	6	0	10	50	6	86	Cr	P
Lasius niger	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5	8	CCS/SH	H
Plagiolepis pygmaea	21	6	1	27	3	1	3	11	0	12	0	31	116	Cr	E
Subtotal	35	89	7	46	55	276	68	123	50	279	87	65	1180		
Abundància total	390	277	327	171	457	363	264	234	185	666	174	608	4116		
Riquesa total	15	14	13	12	10	13	12	14	10	13	10	15	28		
Riquesa mitjana	13,750 ± 1,258				12,250 ± 1,708				11,000 ± 1,732						
Diversitat total	2,85	2,52	2,0	2,91	1,64	1,68	2,91	3,06	2,53	2,62	2,47	2,15	3,75		
Diversitat mitjana	2,571 ± 0,415				2,323 ± 0,769				2,442 ± 0,205						

[a]CCS/SH – Especialistes de fred i/o ombra, GO – Generalistes i/o oportunistes, HCS/OH – Especialistes de calor i/o obert, SP – Especialistes depredadores, Cr – Críptiques (Roig & Espadaler, 2010). [b]BA – Boreo-Alpina, EM – Euromediterrània, E – Europea, H – Holàrtica, M – Mediterrània, P – Paleàrtica (Brown, 2000).

5.2. Composició dels grups funcionals.

Els 12 prats seminaturals del PNZVG presenten un 46% d'espècies bioindicadores de pertorbació, un 43% d'espècies bioindicadores de maduresa i un 11% d'espècies críptiques (Taula 3). Els prats seminaturals del PNZVG presenten una certa pertorbació causada per la pastura, abocaments de terres, ressembres i el dall (Salvat & Casas, 2014), per tant, és coherent que els indicadors de maduresa i pertorbació estiguin igualats. A més, els prats de qualitat florística dolenta tenen un % d'espècies de formigues bioindicadores de maduresa inferior al dels prats de qualitat florística bona i mediocre, això és degut a que la menor riquesa d'espècies de flora indicadores dels prats de qualitat florística dolenta no afavoreix la presència d'espècies bioindicadores de maduresa i estabilitat. Queda clar que l'ús més adequat s'obtindrà diacrònicament, quan es faci ús de la metodologia al llarg del temps en un programa de monitoratge d'1 – 3 anys (Roig & Espadaler, 2010).

Taula 3. Agrupació dels grups funcionals per als 12 prats del PNZVG, segons la qualitat del prat i la seva ponderació en indicadors global.

Els 12 prats del PNZVG

Grup funcional[a]	núm. sp	%	Total %	Bioindicació
IE	0	0	46,429	Pertorbació
GO	13	46,429		
CWDS	0	0	42,857	Maduresa
CCS/SH	6	21,429		
HCS/OH	4	14,286		
SP	2	7,1429		
P	0	0		
Cr	3	10,714	10,714	Críptics
Total	28	100	100	

Prats de qualitat bona

Grup funcional[a]	núm. sp	%	Total %	Bioindicació
IE	0	0	50	Pertorbació
GO	12	50		
CWDS	0	0	41,667	Maduresa
CCS/SH	5	20,833		
HCS/OH	4	16,667		
SP	1	4,1667		
P	0	0		
Cr	2	8,333	8,333	Críptics
Total	24	100	100	

Prats de qualitat mediocre

Grup funcional[a]	núm. sp	%	Total %	Bioindicació
IE	0	0	47,620	Pertorbació
GO	10	47,619		
CWDS	0	0	42,857	Maduresa
CCS/SH	5	23,810		
HCS/OH	2	9,524		
SP	2	9,524		
P	0	0		
Cr	2	9,524	9,525	Críptics
Total	21	100	100	

Prats de qualitat dolenta

Grup funcional[a]	núm. sp	%	Total %	Bioindicació
IE	0	0	47,619	Pertorbació
GO	10	47,619		
CWDS	0	0	38,095	Maduresa
CCS/SH	5	23,810		
HCS/OH	1	4,762		
SP	2	9,524		
P	0	0		
Cr	3	14,286	14,286	Críptics
Total	21	100	100	

[a]CCS/SH – Especialistes de fred i/o ombra, GO – Generalistes i/o oportunistes, HCS/OH – Especialistes de calor i/o obert, SP – Especialistes depredadores, Cr – Críptiques (Roig & Espadaler, 2010).

