

GEA, FLORA ET FAUNA

Canvis en la comunitat de coleòpters de vegetació a causa d'un incendi forestal al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

Xavier Santos^{*, **}, Eduardo Mateos^{*} & Amador Viñolas^{***}

Rebut: 20.11.08
 Acceptat: 20.04.09

Resum

A la conca mediterrània, els incendis han desenvolupat un paper fonamental en l'estructuració del paisatge i en la composició de les comunitats d'organismes. En el futur, s'espera que aquest tipus de perturbació augmenti en extensió i freqüència, un fet que pot afectar el manteniment de la diversitat en els espais naturals mediterranis. En el present treball, s'ha analitzat la resposta dels coleòpters de vegetació a l'impacte d'un incendi forestal produït l'agost del 2003 en el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. La primavera del 2007 es va realitzar un mostreig amb mànega entomològica en un total de 24 estacions de mostreig, que comprenen una zona control (no cremada) i quatre zones cremades amb diferent gestió postincendi. S'han fet mesures de diversitat alfa (índexs de Margalef, d'uniformitat i de Simpson) i gamma (nombre total d'espècies en la zona d'estudi),

així com anàlisis multivariants (anàlisis de components principals, PCA) utilitzant les dades d'abundància de les espècies de coleòpters en les diferents estacions de mostreig. Es varen obtenir 876 exemplars de coleòpters pertanyents a 75 espècies. Els resultats indiquen un augment general de l'abundància i de la riquesa d'espècies en les zones cremades respecte de la zona control i un augment net de la diversitat gamma en el conjunt de l'àrea mostrejada. "Les espècies més abundants en la zona control s'han reduït molt o han desaparegut de les zones cremades. Igualment, s'han detectat moltes espècies exclusives d'una sola zona (33). L'augment del nombre total d'espècies (diversitat gamma) i l'alt nombre d'espècies exclusives poden ser atribuïts a l'heterogeneïtat de l'hàbitat (bosc respecte de zona oberta), però també a les diferències entre zones incendiades com a conseqüència de l'aplicació de diferents tractaments postincendi. El nostre estudi reforça la idea que l'heterogeneïtat paisatgística pot redundar en el manteniment de la biodiversitat dels ecosistemes mediterranis.

^{*} Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Animal. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona. A/e: xsantos1@ub.edu

^{**} Diputació de Barcelona. Oficina Tècnica de Parcs Naturals. Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. C. d'Urgell, 187, 3r. 08036 Barcelona.

^{***} Museu de Ciències Naturals (Zoologia). Pg. de Picasso, s/n. 08003 Barcelona.

MOTS CLAU: incendis forestals, coleòpters, diversitat, espais oberts.

Abstract

Shifts in the community of vegetation beetles due to a forest fire in the Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

In the Mediterranean Basin, fires have played a key role in the landscape structure and in the composition of organism communities. In the future, it is expected that this disturbance increases in terms of extension and frequency, thus affecting the maintenance of biodiversity in the Mediterranean natural reserves. In this work, we have analyzed the response of vegetation beetles after a wildfire occurred on August 2003 in the Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. In the spring of 2007, a sampling program with sweep net was conducted in a total of 24 sampling stations, which included a control area (not burnt) and four areas with different post-fire management practices. Alpha (Margalef index, uniformity and Simpson) and gamma diversity measures (total number of species in the study area), and multivariate analysis (Principal Component Analysis) were calculated using the abundance of species of beetles at sampling stations. A total of 876 specimens of beetles belonging to 75 species were collected. The results showed a general increase in abundance and species richness in the burned areas compared to the unburned forest, as well as an increase of gamma diversity. The commonest species in control forested sites became scarce or extinct in burned sites. Furthermore, we observed many exclusive species from a single area (33). The increase in the total number of species (gamma diversity) and the high number of exclusive species could be caused by habitat heterogeneity (forest versus open-areas) and also by differences among burned sites due to the application of several post-fire management. Our study supports the general idea that landscape heterogeneity may cause high levels of biodiversity in Mediterranean ecosystems.

KEYWORDS: forest fires, beetles, diversity, open areas.

Resumen

Cambios en la comunidad de coleópteros de vegetación debido a un incendio forestal en el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

En la cuenca mediterránea, los incendios han jugado un papel fundamental en la estructuración del paisaje y en la composición de las comunidades de organismos. En el futuro, se espera que este tipo de perturbación aumente en extensión y frecuencia, hecho que podría afectar al mantenimiento de la diversidad en espacios naturales mediterráneos. En el presente trabajo, se ha analizado la respuesta de los coleópteros de vegetación al impacto de un incendio forestal ocurrido en agosto de 2003 en el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. En primavera de 2007 se realizó un muestreo con manga entomológica en un total de 24 estaciones de muestreo, que comprenden una zona control (no incendiada) y cuatro zonas con diferente gestión postincendio. Se han calculado medidas de diversidad alfa (índices de Margalef, de uniformidad y de Simpson) y gamma (número total de especies observadas en la zona de estudio) y análisis multivariantes (análisis de componentes principales, PCA) utilizando los datos de abundancia de las especies de coleópteros en las diferentes estaciones de muestreo. Se obtuvieron un total de 876 ejemplares de coleópteros pertenecientes a 75 especies. Los resultados indican un aumento general de la abundancia y de la riqueza de especies en todas las zonas incendiadas y un aumento neto de diversidad gamma. Las especies más abundantes en la zona control se han reducido mucho o han desaparecido de las zonas quemadas. Igualmente, se ha detectado un elevado número de especies exclusivas (33) de una sola zona de estudio. El aumento de especies en toda la zona de estudio y el elevado número de especies exclusivas pueden atribuirse a la heterogeneidad del hábitat (bosque respecto de zonas abiertas), pero también a las diferencias entre zonas incendiadas como consecuencia de la aplicación de diferentes tratamientos post-incendio. Nuestro estudio refuerza la idea que la heterogeneidad paisajística puede redundar en el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas mediterráneos.

PALABRAS CLAVE: incendios forestales, coleópteros, diversidad, espacios abiertos.

Introducció

Els incendis són perturbacions naturals que col·laboren al costat d'altres factors en l'estructura del paisatge i en la composició de les comunitats d'organismes. Són poques les regions del món on l'acció del foc no hagi modelat l'estructura de la vegetació i la composició de la fauna. En algunes regions on els incendis són freqüents a causa de característiques climàtiques particulars, el foc ha estat un factor selectiu important que ha pogut influir en la morfologia, fisiologia i cicles vitals de plantes i animals (Trabaud & Prodon, 1993; Blondel, 1995; Bond & Keeley, 2005). Una de les regions on els incendis han tingut un paper fonamental en l'estructura del paisatge i en la composició de les comunitats d'organismes és la conca mediterrània (Moreno & Oechel, 1994; Rundel, 1998; Lloret, 2004). Una marcada estacionalitat climàtica i, especialment, la baixa regularitat en els episodis de pluges han fet que en aquesta regió el foc hagi modelat el paisatge d'una manera notable (Prodon, 1987; Naveh, 1990). Però, a més, l'ésser humà influeix en aquest procés per la seva acció en la gestió i en l'ús de l'espai, un fet que en regions com la conca mediterrània es ve produint des del Neolític (Trabaud, 1987; Blondel & Aronson, 1999). Més concretament, l'ésser humà ha modificat l'impacte dels incendis forestals sobre el territori tant en el nombre i en la freqüència dels incendis naturals com en l'increment de la seva extensió (Salvador *et al.*, 1997), una tendència que probablement continuarà en el futur com a conseqüència directa de l'augment de la temperatura (Piñol *et al.*, 1998). L'impacte directe d'aquest procés és una pèrdua en l'heterogeneïtat del paisatge a mitjana escala (Lloret, 2004), un fet que potencialment pot generar una pèrdua global de diversitat (Lloret & Vilà, 2003). La quantificació d'aquesta pèrdua i les seves conseqüències sobre la biodiversitat, i

especialment l'anàlisi dels tipus d'organismes més vulnerables a aquests canvis, són valors d'un gran interès per a la conservació dels ecosistemes.

