

ELS EFECTES DEL FOC EN PINEDES DE LA CATALUNYA CENTRAL

A. Ferran*, C. Castell**, A. Farràs*, L. López** & V.R. Vallejo*

Rebut: novembre de 1989

SUMMARY

The effects of fire in pine forests from Central Catalonia.

A representative case of Mediterranean forest strongly affected by fire is described. It corresponds to the wild fire produced in summer 1986 in the area of Jorba (Central Catalonia; NE Spain). Burned and unburned plots have been sampled two years after the fire. The plots have been selected to have similar physiographic characteristics. The soils have lost completely the forest floor layers and surface sealing has appeared; consequently, erosion processes are widespread. Total soil organic carbon losses are 8 t/ha and nitrogen losses are 250 kg/ha. Total phosphorus has increased in 35 kg/ha due to vegetation combustion. Plant regeneration has been poor. Sprouting species have resprouting percentages of 50 % in South-facing slopes. *Pinus halepensis* germination is very low, whereas the herbaceous vegetation explains most of the measured plant cover, e.g. 50-70 % two years after the fire.

RESUM

Es descriu un cas representatiu de sistemes forestals fortament modificats pel foc, corresponent a l'incendi de l'estiu de 1986 a l'àrea de Jorba (Anoia). S'han mostrejat parcel·les cremades i no cremades al cap de 2 anys del foc, pròximes i de similars característiques fisiogràfiques. Els sòls han perdut completament els horitzons orgànics, s'ha format una crosteta superficial, i s'han generalitzat els processos erosius. Les pèrdues totals de carboni orgànic del sòl són de 8 t/ha i les de nitrogen de 250 kg/ha. El fòsfor total ha augmentat en 35 kg/ha a causa de la combustió de la vegetació. La regeneració de la vegetació ha estat deficitària. Les espècies rebrotadores presenten percentatges de rebrotada del 50 % en exposicions al sol. La germinació dels pins (*Pinus halepensis*) és molt baixa i són plantes herbàcies les que expliquen una gran part del recobriment existent: 50-70 % al cap de dos anys de l'incendi.

KEY WORDS: Forest fire, *Pinus halepensis*, vegetation regeneration, soil fertility, calcareous soils, resprouting, calcicolous mediterranean scrubs, Central Catalonia.

MOTS CLAU: Foc forestal, *Pinus halepensis*, regeneració vegetació, fertilitat sòl, sòls carbonatats, rebrotada, brolles calcícoles, Catalunya central.

* Departament de Biologia Vegetal. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

** Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia. Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona.

INTRODUCCIÓ

Els efectes del foc en la fertilitat del sòl i en la regeneració de la vegetació depenen de les característiques de l'incendi i de la seva interacció amb les propietats de l'ecosistema. La diversitat de situacions possibles fa que sovint els resultats dels estudis sobre els efectes del foc en diferents medis semblin contradictoris. Tanmateix, possiblement es podrien categoritzar, dins un territori determinat, un nombre reduït de casos, tipificables a partir de paràmetres, reconeguts com a especialment determinants en l'evolució de l'ecosistema afectat pel foc. Aquests paràmetres no són universals i dependran dels factors limitants a la vida vegetal en el territori considerat.

Estudis realitzats al massís de Garraf (SABATÉ, 1986; SALA, 1986; ABRIL, 1987; FERRAN, 1987; SERRASOLSAS, 1987; PAPIÓ, 1987; TRABAUD & PAPIÓ, 1987) mostren que la vegetació es regenera amb facilitat i el sòl no pateix pèrdues de nutrients importants; el modelat càrstic que redueix molt el risc d'erosió i la dominància d'arbusts amb forta capacitat de rebrot semblen factors determinants en la resposta al foc dels ecosistemes del Garraf. Un altre grup d'estudis (CANADELL *et al.*, 1984; MASSES & PERY, 1986; PERY, 1986; FONTANILLAS & CANADELL, 1987; PERRINET, 1987; SERRA *et al.*, 1988) s'ha centrat en l'àrea del Vallès i la Selva, on les condicions hídriques són relativament favorables, però els resultats són més diversificats a causa de la importància desigual dels processos erosius. El retorn a comunitats arbrades (pinedes) generalment és retardat per la competència, els primers anys després del foc, amb les plantes de la brolla que s'hi instal·len immediatament (CUCÓ, 1987). FRANQUESA (1987), a partir d'observacions fetes al cap de Creus, conclou que a les diferents comunitats existents es produeix una autosuccessió generalitzada després del foc i que la recuperació del recobriment vegetal depèn força de les formes de creixement de les plantes presents.