Una altra característica dels prats de qualitat dolenta és que són els que presenten un % d'espècies críptiques més elevat (14,3% respecte el 8,3% i 9,5% en prats bons i mediocres, respectivament). És a dir, els prats de qualitat florística dolenta, que estan caracteritzats per

una menor riquesa de flora indicadora, presenten més espècies de formigues de mida petita o diminuta, que fan els nius i busquen l'aliment principalment a l'humus del sòl, sota terra o dins d'esquerdes del terreny o de la fusta; són espècies que interaccionen poc amb les altres formigues (Roig & Espadaler, 2010). Els prats de qualitat florística bona presenten més abundància de grups funcionals (24) en contraposició dels prats de qualitat florística mediocre i dolenta (21).

Els prats de qualitat florística bona presenten un 17% d'espècies Especialistes de calor i/o obert, en canvi, els prats de qualitat florística mediocre i dolenta en presenten un 9% i 4%, respectivament (Taula 3). Aquestes diferències no estan correlacionades amb l'orientació dels prats, ja que els prats amb la mateixa qualitat florística no estan orientats de la mateixa manera (Figura 1). A més, la relació entre les formigues especialistes de calor i/o obert i les especialistes de fred i/o ombra dels prats seminaturals del PNZVG és del 14,3 i 21,4 %, respectivament (Taula 3). Aquest fet ens indica que conviuen juntament les formigues més tolerants a la calor i les que ho són menys, principalment gràcies a l'heterogeneïtat tèrmica entre el dia i la nit (Cros *et al.*, 1997).

S'ha utilitzat el mètode de Roig & Espadaler (2010) per classificar les formigues en grups funcionals degut a que el mètode australià utilitzat per Andersen (1997a) no és extrapolable als hàbitats mediterranis, ja que són menys rics en espècies de formigues i les relacions de dominància – subordinació no són determinants (Roig & Espadaler, 2010).

5.3. Abundància, riquesa i diversitat de formigues.

L'abundància mitjana de formigues al llarg de l'estiu de 2015 als 12 prats del PNZVG presenta variacions. Hi ha una abundància mitjana de formigues significativament menor en el mostreig del 6 d'agost (ANOVA P=0,0183 per a 09/07 – 06/08, P=0,0465 per a 23/07 – 06/08, la resta de combinacions són no significatives) (Figura 3).

Aquestes diferències poden ser el resultat de les pluges anteriors al mostreig del 06/08 i a les altes temperatures d'aquelles setmanes (http://meteolot.com/arxiu-2015.html). Aquestes característiques del clima poden fer disminuir l'activitat de les formigues i que quedi reflectit en l'abundància observada. La riquesa mitjana de formigues també presenta variacions al llarg de l'estiu de 2015, tot i que en aquest cas les diferències són no significatives ja que les desviacions estàndard són molt elevades, encara que s'observa una certa tendència a haver-hi

menys riquesa al mostreig del 6 d'agost (Figura 4). Pel que fa a la diversitat mitjana de formigues, no hi ha diferències significatives entre els 5 mostrejos de l'estiu de 2015, ja que la desviació estàndard és molt elevada (Figura 5). S'ha de tenir en compte que pel fet que els prats seminaturals presentin una menor cobertura vegetal que les zones arbustives i boscos, la comunitat de formigues esta regulada principalment per la radiació solar (Retana & Cerdá, 2000). Degut a que hi ha un gradient de temperatures entre el dia i la nit, fa que convisquin formigues més tolerants a la calor i formigues més tolerants al fred, ja que unes s'alimenten de dia i les altres de nit. Aquesta heterogeneïtat ambiental ocasiona un augment en la diversitat de formigues (Cros *et al.*, 1997).

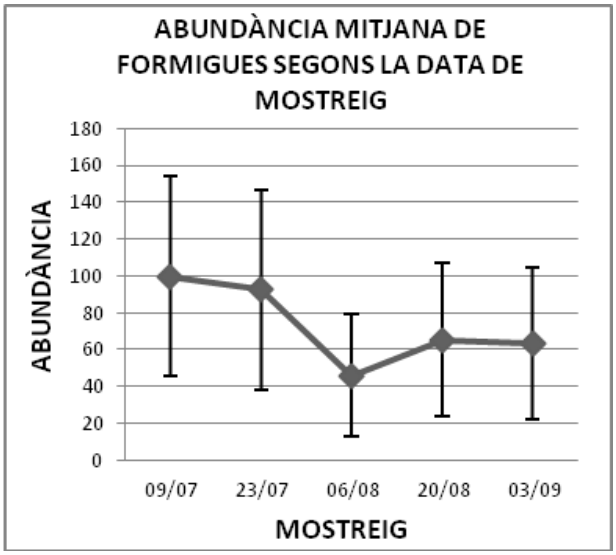


Figura 3: Abundància mitjana de formigues als 12 prats seminaturals del PNZVG segons la data de mostreig (2015).