Els estudis dedicats a conèixer la resposta de la fauna després d'un incendi són força nombrosos, tot i que, en general, no mostren resultats consistents per als diversos grups d'organismes estudiats. En uns casos, s'observa un augment d'espècies després d'un incendi (Orgeas & Andersen, 2001; Apigian *et al.*, 2006), en altres casos, una reducció (Mateos & Selga, 1991; Serra *et al.*, 1992; Parra *et al.*, 1996; Nekola, 2002; Santos *et al.*, 2009; Sackmann & Farji-Brener, 2006), i, finalment, d'altres mostren diferents respostes segons les espècies d'un mateix grup, com per exemple en amfibis (Pilliod *et al.*, 2003), rèptils (Driscoll & Henderson, 2008) i artròpodes (Moretti *et al.*, 2004). Entre altres factors, la manca de patrons generals en part es deu al fet que la resposta dels organismes varia segons el tipus d'hàbitat afectat i les condicions climàtiques de la zona (Rodrigo *et al.*, 2004; Rodrigo & Retana, 2006; Arnan *et al.*, 2006). Els trets d'història natural dels organismes estudiats també poden influir sobre la seva sensibilitat i resiliència al foc (Whelan, 1995). Aquest fet queda palès en estudis que analitzen la resposta al foc per a diversos grups d'organismes en un mateix escenari geogràfic (per exemple, Moretti *et al.*, 2004; Moretti *et al.*, 2006; Buddle *et al.*, 2006). On sí que hi ha força coincidència és en acceptar que les característiques de l'hàbitat després del foc influeixen decisivament sobre la resposta de les poblacions d'animals, un fet associat a canvis temporals en l'estructura de la vegetació i de la cobertura vegetal (Torre & Diaz, 2004; Monamy & Fox, 2000; Moretti & Legg, 2008).

Els coleòpters són un grup taxonòmic molt adient per estudiar la resposta al foc a causa de la seva gran diversitat en espècies i nivells

tròfics (herbívoros, sapròfits, xilòfags i depredadors) i el seu valor com a indicadors de l'estat dels boscos (Dajoz, 2000). Els estudis publicats són nombrosos (per exemple, Muona & Rutanen, 1994; Orgeas & Andersen, 2001; Saint-Germain *et al.*, 2005; Apigian *et al.*, 2006; Nunes *et al.*, 2006; Sackmann & Farji-Brener, 2006) i, en general, mostren un augment de la riquesa d'espècies i una abundància de coleòpters després del foc (però vegeu Sackmann & Farji-Brener, 2006) com a conseqüència de l'augment d'aliment disponible i la idoneïtat dels nous hàbitats. La majoria d'aquests treballs se centra en la resposta dels coleòpters de sòl mitjançant l'ús de trampes de caiguda i, en canvi, són pocs els dedicats als coleòpters de vegetació (però vegeu Orgeas & Andersen, 2001). La fauna de coleòpters de Catalunya és molt rica i variada pel fet que està conformada per nombrosos endemismes, espècies pròpies del Mediterrani occidental, d'altres centreeuropees localitzades normalment en l'àrea pirinenca i també d'altres nord-africanes que, en la majoria dels casos, no sobrepassen els Pirineus. A més de la interrelació observada entre la vegetació i els coleòpters (Dajoz, 2000), en l'àmbit local s'està analitzant la biodiversitat del grup i la seva relació amb la vegetació en el Parc Natural del Cadí-Moixeró (Viñolas & Masó, 2007) i, més recentment, en el Parc Natural del Montseny (Viñolas *et al.*, 2008, 2009).

Aquest estudi ha analitzat la resposta de la comunitat de coleòpters de vegetació a l'incendi forestal que es va produir el 10 d'agost de 2003 al sector oriental del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt. Per això s'ha comparat la comunitat de coleòpters entre mostres de la zona cremada i d'una zona no cremada propera a l'incendi. Els objectius específics de l'estudi són: *a)* analitzar si l'incendi forestal ha produït un augment o una pèrdua de diversitat, i *b)* veure si hi ha hagut una substitució de les espècies dominants com a conse-

qüència dels canvis en l'estructura de la vegetació. Després de l'incendi, es van dur a terme diversos tractaments que van incloure diferents graus d'extracció de fusta cremada i de subsolat. A més, una de les zones incendiades s'havia cremat l'any 1970 i havia estat pasturada posteriorment. El mostreig a la zona cremada ha tingut en compte aquests aspectes, de manera que s'han fet mostres idèntics en totes aquestes zones a fi i efecte de poder detectar la màxima variabilitat possible de coleòpters de vegetació a la zona cremada i poder així analitzar si part d'aquesta variabilitat pot estar relacionada amb els tractaments realitzats. Aquest estudi s'emmarca en un estudi multidisciplinari que s'està duent a terme al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac i que inclou dades relatives a diversos grups d'animals.

Metodologia

L'estudi s'ha fet en el sector oriental del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, a la província de Barcelona (figures 1*a* i 1*b*). Aquesta àrea protegida es caracteritza per l'existència d'afloraments conglomerats amb relleu montserratí i una coberta discontinua d'alzinar amb rouredes a les parts més obagues. En les zones perifèriques del parc, l'alzinar ha estat substituït per pinedes de pi blanc, pinassa i pi roig, generalment en zones prèviament ocupades per conreu de cereal i vinya durant la primera meitat del segle xx.

El 10 d'agost de 2003 es va produir un incendi forestal que va cremar 4.500 hectàrees a la part oriental del parc i rodalies (figura 1*b*). Immediatament, es van realitzar diferents tasques de tractament postincendi que van incloure l'extracció de fusta i el subsolat amb posterior replantació. Aquest estudi s'ha fet quatre anys després de l'incendi (figures 2 i 3).

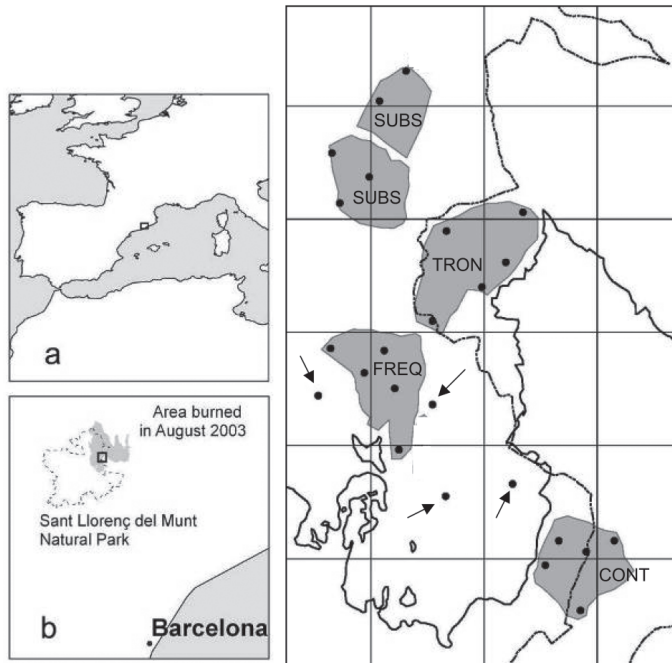


FIGURA 1. Localització de la zona d'estudi: *a*) situació en el nord-est de la península Ibèrica; *b*) situació respecte del Parc Natural de Sant Llorenç (línia discontinua) i l'àrea cremada l'agost del 2003 (àrea ombrejada); *c*) situació de les cinc zones amb diferents tractaments: CONT, pineda de pi blanc no cremada; TRON, zona cremada amb extracció de tronc; SUBS, zona amb extracció de tronc i posteriorment subsolada i amb replantació, i FREQ, zona dues vegades cremada. Les fletxes indiquen la localització de les estacions amb extracció de tronc i brancada (BRAN). En la figura *c*, la xarxa representa les UTM de 1×1 km.



FIGURA 2. Vista general de la part oriental del Parc Natural de Sant Llorenç afectada per l'incendi de l'agost de 2003. La imatge es va prendre la primavera de 2008.



FIGURA 3. Detall de la zona cremada l'agost de 2003 amb la presència d'alguns peus de pinassa supervivents. La imatge es va prendre la primavera de 2008.



FIGURA 4. Detall de la zona cremada l'agost de 2003 amb una soca de pi cremat i tallat, i la regeneració natural d'exemplars joves de pi blanc. La imatge es va prendre la primavera de 2008.

Per tal de conèixer les diferències en la comunitat de coleòpters de vegetació entre zones no cremades i zones cremades exposades a diferents tractaments postincendi, es van escollir 24 estacions de mostreig (figura 1c) distribuïdes de la manera següent: cinc estacions en una zona control no cremada de pineda (CONT),

cinc més en una zona cremada amb extracció de tronc (TRON, figures 4 i 5), cinc en una zona amb extracció de tronc i posteriorment subso-lada i amb replantació (SUBS, figura 6), quatre en una zona amb extracció de tronc i brancada (BRAN) i, finalment, cinc estacions en una zona dues vegades cremada (FREQ).



FIGURA 5. Aspecte de la zona cremada l'agost de 2008 un cop feta l'extracció de troncs, i on es pot apreciar força branca entre la vegetació. La imatge es va prendre la primavera de 2008.



FIGURA 6. Detall del subsolat fet en una zona de fort pendent després de l'incendi de l'agost de 2003. La imatge es va prendre la tardor de 2007.