Els treballs realitzats al Baix Lluenguadoc (TRABAUD 1983, 1986) amb incendis experimentals, de diferents intensitats i freqüència, mostren que després de l'incendi la vegetació recobreix ràpidament la superfície del sòl, restablint-se la composició florística preexistent en un període de retorn curt.

En el present treball es descriu un cas representatiu d'ecosistemes fortament mo-

dificats pel foc i amb lenta recuperació de la vegetació, dins l'ampli ventall d'àrees recentment cremades de què es disposa a Catalunya. Les parcel·les mostrejades són representatives d'extenses àrees de la Catalunya central, amb una litologia predominantment lutítica i unes condicions climàtiques poc o molt restrictives.

ZONA D'ESTUDI

La zona estudiada correspon a l'incendi produït el 6 de juliol de 1986, situada entre Igualada, Jorba i Calaf i que en total va afectar una superfície de 16.000 ha (GENERALITAT DE CATALUNYA, 1986).

La totalitat del territori no conreat és cobert de pinedes secundàries i poc denses de *Pinus halepensis* amb garrigues i brolles arbustives de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Thymelaea tinctoria*, *Rosmarinus officinalis* i *Erica multiflora*. Bona part d'aquestes pinedes procedeixen de la invasió d'antigues vinyes abandonades per la plaga de fil·loxera de principi de segle. Els pins presenten alçàries de fins a 10 m amb diàmetres de 15-25 cm, i un estrat de regeneració, amb plançons de 2-4 m que poden arribar a dominar l'estrat arbustiu. La major part de l'àrea pertany al domini del carrasquer, encara que per sobre de 600 m sm es comencen a trobar elements del bosc submediterrani, amb *Quercus faginea*, *Acer monspessulanum*, etc.

Per a l'estudi del sòl es van triar dues parcel·les properes de 625 m² cadascuna, una d'elles representativa de l'àrea cremada i l'altra no afectada per l'incendi (parcel·la control) que representaria la pineda existent abans del foc.

Les parcel·les es troben entre Jorba i Santa Maria del Camí, al vessant sud d'un turó que presenta un 30 % d'inclinació mitjana. L'alçada és de 470-500 m sm. El seu substrat són margues gris-grogues i vermelles, gresos i margues gresoses, i a la parcel·la control també apareixen nivells de guix intercalats. La formació superficial és un col·lumi molt potent (es va mesurar 2,5 m en un tall de camí), amb blocs majoritàriament de gres i matriu fina d'aspecte llimós.

La parcel·la control es troba entremig de dues torrenteres; hi ha erosió concentrada en diversos punts, amb repartiment i acumulació localitzada de fullaraca. La pineda

és espontània. No hi ha evidències d'abancament.

A la parcel·la cremada hi ha pins cremats, drets, que no es van enretirar. Hi ha evidències d'abancament, segurament força antic. Al peu del vessant s'han format barrancs a causa de l'erosió posterior al foc.

L'estudi de la vegetació es va realitzar a les mateixes parcel·les i àrees circumdants, completant-se les observacions amb dades d'altres indrets afectats pel mateix incendi.

MÈTODES

1) Treball de camp.

La presa de mostres de sòl es va realitzar l'agost de 1988. A cada parcel·la es va mostrejar en 20 punts els horitzons orgànics i en 12 punts, un volum de $25 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ cm}$ del sòl mineral superficial. Es va descriure i mostrejar un perfil complet del sòl mineral a cada parcel·la. La fondària del sòl es mesurà amb l'ajuda d'un clau d'1 m de llargada.