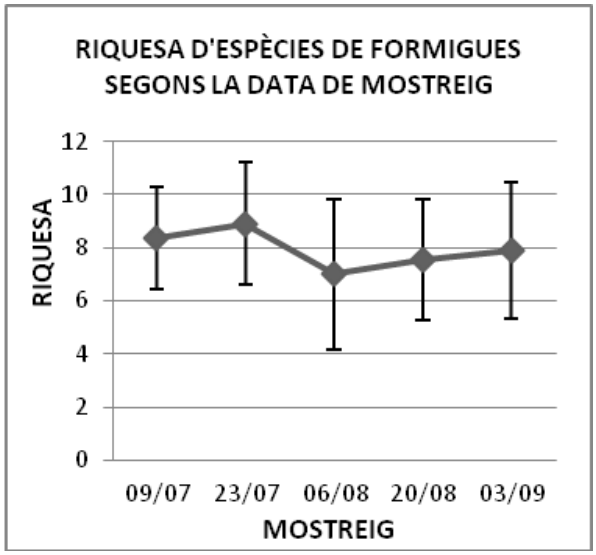


Figura 4: Riquesa d'espècies de formigues als 12 prats seminaturals del PNZVG segons la data de mostreig (2015).

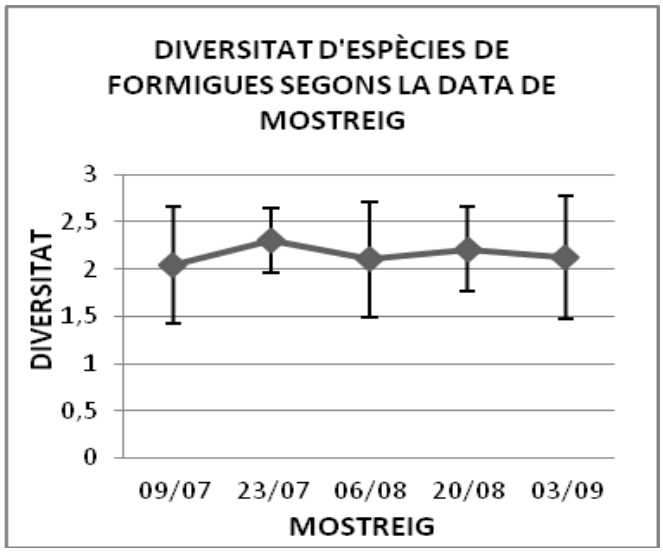


Figura 5: Diversitat de formigues als 12 prats seminaturals del PNZVG segons la data de mostreig (2015).

6. Criteris ètics o de sostenibilitat del treball

En aquest estudi s'han capturat i identificat un total de 4116 formigues per tal de poder concloure si aquesta família d'insectes és un bon bioindicador de la qualitat florística dels prats seminaturals del PNZVG. A partir de la metodologia duta a terme apareixen un seguit de preguntes de difícil resposta immediata: és estrictament necessari matar les formigues per tal de realitzar l'estudi?, la captura de 4116 formigues provoca una pertorbació rellevant als formiguers dels prats del PNZVG?, la captura de reines, que no són utilitzades per a l'estudi, perjudica als formiguers? Per veure fins a quin punt l'estudi afecta als formiguers dels prats seminaturals del PNZVG s'hauria de dur a terme un monitoratge paral·lel, analitzant l'evolució dels formiguers al llarg de l'estudi. Una possible metodologia menys agressiva en què no seria necessària la mort de tantes formigues seria fer l'estudi de riquesa i diversitat de formigues a nivell de formiguers, dividint els prats seminaturals en parcel·les homogènies i estudiant el nombre i diversitat de formiguers de n parcel·les seleccionades a l'atzar, tal com va fer Suñer (1991). Pel que fa a la sostenibilitat del treball, es pot considerar un estudi sostenible ja que s'ha pogut dur a terme amb un pressupost assequible, la localització i accessibilitat dels prats ha sigut fàcil i la relació entre hores dedicades i obtenció de resultats ha sigut viable.

7. Conclusions

The results show that up to 28 species of 12 genus have been identified in the semi-natural grasslands of the PNZVG.

Ants are not a good biologic indicator to determinate the floristic quality of the semi-natural grasslands of the PNZVG, although we could intuit a tendency to have more ant richness and diversity in higher semi-natural grasslands' floristic quality. It would be necessary to make use of the methodology over time in a monitoring program for 1-3 years.