Les estacions de mostreig es van seleccionar intentant que les característiques físiques fossin el més semblants possible. Així, totes les estacions estan situades sobre sòl sorrenc i conglomerat, amb una orientació similar (entre

sud i est), pendent (Kruskal-Wallis test $H_{4,24} = 5,91$, $p = 0,21$), percentatge de graves ($\bar{H} = 4,72$, $p = 0,32$), pH del sòl ($H = 2,29$, $p = 0,51$) i conductivitat del sòl ($H = 3,33$, $p = 0,50$). Les cinc estacions de control no cremades



FIGURA 7. Marge del cremat produït l'agost de 2003 on es pot veure perfectament la diferència en l'estructura de la vegetació entre la zona cremada i la zona no cremada. La imatge es va prendre la primavera de 2008.

estaven prop del marge del cremat (figura 7), en una zona dominada per pins (*Pinus halepensis* i *P. nigra*.) i sotabosc d'azina (*Quercus ilex*). Abans de l'incendi, tota la zona cremada tenia la mateixa composició d'arbres dominants, un fet que es pot comprovar en observar la rebrotada de les alzines i la germinació dels pins blancs. Tot i que les estacions estaven localitzades en un rang altitudinal molt estret (l'altura de l'estació més baixa i més alta va ser de 491 i 699 m d'altura), les diferències entre zones van ser significatives ($H = 18,31$, $p = 0,001$) pel fet que la zona control era més baixa. Això és degut al fet que la selecció d'estacions es va fer tenint en compte els tractaments postincendi realitzats, l'estructura de la vegetació i els tipus d'arbres dominants i les característiques físiques dels punts. Tot i que les cinc estacions de mostreig control estaven en una zona més baixa, es va escollir aquest lloc per la seva proximitat a l'incendi, l'orientació i el pendent semblants a les altres zones i la vegetació representativa de l'àrea

abans de cremar-se. Altres llocs potencialment bons com a zona control presentaven alguns dels factors fonamentals diferents (arbres dominants, pendent o orientació), i per això es van desestimar. Les rèpliques de cada tractament van ser escollides tenint en compte els trets abans esmentats i mirant que estiguessin ben allunyades espacialment. Tot i això, en alguns casos les rèpliques estan espacialment agrupades (figura 1c), ja que el disseny de mostreig es va fer un cop les zones ja s'havien tractat.

En cada estació de mostreig es van realitzar 5 censos per capturar coleòpters de vegetació mitjançant una xarxa entomològica. Els 5 censos per estació de mostreig es van fer mitjançant un recorregut a l'atzar per cada cens durant el mes de juny del 2007. Cada recorregut consistia en 20 batudes amb xarxa entomològica de 35 cm de diàmetre sobre la vegetació. Els artròpodes de vegetació recollits es van classificar en el nivell taxonòmic d'ordre i els coleòpters es van identificar en el

d'espècie a les instal·lacions del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

En la determinació dels coleòpters capturats, s'ha seguit la nomenclatura de Lawrence & Newton (1995) per a l'ordenació en el nivell taxonòmic de família; Serrano (2003), per als caràbids; Petitpierre (1980, 1983, 1988, 1999, 2000), per als crisomèlids; Alonso-Zarazaga & Lyal (1999) i Hoffmann (1950, 1954, 1958), per als curculiònids; Vázquez-Albalade (1993, 2002), per als edemèrids; Verdugo (2005), per als buprèstids; Vives (1984, 2000, 2001), per als cerambícs; Plata & Santiago (1990), per als malàquids, i Iablokoff-Khnzorian (1982) i Plaza (1987), per als coccinèl·lids. Per a la determinació de la resta de les famílies, s'han seguit una sèrie de treballs en l'àmbit genèric i, en algun cas concret en l'àmbit específic, sobre la fauna peninsular. També s'ha realitzat la consulta de les col·leccions de coleòpters del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

S'ha considerat com a unitat de mostreig l'estació (total $n = 24$) i, per tant, a l'efecte d'anàlisis, s'han sumat els coleòpters recollits en els cinc censos de cada estació. Per a la comparació en la composició i en l'abundància dels coleòpters, s'han utilitzat el nombre total d'espècies i el total de coleòpters per estació. A més, s'han calculat tres índexs de diversitat per estació: 1) la riquesa d'espècies mesurada mitjançant l'índex de Margalef, que mesura el nombre d'espècies presents en una mostra per a un determinat nombre d'individus; 2) la uniformitat, que mesura com estan distribuïts els individus entre les diferents espècies presents, i 3) l'índex de Simpson, un índex de dominància que mesura la probabilitat que dos individus de la mostra extrets a l'atzar corresponguin a la mateixa espècie.

S'ha calculat la diversitat gamma estimada com el nombre total d'espècies d'una àrea determinada. L'increment de diversitat gamma entre la zona control i el conjunt de totes les estacions mostrejades és una mesura de

com ha augmentat la diversitat en coleòpters de vegetació des d'una zona control de bosc fins a un medi més heterogeni que barregi zones cremades i no cremades.

També s'ha realitzat una anàlisi de components principals (PCA) amb les matrius de dades individus \times estació, per tal de conèixer gràficament la similitud global entre zones en la composició de la comunitat de coleòpters de vegetació i detectar la presència d'espècies indicadores d'un determinat tractament o zona; en aquesta anàlisi, s'han eliminat les espècies amb abundàncies molt baixes (menys de 3 exemplars observats). Els índexs de diversitat i de riquesa d'espècies s'han calculat amb el programari EstimateS v. 7.5 (Colwell, 2005), i els PCA, amb el programari CANOCO v. 4.5 (Ter Braak & Šmilauer, 2002).

També s'han classificat les espècies de coleòpters observats atenent al tipus de dieta en quatre categories: depredadors, detritívors, consumidors d'arbres i consumidors de vegetació arbustiva i arbòria. S'ha analitzat la representació de cadascun dels quatre grups en les cinc zones d'estudi en funció del nombre d'espècies presents i del nombre total de coleòpters.

Resultats

En total, es van recollir 854 coleòpters (una mitjana de 35,6 coleòpters i 12,5 espècies per estació de mostreig) corresponents a 75 espècies diferents (taula 1). El nombre de coleòpters per estació de mostreig va ser significativament diferent entre zones (Kruskal-Wallis test $H_{4,24} = 14,68$, $p = 0,005$). Les zones cremades i gestionades (extracció de tronc, de tronc i branca i de subsolat) presentaven les majors abundàncies (figura 8), mentre que la zona control va ser la que tenia menys coleòpters. En canvi, el nombre d'espècies per estació no va mostrar diferències entre zones

TAULA 1. Nombre total d'espècies i espècies exclusives en les cinc àrees d'estudi. Per a les cinc àrees, també figuren els valors mitjans per estació en nombre d'espècies, nombre d'exemplars, riquesa d'espècies (índex de Margalef), uniformitat i diversitat segons l'índex de Simpson. Els (*) indiquen aquelles comparacions en les quals s'han observat diferències significatives entre zones (vegeu el text)

	Rèpliques	Espècies totals	Espècies exclusives	Espècies	Exemplars*	Riquesa	Uniformitat*	Simpson
CONT	5	30	8	8,8	14,2	2,955	0,933	0,910
TRON	5	34	5	14,0	53,6	3,307	0,771	0,802
BRAN	4	31	5	14,8	32,3	3,984	0,902	0,916
SUBS	5	42	10	15,2	53,6	3,680	0,816	0,843
FREQ	5	29	5	10,4	23,6	3,017	0,839	0,819

(Kruskal-Wallis test $H_{4,24} = 8,60$, $p = 0,07$), tot i que novament la zona control va presentar els valors més baixos. Quant al nombre d'espècies exclusives d'una única zona, se n'han observat 10 en el subsolat, 8 a la zona control i 5 en cadascuna de les altres tres zones (taula 1). L'anàlisi de les espècies dominants en cada zona va demostrar que en les quatre zones cremades, entre altres espècies, *Polydrusus confluens*, *Moredellistena* sp. i *Aphthona lutescens* es repetien com algunes de les espècies més abundants (annex 1). Aquestes espècies eren absents o molt escasses al bosc no cremat; en canvi, en aquesta zona control, les tres espècies més abundants eren *Scirpita dubia*, *Axinotarsus marginalis* i *Chrysolina americana* (annex 1).

Quant als índexs de diversitat, la riquesa d'espècies segons l'índex de Margalef i l'equitabilitat segons l'índex de Simpson no van mostrar diferències significatives entre zones (Kruskal-Wallis tests $H_{4,24} = 6,25$, $p = 0,18$ i $H_{4,24} = 4,75$, $p = 0,31$, respectivament). En canvi, la uniformitat va mostrar diferències significatives entre zones (Kruskal-Wallis tests $H_{4,24} = 10,20$, $p = 0,04$), essent els valors més alts els de la zona control (figura 9). L'increment de la diversitat gamma entre la zona control i el conjunt de la zona d'estudi va ser de 45 espècies, la qual cosa representa un 60 % d'augment.