Per l'estudi de la vegetació s'elaboraren llistes completes i exhaustives d'espècies de les zones cremades i no cremades pròximes, amb l'índex d'abundància-dominància i sociabilitat de Braun-Blanquet, i a les espècies dominants o significatives s'estimà l'alçada mitjana.

Per avaluar el grau de regeneració que presenta la zona, es van establir 3 parcel·les: una a la solana, una a l'obaga i una al pla, diferents de les mostrejades a l'anàlisi de sòls i inventariat de la vegetació. A cadascuna d'aquestes parcel·les es va estudiar la rebrotada, la germinació i el recobriment.

El mes de març de 1988 (21 mesos després de l'incendi) es va fer un mostreig per avaluar la capacitat de regeneració de les espècies arbustives rebrotadores. A cada parcel·la –solana, obaga i pla– es va determinar, per a cada espècie, el percentatge de rabasses que havien rebrotat. En lloc de fixar una superfície de mostreig, es comptava un mínim de 100 rabasses de cadascuna de les espècies més importants. Amb aquest mètode es mostrejava un nombre significatiu d'individus de cada espècie, independentment de la seva densitat (CASTELL & LÓPEZ, 1989).

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'espècie estructuralment més important amb estratègia germinadora és *Pinus halepensis*

(pi blanc), i en ella es va centrar la part de l'estudi referent a regeneració per germinació. El mostreig es va realitzar el setembre de 1988 (26 mesos després de l'incendi). Es van seleccionar 4 subparcel·les de 250 m^2 a cadascuna de les 3 parcel·les. A cada subparcel·la es va comptar el nombre de plàntules de pi, i també els pins presents abans de l'incendi que es classifiquen en dues classes de diàmetre: superior i inferior a 5 cm.

El grau de regeneració es pot avaluar de forma global pel percentatge de sòl recobert per vegetació. Aquest paràmetre està relacionat amb el grau d'erosió del sòl, lixiviació de nutrients i pèrdua de fertilitat. El mostreig del recobriment es va realitzar el setembre de 1988 (26 mesos després de l'incendi). A cadascuna de les tres exposicions es van fer 3 transectes de 50 m, diferenciant entre recobriment herbaci, arbustiu i subarbustiu, i arbori.

2) Treball de laboratori.

Tractament de les mostres de sòl:

A l'horitzó L es van destriar els diferents tipus de fulles que el componen, principalment de pi, llentiscle i garric. Els horitzons F i H, i també el sòl mineral, es van tamisar per malla de 2 mm.

Metodologia analítica:

– Anàlisi mecànica pel mètode de la pipeta per separar les diferents fraccions granulomètriques de la terra fina (DUPUIS, 1969).

– Anàlisi dels carbonats totals, amb el calcímetre de Bernard (ALLISON & MOODIE, 1965).

– pH: s'utilitzà una proporció sòl:aigua 1:2,5. Es va fer també una mesura en iguals condicions utilitzant KCl N per determinar l'acidesa de reserva (C.M.A. del I.N.E.A., 1973). La lectura es realitzà amb electrode de vidre.

– Carboni i nitrogen totals: amb l'anàlitzador elemental N.A.1500 Carlo Erba. Es dedueix el carboni orgànic descomptant del % C total el % C de la fracció dels carbonats. A partir del carboni s'estima el % de matèria orgànica total multiplicant pel factor $f=1,724$ (MALHA, 1963).

– Fòsfor total: per a l'extracció es va utilitzar la barreja $\text{HClO}_4\text{:HNO}_3$ 1:1, en calent (JACKSON, 1964). La determinació es realitzà per plasma d'inducció.

EFECTES DEL FOC EN ELS SÒLS

1) Característiques generals dels sòls.