The ant genus *Camponotus* could be an indicator of grasslands of good and mediocre floristic quality, although the sample is very small. Moreover, the specie *Lasius myops* could be a bio indicator of grasslands of bad floristic quality, because 77% of captured ants were in this semi-natural grassland category.

The Distribution of the 28 ant species identified at the 12 semi-natural grasslands of the

PNZVG is Palearctic is 57% of the species; in addition, 10% of identified species are of Mediterranean distribution. There are not differences in the ant distribution according to the semi-natural grasslands' floristic quality.

The 12 semi-natural grasslands of the PNZVG show 46% of disturbance bio indicator species, 43% of mature bio indicator species and 11% of cryptic species. Moreover, the grasslands of bad floristic quality have a lower % of mature bio indicator ant species than grasslands of good and mediocre floristic quality. It is remarkable also the fact that the bad quality grasslands have a higher % of cryptic species than the other types of grasslands. In addition, the grasslands of good floristic quality have a greater abundance of functional groups.

It can be said that the method of Roig&Espadaler (2010) to classify ants of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands in functional groups according to ecological and behavioural criteria is acceptable to PNZVG semi-natural grasslands, because the results are coherent.

The abundance of ants captured in 12 semi-natural grasslands of the PNZVG changes throughout the summer, since the ant activity decreases in very hot or rainy periods and therefore, decreases in the ability to capture them. However, although there are fluctuations in ant richness and diversity throughout the five samplings, the differences are not significant.

To conclude, it would be necessary to continue studying the ant community of the semi-natural grasslands of the PNZVG to have more variables that could help to conserve and manage these peculiar and important ecosystems that are currently in recession.

8. Bibliografia

Abensperg – Traun, M., Arnold, G. W., Steven, D.E., Smith, G.T., Atkins, L., Viveen, J. J. & Gutter., M. (1996). Biodiversity indicators in semi-arid, agricultural Western Australia. *Pacific Coservation Biology*, *2*, 375 – 389.

Andersen A. N. (1990). The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, *16*, 347–357.

Andersen, A. N. (1991). Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia, *Biotropica*, *23*, 575–585.

Andersen, A. N. (1997a). Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography*, *24*, 433 – 460.

Andersen, A. N. (1997b). Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. *Conservation Ecology*, *0 – 10.*

Andersen, A. N., Griffiths, A. D, Hoffmann, B.D. & Müller, W. J. (2002). Using ants as bioindicators in land management : Simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, *39*, 8–17.

Bestelmeyer, B. & Wiens, J.A. (1996). The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine Chaco. *Ecological Applications*, *6*, 1225–1240.

Blomqvist, M. M., Olff, H., Blaauw, M. B., Bongers, T., & Putten, W. H.v. d. (2000). Interactions between above- and belowground biota: Importance for small- scale vegetation mosaics in a grassland ecosystem, *Oikos*, *90*, 582–598.

Bota, G., Parpal, J., Guixé, D. & Pou, N. (2014). *Anejo 6. Instrumento de gestión de las Zonas Especiales de Conservación que se declaran en la región mediterrània.* (1a ed., pp.93-97). Generalitat de Catalunya. Región alpina. Recuperat de http://mediambient.gencat.cat

Brown, W.L. (2000). Diversity of ants. In: Agosti D., Majer J.D., Alonso L. and Schultz R. (eds), Ants. *Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity.* Smithsonian institution Press, Washington, DC, pp. 45–88.

Buckley, R.C. (1982). Ant–plant interactions: a world review. In: Buckley R.C. (ed.), *Ant–Plant Interactions in Australia.*W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, pp. 111–141.

Collingwood, C. A. (1978). A provisional list of Iberian Formicidae with a key to the worker caste (Hym. Aculeata). *Eos*, *52*, 65-95.

Cranston, P. S. & Trueman, J. W. H. (1997). "Indicator taxa in invertebrate biodiversity assesment. *Memoirs of the Museum of Victoria*, *56*(2), 267 – 274.

Cros, S. Retana, J. Cerdà, X. (1997). Spatial and temporal variations in the activity patterns of Mediterranean ant communities. *Ecoscience*, *4*, 269-278.

Dahms, H., Wellstein, C., Wolters, V., & Dauber, J. (2005). Effects of management practices on ant species richness and community composition in grasslands (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecologische Nachrichten*, *7*, 9–16.

Dahms, H., Lenoir, L. & Pihlgren, A. (2010). Ant and plant species richness in relation to grazing, fertilisation and topography. *Journal for Nature Conservation*, *18*(2), 118– 125.