En l'anàlisi PCA, cada estació de mostreig va quedar ordenada en funció dels dos primers eixos, que eren els que expliquen un major percentatge de la variància total de la matriu de dades (44,5 % i 32,4 %, respectivament, figura 10). Les estacions del mateix tractament porten els mateixos símbols i estan unides per un polígon. Les estacions més properes entre si a la figura 10 presenten una composició de coleòpters més semblant. En aquest sentit, s'observa que les cinc estacions de la zona control (CONT) queden molt properes les unes de les altres (els punts estan totalment solapats), la qual cosa indica una composició faunística molt semblant en totes cinc estacions. Les estacions de la zona amb extracció de troncs i la zona subsolada (TRON i SUBS) presenten un elevat grau de dispersió, amb polígons molt grans, la qual cosa indica una composició faunística molt diferent respecte a les estacions de cada tractament. Les estacions de les zones amb incendis freqüents (FREQ) i amb extracció de brancada (BRAN) presenten un grau de dispersió intermedi. En resum, la PCA ens indica que, encara que no hi ha una *pool* d'espècies que identifiqui clarament un tractament concret, les zones CONT, BRAN i FREQ presenten comunitats de coleòpters més homogènies (sobretot la zona control), mentre que els tractaments postincendi de les zones TRON i SUBS donen lloc a comunitats

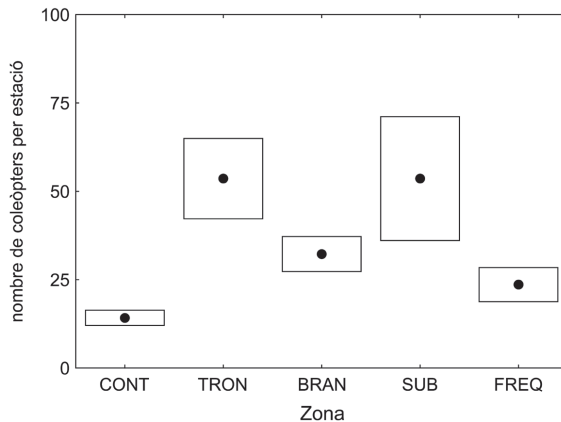


FIGURA 8. Mitjana del nombre de coleòpters per estació de mostreig en les cinc zones d'estudi. La figura inclou la mitjana i l'error estàndard.

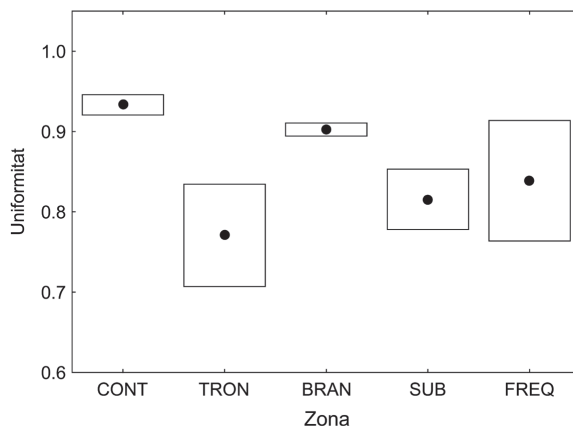


FIGURA 9. Mitjana de la uniformitat de coleòpters per estació de mostreig en les cinc zones d'estudi. La figura inclou la mitjana i l'error estàndard.

de coleòpters molt diverses les unes de les altres dins de la mateixa zona.

La figura 11 mostra el percentatge d'espècies que hi ha en cada zona en funció del tipus de dieta de cada espècie. No hi ha diferències significatives en les proporcions ($\chi^2 = 2,74$, 12 g. l., $p = 0,99$) a causa de l'alta proporció d'herbívors de vegetació arbustiva i herbàcia. Tot i això, hi ha una tendència a una major proporció d'espècies depredadores en les zones amb una baixa cobertura vegetal (BRAN, SUBS i FREQ) i amb una baixa proporció

d'herbívors d'arbres en les zones amb extracció de tronc i branca (BRAN).

Discussió

Aquest estudi mostra les diferències en abundància i riquesa d'espècies d'una comunitat de coleòpters de vegetació afectada per un incendi forestal al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. El nombre total d'espècies observades és important sobretot

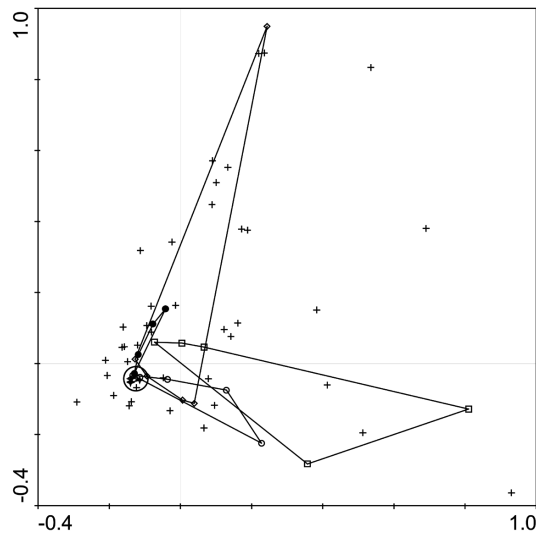


FIGURA 10. Anàlisi dels components principals de les comunitats de coleòpters de vegetació en les cinc zones amb diferents tractaments. Tractaments: * CONT; □ TRON; ◇ SUBS; ● BRAN; ○ FREQ. El cercle assenyalat on se situen les cinc parcel·les del tractament CONT. Les espècies de coleòpters estan representades amb una creu (+). S'han eliminat de l'anàlisi les espècies amb una abundància general inferior als tres exemplars.

si es té compte que el mètode de mostreig, la xarxa entomològica, només ha permès la captura d'una fracció de la comunitat. Així, manquen espècies de sòl, especialment depredadors (com els Carabidae dels gèneres *Carabus* Linnaeus, 1758, *Calasoma* Weber, 1801, *Chlaenius* Bonelli, 1810, i alguns representants de la subfamília Pterostichinae del gènere *Abax* Bonelli, 1810 i *Pterostichus* Bonelli, 1810, així com els de la subfamília Platyninae del gènere *Laemostenus* Bonelli, 1810) i xilòfagues (nombroses espècies de la família Cerambycidae; de la família Bostrichidae, com *Xylopertha praeusta* (Germar, 1817) i del gènere *Scobicia* Lesne, 1901, relacionades amb les diferents espècies de *Quercus* sp. i *Pinus* sp., i els Curculionidae de la subfamília Scolytidae, com l'*Ips sexdentatus* Boerner, 1776, i del gènere *Xyleborus* Eichhoff, 1864, relacionades amb *Pinus* sp.), abundants en els ambients mediterranis de Catalunya (Ros *et al.*, 1984; Alcover *et al.*, 1993; Boada *et al.*, 2008) però que necessiten un altre tipus de

mostreig (per exemple, els paranys de caiguda, els aeris, els de Berlèse *in situ*, etc.). En les zones cremades sorprèn l'absència de coleòpters estretament lligats amb els boscos cremats, un fet que podria estar motivat per una ràpida retirada de la fusta cremada i que afectaria molt directament aquells que habiten els arbres morts o parcialment cremats. De fet, Dajoz (2001) assenyalava la presència de coleòpters de les famílies Carabidae (per exemple, *Pterostichus* sp.), Elateridae (per exemple, *Denticollis* sp.), Latridiidae (per exemple, *Corticaria* sp.) i Bostrichidae en arbres cremats. Els arbres parcialment cremats també pateixen atacs de coleòpters de les famílies Scolytidae i Buprestidae del gènere *Phaenops* sp. (Dajoz, 2001; Muñoz *et al.*, 2007; Ministerio de Medio Ambiente, 2008). Igualment, els arbres cremats serveixen de refugi a un nombrós grup de coleòpters com els Tenebrionidae de la tribu Helopiini, gèneres *Pelorinus*, *Nalassus*, etc. (Español, 1956, 1961). La manca d'exemplars d'aquests

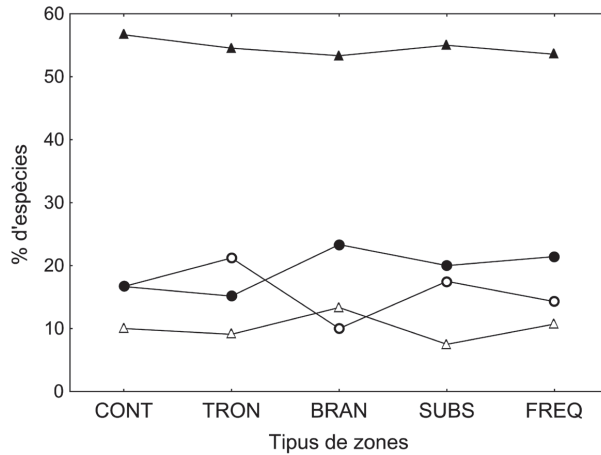


FIGURA 11. Variació en el percentatge d'espècies de coleòpters depredadors (cercles tancats), herbívors d'arbres (cercles oberts), herbívors de vegetació arbustiva i herbàcia (triangles tancats) i detritívors (triangles oberts) en les cinc zones d'estudi.

gèneres en les zones cremades suggereix que l'extracció de fusta cremada podria ser-ne la causa, tot i que serien necessaris estudis concrets en zones cremades sense cap extracció per verificar aquest fet.