A la parcel·la control, els horitzons orgànics són prims i en indrets localitzats de més erosió són inexistents i el sòl apareix nu. L'erosió també es detecta en molts casos per la presència de terra enganxada a la superfície de les fulles. S'han distingit tres horitzons orgànics: L, F i H, però els dos últims només són presents aproximadament en la meitat dels casos mostrejats. El gruix mitjà dels horitzons orgànics és: L, 1,5 cm; F, 1,0 cm; H, 0,5 a 1 cm. L'horitzó H està força barrejat amb matèria mineral la qual cosa fa que presenti un contingut relativament alt en carbonats (15 %); el seu pH és neutre: 7,4 (H₂O) i 7,2 (KCl), menys bàsic que en el sòl mineral subjacent.

A la parcel·la cremada els horitzons orgànics són pràcticament inexistents i la major part de la superfície del sòl resta nua. Només s'ha descrit en alguns casos un horitzó L que consta, d'una banda, de les restes de fullaraca afectades per l'incendi (bàsicament pinassa esmicolada i socarrimada, barrejada amb terra i algun branquilló socarrimat de pi) i de l'altra, de la nova fullara-

ca aportada per l'escassa vegetació regenerada (predominantment llentiscler i vegetació herbàcia).

El sòl s'ha format a partir de material col·luvial; se'n distingeixen tres horitzons, similars per a les dues parcel·les. La seva fondària mitjana és al voltant de 40 cm a la parcel·la control i 30 cm a la parcel·la cremada. Les principals característiques físico-químiques dels horitzons minerals es resumeixen a la Taula I.

L'Horitzó A té uns 5 cm de gruix. Presenta força turrícules, arrels fines i aparentment poca matèria orgànica. S'hi troben pedres de gres i la parcel·la control també en té de guixenques. A la parcel·la cremada hi ha símptomes visuals de les conseqüències del foc en aquest horitzó, com són la presència de carbons i la formació d'una crosteta superficial de 2-3 mm, que dificulta la infiltració de l'aigua. En general no es veuen cendres en superfície, al cap de dos anys de l'incendi; excepte algun petit dipòsit de terra fina barrejada amb cendres. El color en sec d'aquest horitzó, determinat amb el codi Munsell, és 10 YR 6/2.

L'Horitzó Bw té un gruix de 30-50 cm a la parcel·la control i de 15-25 cm a la parcel·la cremada. És un horitzó ben estructurat, for-

TAULA I. Característiques del perfil de sòl de les parcel·les. (SG=sorra grollera, SF=sorra fina, LG=llim groller, LF=llim fi, A=argila; d.a.=densitat aparent).
Soil profile characteristics. (SG=coarse sand, SF=fine sand, LG=coarse silt, LF=fine silt, A=clay; d.a.=bulk density).

Horitzó	Parcel·la control			Parcel·la cremada	
	A	Bw	C	A	Bw
Fondària (cm)	0-5	5-40	40-110	0-5	5-25
% C	3.70	1.20	0.60	2.70	2.60
% N	0.32	0.17	0.10	0.27	0.17
C/N	11.60	7.10	6.00	10.00	15.30
mg/Kg P	202.40	202.90	296.90	259.50	158.50
% Ca CO ₃	53.37	57.36	64.85	54.95	56.15
pH (H ₂ O)	8.04	8.33	8.44	8.03	8.60
pH (KCl)	7.68	7.92	8.16	7.89	7.95
Granulometria					
% SG	16.10	13.18	3.98	9.91	10.69
% SF	23.58	24.80	6.24	27.03	13.56
% LG	7.62	5.09	11.52	8.24	9.57
% LF	26.59	25.51	49.72	29.62	42.52
% A	26.20	31.43	28.53	25.20	23.65
Textura	Franca	Fr-arg	Fr-arg-llim	Franca	Fr-llim
d.a.	1.08			1.36	
% graves	14.40	23.80	11.70	23.50	31.20

ça compacte, de color bru (color en sec 10 YR 7/2).

L'Horitzó C és constituït per materials col·luvials de gruix variable però que pot arribar a ser considerable (de 2 a 3 metres). El seu color en sec és 2.5 Y 8/2.

Els sòls es classifiquen com a *typic Xerochrepts* (U.S.D.A., 1975).

2) Modificacions dels sòls en relació amb el foc.

En aquest apartat es consideren els canvis en la composició i les propietats dels sòls desencadenats pel foc, mesurats al cap de dos anys de l'incendi. S'integren, per tant, els efectes directes del foc i els induïts per la situació resultant després de l'incendi.