Folgarait, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and and Conservation*, *7*, 1221–1244.

Folgarait, P. J., Perelman, S., Gorositon, N., Pizzio, R., & Fern andez, J. (2002). Effects of Camponotus punctulatus on plant community composition and soil proper- ties across land-use histories, *Plant Ecology*, *163*, 1–13.

Gómez, C., Casellas, D., Oliveras, J. & Bas, J. M. (2003). Structure of ground-foraging ant assemblages in relation to land-use change in the northwestern. *Biodiversity and Conservation*, *12*, 2135 – 2146.

Hölldobler, B. & Wilson, E. O. (1990*). The ants*. Ed. Springer-Verlag.

Lobry de Bruyn, L.A. (1999). Ants as bioindicators of soil function in rural environments. Agriculture, *Ecosystems and Environment*, *74*, 425–441.

Magurran, A. E. (1988). *Diversidad ecológica y su medición* (1a ed.). Barcelona: Ediciones Vedrá.

Majer, J. D. (1984). Recolonisation of ants in rehabilitated open-cut mines in northern Australia. *Reclamation and Revegetation Review*, 2, 279-298.

Majer, J. D. (1997). Invertebrates assist the restoration process: An Australian perspective. In: (eds. K. M. Urbanska, N. R. Webb & P. J. Edwards) Restoration Ecology and Sustainable Development. *Cambridge University Press*, Cambridge. 212 - 237.

Mestelan, P., Sainte Marie, C. & Vansteelant, J.Y. 2007. *Guide pour la mise en oeuvre de l'engagement unitaire agroenvironnemental "maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle" (Herbe_07)*. Federation des Parcs Naturels Regionaux de France.

Oliver, I., Beattie, A. J. & York, A. (1998). Spatial fidelity of plant, vertebrate and invertebrate assemblags in multiple – use forest in Eastern Australia. *Conservation Biology, 12*(4), 822 – 835.

Perramon, B. (2012a). *Relacions dels condicionants ambientals i de maneig amb l'estat de conservació de les pastures del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* (1a ed., pp. 1-38). Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Recuperat de http://www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

Perramon, B. (2012b). *Projecte de coneixement, millora i conservació de les pastures del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* (1a ed., pp. 1-12). Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Recuperat de http://www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Read, J.L. & Andersen, A.N. (2000). The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed grazing at an Australian arid zone locality. *Journal of Arid Environments, 45*, 231–251.

Retana, J. Cerdá, X. (2000). Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. *Oecologia, 123*, 436 – 444.

Roig, X. & Espadaler, X. 2010. Propuesta de grupos funcionales de hormigas para la Península Ibérica y Baleares, y su uso como bioindicadores. *Iberomyrmex, 2*, 28- 29.

Salvat, A & Casas, C. (2014*). Protocol per a l'avaluació de l'estat ecològic dels prats. Adaptació per a la muntanya mitjana del nord-est de Catalunya* (1a ed., pp. 1-31). Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Recuperat de http://www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

Salvat, A. i March, S. 2010. *Caracterització de les pastures d'especial interès del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Generalitat de Catalunya*. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Document inèdit. Recuperat de www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

Salvat, A. & March, S. (2014a). *Avaluació de l'estat ecològic de parcel·les de prat del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* (1a ed., pp. 1-30). Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Recuperat de http://www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

Salvat, A., & March, S. (2014b). *Fitxa d'avaluació de pastures seminaturals mitjançant un transsecte* (1a ed., pp. 1-22). Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Recuperat de http://www.gencat.cat/parcs/garrotxa i disponible al Centre de documentació del PNZVG.

Suñer, D. (1991). *Contribució al coneixement mirmecològic de Gavarres, Montgrí, Guilleries i la Serralada transversal* (Doctorat). Universitat Autònoma de Barcelona.

Webgrafia

[1]Generalitat de Catalunya. 2016. *Climatologia.* Recuperat el 20/04/2016 de http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia

[2]VISSIR v3.24. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Recuperat el 27/04/2016 de http://www.icc.cat/vissir3/

[3]Gómez, K. & Xavier, E. 2007. *Asociación Ibérica de Mirmecología*. Recuperat el 15/02/2016 de www.hormigas.org

[4]CyberAnt. 2004. *Comunidad de aficionados a las hormigas.* Recuperat el 10/04/2016 de http://www.lamarabunta.org/.

[5]Servei MeteOlot. 2015. *Arxiu de Dades Meteorològiques del Servei MeteOlot - Any 2015*. Recuperat el 25/04/2016 de http://meteolot.com/arxiu-2015.html