La comunitat de coleòpters observada a la zona d'estudi està dominada per espècies estretament lligades a la vegetació i als detritus vegetals. És notable el gran nombre d'espècies de Chrysomelidae, estretament associades a la vegetació i el nombre també destacable d'espècies de Coccinellidae, depredadores de pugs i còccids propis de la vegetació. També cal destacar les espècies detritícoles de les famílies Anthicidae i Corylophidae, i alguns gèneres de les famílies Phalacridae, Melyridae i Malachiidae.

Els resultats d'aquest estudi s'han de prendre amb prudència, ja que la selecció de les rèpliques ha estat limitada als condicionants logístics abans explicats. Malgrat això, s'observen diferències en la comunitat de coleòpters de vegetació entre la zona control i les zones cremades que creiem que són consistents. La riquesa d'espècies i l'abundància total de coleòpters de vegetació són més baixes

a la zona control que en qualsevol de les zones cremades, un fet prèviament observat en altres estudis realitzats amb coleòpters de sòl (per exemple, Muona & Rutanen, 1994; Orgeas & Andersen, 2001; Apigian *et al.*, 2006). No s'han detectat diferències significatives en els valors de diversitat entre zones (taula 1). Malgrat això, sí que s'ha vist un increment del 60 % de diversitat gamma (nombre total d'espècies) com a conseqüència de l'augment d'heterogeneïtat en els hàbitats de tota la zona d'estudi. Igualment, és evident la diferència en les espècies dominants entre la zona control i les quatre zones cremades, un resultat relacionat amb els canvis en l'estructura de la vegetació, perquè totes les espècies dominants menys *Axinotarsus marginalis*, un depredador, depenen de la vegetació. Creiem que les diferències en la comunitat de coleòpters entre la zona control i les zones cremades obeeix a les diferències en l'estructura de l'hàbitat generada després de l'incendi, un fet que ja ha estat palès en altres comunitats d'animals, com ara diversos grups d'artròpodes (Moretti *et al.*, 2002; Moretti *et al.*, 2004), rèptils (Bury, 2004) i aus (Brotons *et al.*,

2005, O'Reilly *et al.*, 2006), i, més concretament, en comunitats de coleòpters a l'Amèrica del Nord (McCullough *et al.*, 1998) i Suïssa (Moretti *et al.*, 2004). La zona control presenta una estructura de la vegetació més complexa en altura, amb una coberta arbòria de pins que, per contra, és absent en les zones cremades quatre anys després de l'incendi. Les zones cremades, en canvi, presenten una coberta arbustiva més diversa, amb abundància de romaní (*Rosmarinus officinalis*), botja (*Dorycnium pentaphyllum*), roldor (*Coriaria myrtifolia*) i estepa blanca (*Cistus albidus*) com a espècies dominants.

La comunitat de coleòpters de vegetació a la zona control presenta una elevada similitud entre estacions (figura 10). En canvi, algunes zones incendiades presenten importants diferències entre estacions de mostreig, un fet que queda palès per la distància entre les rèpliques de la mateixa zona en els valors dels dos components de la PCA (figura 10). Aquest resultat suggereix que hi ha diferències en les comunitats de coleòpters de vegetació entre les zones cremades, però també entre les rèpliques de la mateixa zona. Això pot estar relacionat amb la presència d'espècies rares en les zones cremades (vegeu Apigian *et al.*, 2006, en el cas del coleòpters de terra), un fet que coincideix amb l'alt nombre d'espècies exclusives en totes les zones (taula 1). Aquesta notable variabilitat pot ser conseqüència, si més no en part, de l'heterogeneïtat d'hàbitats creats per l'incendi. Tot i que el disseny de mostreig presenta certes limitacions com les abans explicades, aquesta variabilitat també podria estar relacionada amb l'aplicació de diferents tractaments postincendi, un fet que convé estudiar amb més profunditat en el futur.

Els coleòpters representen una fracció molt important de la biodiversitat animal terrestre en els ecosistemes mediterranis (Ros *et al.*, 1984; Alcover *et al.*, 1993; Boada *et al.*, 2008) i, a més, són una peça clau en l'estruc-

tura de les xarxes tròfiques com a recurs tròfic d'espècies molt emblemàtiques dels medis terrestres, com ara el llargardaix ocel·lat (Mateo, 2004) i el xoriguer (Martínez-Padilla, 2006). L'augment del nombre d'espècies i l'abundància dels coleòpters de vegetació en les zones incendiades són importants tant des d'una perspectiva general de conservació de la biodiversitat com per a la potencial colonització d'altres animals que tenen en els coleòpters una font important d'aliment. Els incendis de les masses forestals són pertorbacions que generen alarma social i una pèrdua important de patrimoni a curt termini, a més d'una pèrdua de vides humanes, en alguns casos. Però la transformació subseqüent dels boscos en hàbitats més oberts també pot generar una certa heterogeneïtat paisatgística i, tal com ja s'ha vist en altres comunitats de fauna mediterrània, també sembla una font de diversitat de coleòpters en ecosistemes mediterranis. El manteniment d'aquests espais oberts mitjançant una acurada gestió pot ajudar a preservar la biodiversitat en espais tan emblemàtics com el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

Agraïments

Volem agrair el suport logístic del personal del Parc Natural i els comentaris d'un revisor anònim. Santi Sabaté, Teresa Sauras i Ramón Vallejo han proporcionat les dades de sòl. Xavier Santos ha estat becari postdoctoral del Programa Beatriu de Pinós de la Generalitat de Catalunya (BP-B1 10211). Aquest treball ha estat realitzat com a part del projecte «Seguiment integral de la recolonització faunística postincendi a la zona afectada per l'incendi del 2003 al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac», finançat dins el marc de col·laboració de la Diputació de Barcelona i «la Caixa».