2a) Horitzons orgànics.

Les conseqüències del foc en relació amb la fullaraca del sòl han estat dràstiques, i l'incendi ha comportat la seva pèrdua gairebé total, sigui per combustió o per arrossegament posterior de les restes orgàniques no cremades. A més a més, la recuperació de la vegetació ha estat molt baixa i no hi ha hagut pràcticament aportació nova de fulla-

raça al sòl, a part del llentiscle en punts molt localitzats. Contrasten les 8,8 t/ha del conjunt dels horitzons orgànics de la parcel·la control enfront de les 0,2 t/ha de la parcel·la cremada, que representa una pèrdua del 98 % (Taula IV). A part de les conseqüències que pot tenir la desprotecció del sòl en l'increment de l'erosió, aquesta manca d'horitzons orgànics també comporta una interrupció important de l'entrada de nutrients al sòl a través de la mineralització de la matèria orgànica. Per comparació amb els estudis fets al Garraf (SERRASOLSAS *et al.*, 1989) i a la Segarra (ROSICH, *et al.*, 1989), i tenint present la lenta revegetació observada al cap de dos anys de l'incendi, la reconstrucció dels horitzons orgànics ha de ser un procés lent, possiblement de més de 20 anys.

La pèrdua global dels principals nutrients amb la fullaraca es dedueix de l'estudi de la seva composició en C, N i P (Taula II).

En les escasses situacions en què resta l'horitzó L a la parcel·la cremada, destaca l'elevat contingut en P i N dels fragments de pinassa afectats per l'incendi (5 i 2 vegades, respectivament, més elevats que la pinassa de la parcel·la control). Això pot explicar-se per la pèrdua relativament més gran del

TAULA II. Composició elemental de C orgànic (%), N (%) i P (mg/kg) totals dels horitzons orgànics i dels primers 5 cm de sòl mineral de les parcel·les. Entre parèntesi, desviació típica per 4 rèpliques.

Total organic C (%), N (%) and P (mg/kg) composition of the forest floor and upper 5 cm of mineral soil. In brackets, standard deviation for 4 replicates.

	Parcel·la control			Parcel·la cremada		
	C	N	P	C	N	P
L pi	49.48 (0.07)	0.80 (0.07)	145.3 (13.0)	45.69	1.76	695.4
L llentiscle	49.16	0.81	160.9	46.60	0.54	406.2
L garric	46.62	1.25	221.7			
F pi > 2 mm	42.59 (2.74)	1.24 (0.07)	351.2 (14.2)			
F llentiscle > 2 mm	44.95	1.14	318.7			
F garric > 2 mm	36.15	1.58	332.5			
F pi < 2 mm	40.20 (2.40)	1.91 (0.56)	402.9 (48.8)			
F llentiscle < 2 mm	44.95	1.32	403.8			
F garric < 2 mm	42.17	1.81	438.6			
H < 2 mm	29.69 (8.51)	1.22 (0.17)	392.9 (46.2)			
A (0.5 cm.) < 2 mm	3.72 (0.79)	0.32 (0.03)	202.4 (14.3)	2.72 (0.49)	0.27 (0.05)	259.5 (9.0)

component més volàtil de la matèria orgànica, el C, respecte al N i al P. La fullaraca de llentiscle de la parcel·la cremada, caiguda després del foc, presenta també un elevat contingut en P (2,5 vegades més gran que el llentiscle de la parcel·la control), atribuïble a un possible increment inicial de disponibilitat de P per les plantes com a conseqüència del foc.

Pels horitzons L i F (fracció > 2 mm), el tipus de fullaraca que els componen determina la variabilitat en el seu contingut de nutrients. A mesura que es descendeix en els horitzons orgànics, la composició en nutrients s'homogeneïtza i es dilueix l'efecte de les restes orgàniques originals. Això s'observa en els horitzons F (< 2 mm) i H (Taula II), on les diferències entre espècies són poc destacables.

2b) Sòl mineral (primers 5 cm).