Referències

- ALCOVER, J. A.; BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J. J. [ed.]. 1993. *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*. CSIC & Moll. Mallorca. 778 p. + 4 mapes. (Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears; 2).
- ALONSO-ZARAZAGA, M. A. & LYAL, C. H. C. 1999. *A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platypodidae)*. Entomopraxis. Barcelona. 315 p.
- APIGIAN, K. O.; DAHLSTEN, D. L. & STEPHENS, S. L. 2006. Fire and fire surrogate treatment effects on leaf litter arthropods in a western Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 221: 110-122.
- ARNAN, X.; RODRIGO, A. & RETANA, J. 2006. Post-fire recovery of Mediterranean ground ant communities follows vegetation and dryness gradients. *Journal of Biogeography*, 33: 1246-1258.
- BESCHTA, R. L.; RHODES, J. J.; KAUFFMAN, J. B.; GRESSWELL, R. E.; MINSHALL, G. W.; KARR, J. R.; PERRY, D. A.; HAUER, F. R. & FRISSELL, C. A. 2004. Postfire management on forested public lands of the Western United States. *Conservation Biology*, 18: 957-967.
- BLONDEL, J. 1995. *Biogéographie: Approche écologique et évolutive*. Masson et Cie. París. 297 p.
- BLONDEL, J. & ARONSON, J. 1999. *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford University Press. Oxford. 328 p.
- BOADA, M.; MAYO, S. & MANEJA, R. [ed.]. 2008. *Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera*. Institució Catalana d'Història Natural. Barcelona. 541 p.
- BOND, W. J. & KEELEY, J. E. 2005. Fire as a global «herbivore»: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 387-394.
- BROTONS, L.; HERRANDO, S. & MARTIN, J.-L. 2004. Bird assemblages in forest fragments within Mediterranean mosaics created by wild fires. *Landscape Ecology*, 19: 663-675.
- BROTONS, L.; PONS, P. & HERRANDO, S. 2005. Colonization of dynamic Mediterranean landscapes: Where do birds come from after fire? *Journal of Biogeography*, 32: 789-798.
- BUDDLE, C.M.; LANGOR, D.W.; POHL, G.R. & SPENCE J.R. 2006. Arthropod responses to harvesting and wildfire: Implications for emulation of natural disturbance in forest management. *Biological Conservation*, 128: 346-357.
- BURY, R. B. 2004. Wildfire, fuel reduction and herpetofaunas across diverse landscape mosaics in Northwestern forests. *Conservation Biology*, 18: 968-975.
- COLWELL, R. K. 2005. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versió 7.5. <<http://purl.oclc.org/estimates>> [Consulta: abril 2007]
- DAJOZ, R. 2000. *Entomologia forestal: los insectos y el bosque. Papel y diversidad de los insectos en el medio forestal*. Mundi-Prensa. Madrid. 560 p.
- DAJOZ, R. 2001. *Entomologia forestal. Los insectos y el bosque*. Trad. de Cándido Santiago Álvarez. Mundi-Prensa Libros. Madrid. 550 p.
- DÍAZ-DELGADO, R.; LLORET, F.; PONS, X. & TERRADAS, J. 2002. Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires. *Ecology*, 83: 2293-2303.
- DRISCOLL, D. A. & HENDERSON, M. K. 2008. How many common reptile species are fire specialists? A replicated natural experiment highlights the predictive weakness of a fire succession model. *Biological Conservation*, 141: 460-471.
- ESPAÑOL, F. 1956. Los *Probatiscus* de España (Col. Tenebrionidae). *Eos*, 32(1-4): 83-124.
- ESPAÑOL, F. 1961. Los *Cylindronotini* de la Península Ibérica (Col. Tenebrionidae). *Eos*, 37(1): 41-70.
- GOTELLI, N. J. & MCCABE, D. J. 2002. Species co-occurrence: A meta-analysis of J. M. Diamond's assembly rules model. *Ecology*, 83: 2091-2096.
- HERRANDO, S.; BROTONS, L. & LLACUNA, S. 2003. Does fire increase the spatial heterogeneity of bird communities in Mediterranean landscapes? *Ibis*, 145: 307-317.
- HOFFMANN, A. 1950. *Fauna de France*. Vol. 52: *Coléoptères Curculionides (première partie)*. Librairie de la Faculté des Sciences. París: 1-486.
- HOFFMANN, A. 1954. *Fauna de France*. Vol. 59: *Coléoptères Curculionides (deuxième partie)*. Librairie de la Faculté des Sciences. París: 487-1207.
- HOFFMANN, A. 1958. *Fauna de France*. Vol. 62: *Coléoptères Curculionides (troisième partie)*. Librairie de la Faculté des Sciences. París: 1209-1839.
- HOOPER, D. U.; CHAPIN, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETÁLÁ, H.; SYMSTAD, A. J.; VANDERMEER, J. & WARDLE, D. A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75: 3-35.
- HUSTON, M. A. 1994. *Biological diversity*. Cambridge University Press. Cambridge. 681 p.
- IABLOKOFF-KHNZORIAN, S. M. 1982. *Les Coccinelles. Coléoptères-Coccinellidae*. Boubee. París. 568 p.
- KISS L. & MAGNIN F. 2006. High resilience of Mediterranean land snail communities to wildfires. *Biodiversity and Conservation*, 15: 2925-2944.
- LAWRENCE, J. F. & NEWTON, A. F. Jr. 1995. *Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names)*. Zapopan, Jalisco: 779-1006 + 48. (Publicaciones Especiales; 3). [Reimpresió de: PAKALUK, J. & ŚLIPINSKI, A. S. [ed.]. *Byology, phylogeny, and classification of Coleoptera. Papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson*. Muzeum & Instytut Zoologii PAN. Varsòvia.]
- LEIBOLD, M. A.; HOLYOAK, M.; MOUQUET, N.; AMARASEKARE, P.; CHASE, J. M.; HOOPES, M.

- F.; HOLT, R. D.; SHURIN, J. B.; LAW, R.; TILMAN, D.; LOREAU, M. & GONZÁLEZ, A. 2004. The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, 7: 601-613.
- LLORET, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. In: VALLADARES, F. [ed.]. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: 101-126.
- LLORET, F. & VILÀ, M. 2003. Diversity patterns of plant functional type in relation to fire regime and previous land use in Mediterranean woodlands. *Journal of Vegetation Science*, 14: 387-398.
- MARGALEF, R. 1997. *Our biosphere. Excellence in ecology 10*. Ecology Institute. Oldendorf & Luhe. 176 p.
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, B.; GONZÁLEZ, J. A.; DÍAZ, S.; CASTRO, I. & GARCÍA-LLORENTE, M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: El papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 3: 1-12.
- MARTÍNEZ-PADILLA, J. 2006. Cernicalo vulgar. *Falco tinnunculus*. In: CARRASCAL, L. M. & SALVADOR, A. [ed.]. *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. <<http://www.vertebradosibericos.org>>.
- MATEO, J. A. 2004. Lagarto ocelado. *Timon lepidus*. In: CARRASCAL, L. M. & SALVADOR, A. [ed.]. *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. <<http://www.vertebradosibericos.org>>.
- MATEOS, E. & SELGA, D. 1991. Efecto de los incendios forestales sobre las poblaciones de colémbolos edáficos en bosque mediterráneo. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 28(1): 19-30.
- MCCULLOUGH, D. G.; WERNER, R. & NEUMANN, D. 1998. Fire and insects in Northern and Boreal forest ecosystems of North America. *Annu. Rev. Entomol.*, 43:107-27.
- MCKENZIE, D.; GEDALOF, Z.; PETERSON, D. L. & MOTE, P. 2004. Climatic change, wildfire and conservation. *Conservation Biology*, 18: 890-902.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2008. *Galicia Red CE de nivel I. Red europea de seguimientos de daños en los bosques, Red CE de nivel I*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 40 p.
- MONAMY, V. & FOX, B. J. 2000. Small mammal succession is determined by vegetation density rather than time elapsed since disturbance. *Austral Ecology*, 25: 580-587.
- MORENO, J. M. & OECHEL, W. C. [ed.]. 1994. *The role of fire in Mediterranean-type ecosystems*. Springer-Verlag. Nova York. 201 p. (Ecological Studies; 107).
- MORETTI, M.; DUELLI, P. & OBRIST, M. K. 2006. Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia*, 149: 312-327.
- MORETTI, M. & LEGG, C. 2008. Combining plant and animal traits to assess community functional responses to disturbance. *Ecography*, 31: 1-11.
- MORETTI, M.; OBRIST, M. K. & DUELLI, P. 2004. Arthropod biodiversity after forest fires: Winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps. *Ecography*, 27: 173-186.
- MORETTI, M.; ZANINI, M. & CONEDERA, M. 2002. Faunistic and floristic post-fire succession in southern Switzerland: An integrated analysis with regard to fire frequency and time since the last fire. In: VIEGAS, D. X. [ed.]. *IV International Conference on Forest Fire Research. Luso, Portugal*. Millpress. Rotterdam: 1-8.
- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V.; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R. & SÁNCHEZ, G. 2007. *Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. 2a ed. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General para la Biodiversidad & Mundi-Prensa Libros. Madrid. 575 p.
- MUONA, J. & RUTANEN, I. 1994. The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest. *Annales Zoologici Fennici*, 31: 109-121.
- NAVEH, Z. 1990. Fire in the Mediterranean, a landscape ecological perspective. In: GOLDAMMER, J. G. & JENKINS, M. G. [ed.]. *Fire in ecosystems dynamics. Proceedings of the Third International Symposium in Freiburg, FRG, May 1989*. Academic Publishing. Den Haag: 1-20.
- NEKOLA, J. C. 2002. Effects of fire management on the richness and abundance of central North American grassland land snail faunas. *Animal Biodiversity and Conservation*, 25: 53-56.
- NUNES, L.; SILVA, I.; PITE, M.; REGO, F.; LEATHER, S. & SERRANO, A. 2006. Carabid (Coleoptera) community changes following prescribed burning and the potential use of carabids as indicators species to evaluate the effects of fire management in Mediterranean regions. *Silva Lusitana*, 14: 85-100.
- O'REILLY, L.; OGADA, D.; PALMER, T. M. & KEESING, F. 2006. Effect of fire on bird diversity and abundance in an East African savanna. *African Journal of Ecology*, 44: 165-170.
- ORGEAS, J. & ANDERSEN, A. N. 2001. Fire and biodiversity: Responses of grass-layer beetles to experimental fire regimes in an Australian tropical savanna. *Journal of Applied Ecology*, 38: 49-62.
- PARR, C. L. & CHOWN, S. L. 2003. Burning issues for conservation: a critique of faunal fire research in Southern Africa. *Austral Ecology*, 28: 384-395.
- PARRA, X.; MATEOS, E.; SARLÉ, V. & SERRA, A. 1996. Evolució de les poblacions d'àcars i col·lèmbols edàfics en un alzinar cremat. *Treballs del Centre d'Història Natural de la Conca de Barberà*, 1: 273-279.
- PETITPIERRE, E. 1980. Catàleg dels coleòpters crisomèlids de Catalunya, I. Cryptocephalinae. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 45(Zool., 3): 65-76.
- PETITPIERRE, E. 1983. Catàleg dels coleòpters crisomèlids de Catalunya, II. Zeugophorinae, Donaciinae, Criocerinae, Clytrinae, Lamprosomatinae i Eumolpinae. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 49(Zool., 5): 87-96.

- PETITPIERRE, E. 1988. Catàleg dels coleòpters crisomèlids de Catalunya, III. Chrysomelinae i Galerucinae. *Bulletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 55(Zool., 7): 79-100.
- PETITPIERRE, E. 1999. Catàleg dels coleòpters crisomèlids de Catalunya, IV. Alticinae. *Bulletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 67: 91-129.
- PETITPIERRE, E. 2000. *Coleoptera, Chrysomelidae* I. In: RAMOS, M. A. [et al.] [ed.]. *Fauna ibérica*. Vol. 13. CSIC. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 521 p. + 6 lám.
- PILLIOD, D. S.; BURY, R. B.; HYDE, E. J.; PEARL, C. A. & CORN, P. S. 2003. Fire and amphibians. *Forest Ecology and Management*, 178: 163-181.
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J. & LLORET, F. 1998. Climate warming, wildfire hazard and wildfire occurrence in coastal eastern Spain. *Climatic Change*, 38: 345-357.
- PLATA, P. & SANTIAGO, C. T. 1990. *Revisión de la familia Malachiidae Erichson (Insecta: Coleoptera) en la Península Ibérica e islas Baleares*. Goecke & Evers. Krefeld. 705 p.
- PLAZA, E. 1987. Clave para la identificación de los géneros y catálogo de las especies españolas peninsulares y baleáricas de Coccinellidae. *Graellsia*, 42: 19-45.
- PRESLEY, R. L.; CABEZA, M.; WATTS, M. E.; COWLING, R. M. & WILSON, K. A. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution*, 22: 583-592.
- PRODON, R. 1987. Fire, bird conservation and land management in the North-Mediterranean area. *Ecologia Mediterranea*, 13: 127-133.
- PRODON, R.; FONS, R. & ATHIAS-BINCHE, F. 1987. The impact of fire on animal communities in the Mediterranean area. In: TRABAUD, L. [ed.]. *The role of fire on ecological systems*. Academic Publishing. Den Haag: 121-157.
- PRODON, R.; FONS, R. & PETER, A. M. 1984. L'impact du feu sur la végétation, les oiseaux et les micromammifères dans diverses formations des Pyrénées-orientales: Premiers résultats. *Revue Ecologie, Terre et Vie*, 39: 129-158.
- PRODON, R. & PONS, P. 1993. *Post-fire bird studies: Methods, questions and perspective*. In: TRABAUD, L. & PRODON, R. [ed.]. *Fire in Mediterranean ecosystems*. Commission European Communities. Brussel-les: 332-343. (Ecosystem Research Report; 5).
- RIBA, M. & TERRADAS, J. 1987. Característiques de la resposta als incendis en els ecosistemes mediterranis. In: *Ecosistemes terrestres: la resposta als incendis i altres perturbacions*. Diputació de Barcelona. Barcelona: 63-75. (Quaderns d'Ecologia Aplicada; 10).
- RODRIGO, A. & RETANA, J. 2006. Post-fire recovery of ant communities in Submediterranean Pinus nigra forests. *Ecography*, 29: 231-239.
- RODRIGO, A.; RETANA, J. & PICÓ, X. 2004. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. *Ecology*, 85: 716-729.
- ROS, J.; OLIVELLA, I. & GILL, J. M. 1984. *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. 828 p. + 3 mapes. (Arxius de la Secció de Ciències; 73).
- RUNDEL P. W. 1998. *Landscape disturbance in Mediterranean-type ecosystems: An overview*. In: RUNDEL P. W.; MONTENEGRO, G. & JAKSIC, F. M. [ed.]. *Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean-type ecosystems*. Springer. Berlín: 3-22. (Ecological Studies; 136).
- SACKMANN, P. & FARJI-BRENER, A. 2006. Effect of fire on ground beetles and ant assemblages along an environmental gradient in NW Patagonia: Does habitat type matter? *Ecoscience*, 13: 360-371.
- SAINT-GERMAIN M.; LARRIVEE, M.; DRAPEAU, P.; FAHRIG, L. & BUDDLE, CM. 2005. Short-term response of ground beetles (Coleoptera : Caradibae) to fire and logging in a spruce-dominated boreal landscape. *Forest Ecology & Management*, 212: 118-126.
- SALVADOR, R.; PONS, X.; VALERIANO, J.; ROMEU, J. & PALÉ, V. 1997. Un método de análisis de los incendios ocurridos en Cataluña durante el periodo 1975-1993 mediante imágenes de satélite. In: HERNÁNDEZ, C. & ARIAS, J. E. [ed.]. *Proceedings del Congreso de la Asociación Española de Teledetección*. Asociación Española de Teledetección. Santiago de Compostela: 212-214.
- SANTOS, X.; BROS, V. & MIÑO, A. 2009. Recolonization of a burned Mediterranean area by terrestrial gastropods. *Biodiversity and Conservation*, DOI 10.1007/s10531-009-9634-2.
- SARÀ, M.; BELLIA, E. & MILAZZO, A. 2006. Fire disturbance disrupts co-occurrence patterns of terrestrial vertebrates in Mediterranean woodlands. *Journal of Biogeography*, 33: 843-852.
- SERRA, A.; MATEOS, E.; PARRA, X. & SARLÉ, V. 1992. Estudio de los efectos de un incendio forestal sobre poblaciones de artrópodos edáficos. *Historia Animalium*, 1: 41- 62.
- SERRANO, J. 2003. *Catálogo de los Carabidae (Coleoptera) de la Península Ibérica*. S. n. Saragossa. 130 p. (Monografías SEA; 9).
- TER BRAAK, C. J. F. & ŠMILAUER, P. 2002. *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power. Ithaca. 500 p.
- TORRE, I. & DÍAZ, M. 2004. Small mammal abundance in Mediterranean post-fire habitats: A role for predators? *Acta Oecologica*, 25: 137-143.
- TRABAUD, L. 1987. *The role of fire in ecological systems*. Academic Publishing. Den Haag. 157 p.
- TRABAUD, L. & LEPARD, J. 1980. Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43: 49-57.
- TRABAUD, L. & PRODON, R. 1993. *Fire in Mediterranean ecosystems*. Commission European Communities. Brussel-les. 441 p. (Ecosystem Research Report; 5).
- TRABAUD, L. & PRODON, R. [ed.]. 2002. *Fire and biological processes*. Backhuys Publishers. Leiden. 345 p.

- VÁZQUEZ-ALBALATE, X. 1993. *Coleoptera, Oedemeridae, Pyrochroidae, Pythidae, Mycteridae*. En: *Fauna Ibérica*, vol. 5. Ramos, M. A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 181 p.
- VÁZQUEZ-ALBALATE, X. 2002. *European fauna of Oedemeridae*. Argania. Barcelona. 178 p.
- VERDUGO, A. 2005. *Fauna de Buprestidae de la Península Ibérica y Baleares*. Argania. Barcelona. 350 p.
- VIÑOLAS, A. & MASÓ, G. 2007. *Biodiversitat de coleòpters en el Parc Natural del Cadí-Moixeró*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Parc Natural del Cadí-Moixeró. Barcelona. 153 p.
- VIÑOLAS, A.; MUÑOZ, J. & SOLER, Q. 2008. Noves o interessants citacions de coleòpters per a la península Ibèrica (Coleoptera) recol·lectats al Parc Natural del Montseny. *Orsis*, 23: 75-79.
- VIÑOLAS, A.; MUÑOZ, J. & SOLER, Q. 2009. Noves o interessants citacions de coleòpters per al Parc Natural del Montseny i per a Catalunya (Coleoptera) (2a nota). *Butlletí de la Societat Catalana d'Història Natural*, 75(2007): 119-132.
- VIVES, E. 1984. Cerambícidos (Coleoptera) de la Península Ibèrica y de las Islas Baleares. *Treballs del Museu de Zoologia. Barcelona*, 2: 1-137.
- VIVES, E. 2000. *Coleoptera, Cerambycidae*. In: RAMOS, M. A. [et al.] [ed.]. *Fauna ibérica*. Vol. 12. CSIC. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 716 p. + 5 lám.
- VIVES, E. 2001. *Atlas fotográfico de los cerambícidos ibero-baleares*. Argania. Barcelona. 287 p.
- WHELAN, R. J. 1995. *The ecology of FIRE*. Cambridge University Press. Cambridge. 346 p.