Els primers cm del sòl mineral són els més afectats per l'incendi, tant per l'efecte directe que pugui haver tingut el foc en la destrucció de matèria orgànica i volatilització de nutrients en el sòl superficial, com perquè són els que més directament reben els nutrients no volàtils que es dipositen amb les cendres en superfície.

Una primera conseqüència de l'incendi observable al camp és la formació d'una crosteta superficial (segellament del sòl) i la generalització dels processos erosius. La formació de la crosteta és un fet comú en els sòls de textura fina quan manca la protecció de la coberta vegetal i/o dels horitzons orgànics i és ben conegut dels sòls agrícoles de la zona estudiada. L'existència de la crosteta redueix la capacitat d'infiltració dels sòls, la qual cosa comporta l'augment de l'erosió, la disminució de la disponibilitat hídrica del sòl i l'increment de la resistència mecànica a l'emergència de les plàntules.

En el cas estudiat hi ha indicis d'un elevat grau d'erosió després de l'incendi, fet que ha provocat una pèrdua important del sòl mineral superficial.

Per tant, les propietats dels 5 cm superiors de la parcel·la cremada respondran a la integració de dos processos: a) en alguns punts, la superfície del sòl és constituïda per materials erosius, acumulats com a conseqüència del foc, en els quals hi ha barreja de material mineral, cendres, carbons, etc. b) en llocs on hagi predominat la pèrdua de sòl, es produirà l'aflorament de nivells sub-

jacents que reflectiran les característiques del perfil edàfic: els canvis de propietats associats a la profunditat del sòl. Aquests canvis s'observen a les taules I i II i es discuteixen a continuació.

El contingut en pedres i graves és més elevat a la parcel·la cremada (23,5 %) respecte a la parcel·la control (14,4 %), fet que pot explicar-se per l'increment de l'erosió després del foc amb la consegüent pèrdua de material fi i enriquiment relatiu de pedres.

La textura de la fracció de terra fina (< 2 mm) és franca i no ha canviat com a conseqüència del foc, mantenint-se les proporcions entre les diferents fraccions granulomètriques.

L'increment del pH després del foc a causa de l'addició de cendres riques en bases és un fet comú en la bibliografia consultada. Normalment acostuma a ser de l'ordre de 0,5 a 1 unitat de pH, i en incendis molt intensos pot arribar a les 3 unitats (RAISON, 1979). A Jorba, on el pH és bàsic a causa de la riquesa en carbonats, només es detecta un augment de 0,3 unitats del pH mesurat amb KCl (mesura més estable que amb H₂O), 2 anys després de l'incendi. Aquest petit increment segurament no té repercussions importants a nivell d'absorció i disponibilitat de nutrients ni tampoc sobre l'activitat biològica, donada l'elevada capacitat d'amortiment d'aquests sòls carbonatats.

El contingut en C ha sofert un lleuger descens com a conseqüència del foc en el sòl mineral superficial (encara que poc significatiu: $p < 0,1$), fet que es pot atribuir tant a la pèrdua de matèria orgànica per volatilització com per erosió. El descens en contingut de N no és estadísticament significatiu i tampoc no ho és la relació C/N, que es manté al voltant de 10. La qualitat de la matèria orgànica no sembla haver canviat substancialment per l'efecte de l'incendi.

La concentració de P ha pujat a causa sobretot de la deposició d'aquest nutrient amb les cendres durant l'incendi, i després de 2 anys encara es manté un 22 % més elevat que abans de l'incendi.

L'increment de P total a la superfície del sòl després del foc és indicat per diversos autors (DEBANO & CONRAD, 1978; WELLS *et al.*, 1979; RAISON, 1986; KUTIEL & NAVEH, 1987) i es deu a l'addició de P amb les cendres.

No se sap en quin grau d'assimilabilitat es troba el P afegit amb l'incendi. És possible

TAULA III. Pes per unitat de superfície de parcel·la de matèria orgànica, C orgànic, N i P totals (kg/ha).

Organic matter, organic C, total N and P in kg/ha.