Annex 1. Llistat d'espècies presents a la zona d'estudi ordenades per famílies, amb les abundàncies mitjanes per estació en les cinc zones d'estudi i el tipus de dieta. Codis de zona: CONT, pineda de pi blanc no cremada; TRON, zona cremada amb extracció de tronc; BRAN, zona amb extracció de tronc i brancada; SUBS, zona amb extracció de tronc i posteriorment subsolada i amb replantació, i FREQ, zona dues vegades cremada. Codis de la dieta larvària: depredadors (D), detritívors (R), consumidors d'arbres (A), consumidors de vegetació arbustiva i arbòria (V)

Família/espècie	CONT	TRON	BRAN	SUBS	FREQ	Dieta
Anobiidae						
<i>Lasioderma serricornis</i> Fabricius, 1792	0,2	—	—	—	—	R
Anthicidae						
<i>Microhoria fasciata</i> Chevrolat, 1834	0,6	2,4	1,5	0,8	0,4	R
Apionidae						
<i>Ceratapion armatum</i> Gerstaecker, 1854	—	—	—	—	0,2	V
<i>Pseudoprotapion astragali</i> Paykull, 1800	—	—	—	—	0,2	V
Attelabidae						
<i>Lasiorhynchites coeruleocephalus</i> Schaller, 1783	0,4	—	—	—	—	A
Buprestidae						
<i>Acmaeodera nigellata</i> Abeille, 1904	—	0,2	—	—	—	V
<i>Agrilus hyperici</i> Creutzer, 1799	—	0,4	—	0,2	—	V
<i>Anthaxia godeti</i> Gory & Laporte de Castelnau, 1839	0,6	0,4	—	0,2	—	A
<i>Meliboeus aeratus</i> Mulsant & Rey, 1863	0,2	—	—	—	—	V
Cantharidae						
<i>Malthinus scriptoides</i> Wittmer, 1971	—	—	0,3	—	—	D
<i>Malthinus seriepunctatus</i> Kiesenwetter, 1852	0,4	—	—	—	—	D
Carabidae						
<i>Harpalus attenuatus</i> Stephens, 1828	—	0,2	—	—	—	V
<i>Lamprias rufipes</i> Dejean, 1825	—	—	—	0,2	—	D
<i>Paradromius liniaris</i> Olivier, 1795	—	—	0,3	—	—	D
Cerambycidae						
<i>Agapanthia cardui</i> Linnaeus, 1767	—	0,2	—	—	—	V
<i>Aredolpona cordigera</i> Fuessly, 1775	0,2	—	—	—	—	A
Chrysomelidae						
<i>Aphthona lutescens</i> Gyllenhal, 1808	0,2	6,2	3,8	8,0	1,2	V
<i>Calomicrus circumfusus</i> Marshan, 1802	0,2	—	0,5	—	—	V
<i>Chrysolina americana</i> Linnaeus, 1758	2,2	0,2	—	0,2	0,2	V
<i>Coptocephala scopolina</i> Linnaeus, 1767	—	0,4	0,5	0,2	—	V
<i>Cryptocephalus nitidulus</i> Fabricius, 1787	—	—	—	1,4	—	A
<i>Cryptocephalus ramburii</i> Suffrian, 1847	—	0,2	—	0,2	—	V
<i>Cryptocephalus sexpustulatus</i> Villiers, 1789	—	—	—	—	0,2	V
<i>Cryptocephalus sulphureus</i> Olivier, 1808	—	—	—	0,2	—	A
<i>Dicladispa testacea</i> Linnaeus, 1767	—	—	—	0,6	0,8	V
<i>Exosoma lusitanicum</i> Linnaeus, 1767	0,2	—	—	—	—	V
<i>Labidostomis lusitanica</i> Germar, 1824	—	0,2	—	—	—	A
<i>Lachnaia pubescens</i> Dufour, 1820	—	0,4	—	0,4	0,2	A
<i>Longitarsus pellucidus</i> Foudras, 1860	0,2	2,2	2,8	1,6	1,0	V
<i>Mantura rustica</i> Linnaeus, 1766	0,8	1,2	2,0	4,0	0,4	V
<i>Pachrybrachis antigae</i> Weise, 1900	—	0,6	0,5	—	0,4	A
<i>Phyllotreta vittula</i> Retenbacher, 1849	—	—	—	1,4	—	V
<i>Podagrica fuscicornis</i> Linnaeus, 1760	—	—	—	0,8	—	V
<i>Spermophagus sericeus</i> Geoffroy, 1785	—	2,4	2,0	1,4	—	V
Cleridae						
<i>Trichodes leucopsides</i> Olivier, 1795	—	—	—	0,4	—	D
Coccinellidae						
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	—	0,4	0,8	—	0,2	D
<i>Hippodamia variegata</i> Goeze, 1777	—	—	0,3	—	—	D

<i>Familia/espècie</i>	<i>CONT</i>	<i>TRON</i>	<i>BRAN</i>	<i>SUBS</i>	<i>FREQ</i>	<i>Dieta</i>
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> Linnaeus, 1758	—	—	0,8	—	0,2	D
<i>Rhyzobius chrysoloides</i> Herbst, 1792	0,2	0,2	—	0,2	—	D
<i>Scymniscus helgae</i> Fürsch, 1965	—	—	—	—	0,2	D
<i>Scymnus frontalis</i> Fabricius, 1787	—	3,0	2,0	0,8	2,8	D
<i>Scymnus interruptus</i> Goeze, 1777	0,2	—	0,8	—	0,2	D
<i>Scymnus suturalis</i> Thunberg, 1795	—	0,2	—	0,2	—	D
Corylophidae						
<i>Arthrolips convexiuscula</i> Motschulsky, 1849	—	0,2	0,8	0,2	—	R
<i>Arthrolips picea</i> Comolli, 1837	—	—	0,3	—	—	R
Curculionidae						
<i>Melanobaris morio</i> Bohemam, 1844	—	—	—	0,2	—	V
<i>Omiamima concinna</i> Bohemam, 1834	0,4	1,0	0,5	4,0	0,4	V
<i>Polydrusus confluens</i> Stephens, 1831	0,2	17,6	—	3,8	8,0	V
<i>Sitona macularis</i> Marsham, 1802	0,2	—	0,5	1,4	0,4	V
<i>Tychius argentatus</i> Chevrolat, 1859	0,4	3,0	2,8	2,8	0,8	V
Elateridae						
<i>Athous godarti</i> Mulsant & Guillemot, 1856	0,6	—	0,3	0,2	—	V
Latridiidae						
<i>Melanophthalma taurica</i> Mannerheim, 1844	0,4	—	—	—	—	R
Malachiidae						
<i>Attalus amictus</i> Erichson, 1840	0,6	—	0,3	—	—	V
<i>Attalus pictus</i> Kiesenwetter, 1850	0,6	—	—	—	0,4	V
<i>Asinotarsus marginalis</i> Laporte de Castelnau, 1840	1,6	—	—	—	0,2	D
<i>Charopus pallipes</i> Olivier, 1790	—	0,6	0,8	0,2	—	V
<i>Colotes javeti</i> Jaquelin du Val, 1852	0,4	—	—	—	—	V
<i>Colotes maculatus</i> Laporte de Castelnau, 1840	0,2	—	0,3	0,4	—	V
Meloidea						
<i>Mylabris quadripunctata</i> Motschulsky, 1849	—	0,4	0,3	—	1,0	V
Melyridae						
<i>Aplocnemus virens</i> Suffrian, 1843	—	—	—	0,4	—	D
<i>Danacaea longiceps</i> Mulsant & Rey, 1868	—	2,0	2,5	5,2	0,6	D-V
<i>Dasytes subaeneus</i> Dchorerr, 1817	—	0,2	—	—	0,2	A
<i>Dasytes tristiculus</i> Mulsant & Rey, 1868	—	—	0,3	—	—	A
<i>Enicopus vittatus</i> Kiesenwetter, 1859	—	0,2	0,3	1,2	0,6	R
<i>Psilothrix viridicoerulea</i> Geoffray, 1785	—	—	—	0,4	—	R-D
Mordellidae						
<i>Mordellistena</i> sp.	—	3,4	2,0	5,8	1,6	V
Mycteridae						
<i>Mycterus curculioides</i> Fabricius, 1781	—	0,6	—	0,4	—	A
Oedemeridae						
<i>Oedemera barbara</i> Fabricius, 1792	0,2	—	—	0,2	—	V
<i>Oedemera lateralis</i> Gebler, 1829	—	0,4	0,3	1,4	—	V
Phalacridae						
<i>Olibrus</i> sp.	—	—	—	—	0,2	R
Prionoceridae						
<i>Lobonix aeneus</i> Fabricius, 1787	—	0,2	—	—	—	V
Ripophoridae						
<i>Evaniocera duforti</i> Latreille, 1817	—	—	—	0,2	—	D
Scraptidae						
<i>Scraptia dubia</i> Olivier, 1790	1,2	2,2	2,0	1,4	0,4	A
Staphylinidae						
sp.	0,2	—	—	0,2	—	D
Tenebrionidae						
<i>Lagria hirta</i> Linnaeus, 1758	0,2	—	—	0,2	—	A