	Parcel·la control				Parcel·la cremada			
	M.O.	C	N	P	M.O.	C	N	P
Total L	2.570	1.490	25.0	0.5	220	130	2.9	0.2
Total F	4.190	2.430	93.3	2.2	-	-	-	-
Total H	2.070	1.200	49.2	1.6	-	-	-	-
T. orgànic	8.830	5.120	167.5	4.3	220	130	2.9	0.2
A (0-5cm)	29.600	17.150	1495.1	93.3	24.200	14.040	1.406.1	134.0

que si hi ha hagut un increment del P assimilable, aquest sigui de curta durada i hagi estat fixat o immobilitzat en forma insoluble pels carbonats en poc temps. De manera que la concentració més elevada de P a la parcel·la cremada no necessàriament implica una disponibilitat més gran d'aquest nutrient (DEBANO & KLOPATEK, 1988; SERRASOLSAS, 1987). En canvi, s'ha interromput la font del P assimilable provinent de la mineralització de la matèria orgànica (microorganismes, activitat fosfatàssica), la qual té un paper regulador en el subministrament del P per les plantes:

2c) Canvis qualitius de C, N i P per unitat de superfície

Tenint en compte el pes dels diversos horitzons en relació amb la superfície que ocupen, s'ha quantificat el pes per unitat de superfície de C, N i P que existeix en els horitzons orgànics i els 5 primers cm minerals de les dues parcel·les. S'ha de tenir present en aquests resultats la gran variabilitat en la relació pes/superfície dels horitzons orgànics.

Observant la quantitat global d'aquests nutrients en el conjunt dels horitzons orgànics i primers 5 cm del sòl (Taula III), es detecta una disminució important de C i N, de l'ordre de 8 t/ha i 250 kg/ha, respectivament, a causa sobretot de la pèrdua dels horitzons orgànics. En canvi, es produeix un guany global de 36 Kg/ha de P que es deu a l'enriquiment del sòl superficial en aquest nutrient.

La pèrdua d'aproximadament 3 t/ha de carboni orgànic observada en 5 cm de sòl es

pot considerar elevada si es compara amb la pèrdua de 173 kg/ha de matèria orgànica (0,1 t/ha de C orgànic) trobada en els 2 primers cm de sòl just després d'un incendi prescrit al chaparral de Califòrnia (DEBANO & CONRAD, 1978).

A la pèrdua esmentada de N en el sòl i horitzons orgànics, s'hi ha d'afegir el N contingut en la vegetació, també perdut pràcticament del tot per volatilització durant l'incendi. D'altra banda, l'aspecte potser més negatiu per la fertilitat del sòl d'aquestes pèrdues no és el que comporten de reducció de la reserva total de N, sinó el fet que constitueixen la reserva de N orgànic més làbil, del qual depèn, en gran part, la nutrició nitrogenada de la comunitat vegetal.

Els pesos de C i N del conjunt dels horitzons orgànics de la parcel·la control són relativament baixos si es comparen amb els d'una pineda de pi blanc del Garraf, amb unes 10 t/ha de C i 0,34 t/ha de N (SERRASOLSAS, 1987) i amb els d'una pineda de pi piñer de Montpeller on s'ha mesurat 41,6 t/ha de matèria orgànica (corresponent a 24,1 t/ha de C orgànic) en el conjunt dels horitzons orgànics (RAPP, 1984).

REGENERACIÓ DE LA VEGETACIÓ

1) Tipologia de la vegetació afectada pel foc.

La vegetació estudiada correspon a un tipus de comunitat molt estès per totes aquestes àrees de la Catalunya central. Són bro-

TAULA IV. Inventaris fitosociològics de les àrees testimoni (1) i cremada (2).
Phytocenological list from control (1) and burned (2) plots.

Núm. d'inventari	1a	1b	1c	2a	2b
Recobriments arbori %	30	25-30	20		
» arbustiu %	80	90	70-75		
» herbaci i arbustiu baix %	10-20	20	10-20	60	60
1. <i>Pinus halepensis</i>	3.2	3.2	2.2	<i>morts</i> 2.1	.
2. <i>Pinus halepensis (plançons)</i>	2.1	1.1	2.2	.	+
3. <i>Quercus coccifera</i>	2.2	2.3	+	1.2	+
4. <i>Pistacia lentiscus</i>	2.2	1.3	.	2.3	+
5. <i>Juniperus oxycedrus</i>	2.1	2.2	.	1.2	1.1
6. <i>Erica multiflora</i>	2.2	.	1.2	+	1.1
7. <i>Rosmarinus officinalis</i>	3.2	3.2	2.2	1.2	+
8. <i>Globularia alypum</i>	2.2	3.2	2.2	1.2	.
9. <i>Stachelina dubia</i>	2.2	2.2	1.2	1.2	.
10. <i>Thymaelea tinctoria</i>	+	+	+	.	+
11. <i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1.1	1.1	.	1.2	2.1
12. <i>Thymus vulgaris</i>	1.1	+	+	+	.
13. <i>Brachypodium retusum</i>	1.2	2.2	+2	3.2	3.2
14. <i>Genista scorpius</i>	+	+	.	+	+
15. <i>Atractylis humilis</i>	+	.	.	.	+
16. <i>Lonicera implexa</i>	+	.	.	.	.
17. <i>Coronilla minima subsp. clusii</i>	+	.	.	.	.
18. <i>Rhamnus alaternus</i>	+	.	.	.	.
19. <i>Rubia peregrina</i>	+	+	+	1.2	+
20. <i>Helianthemum syriacum</i>	+	.	1.1	.	+
21. <i>Bupleurum fruticosum</i>	.	+	.	1.2	+
22. <i>Stipa cf. ofneri</i>	.	+	1.2	+	+
23. <i>Fumana ericoides subsp. spachii</i>	.	+	+	1.1	+
24. <i>Asperula cynanchica</i>	.	+	.	.	+
25. <i>Ononis tridentata</i>	.	.	3.3	.	.
26. <i>Coris monspeliensis</i>	.	.	+	1.1	+
27. <i>Cistus clusi</i>	.	.	+	.	.
28. <i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	+	.
29. <i>Convolvulus lanuginosus</i>	.	.	.	1.2	+
30. <i>Centaurea linifolia</i>	.	.	.	1.2	+
31. <i>Helichrysum stoechas</i>	.	.	.	+	.
32. <i>Argyrolobium linnaeanum</i>	.	.	.	+	+
33. <i>Carex hallerana</i>	.	.	.	+	.
34. <i>Oryzopsis miliacea</i>	.	.	.	+	.
35. <i>Lactuca serriola</i>	.	.	.	+	.
36. <i>Erigeron canadense</i>	.	.	.	+	.
37. <i>Picris echioides</i>	.	.	.	+	.
38. <i>Ononis minutissima</i>	.	.	.	+	+
39. <i>Polygala vulgaris</i>	.	.	.	+	.
40. <i>Coryza bonariensis</i>	.	.	.	+	.
41. <i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	.	.	.	.	1.2
42. <i>Brachypodium phoenicoides</i>	.	.	.	.	+2
43. <i>Leuzea conifera</i>	.	.	.	.	+
44. <i>Hedysarum humile</i>	.	.	.	.	+
45. <i>Blackstonia perfoliata</i>	.	.	.	.	+
46. <i>Euphorbia mariolensis</i>	.	.	.	.	+
47. <i>Eryngium campestre</i>	.	.	.	.	+
48. <i>Lithodora fruticosa</i>	.	.	.	.	+

1a: correspon a la parcel·la testimoni de l'estudi del sòl; 1b: a uns 100 m a l'oest; 1c: variant lleugerament guixenca dels precedents a uns 100 m a l'est de l'inventari 1a; 2a: brolla cremada, coincident amb la parcel·la cremada de l'estudi del sòl, a uns 1000 m de les precedents; 2b: segona mostra de brolla cremada, a uns 100 m a l'oest del precedent. Altitud general de les parcel·les inventariades 470-500 m sm, excepte l'inventari 2a realitzat uns 30 m més avall; pendent general 30 %; orientació sud. Les superfícies inventariades són de 100 m². Els inventaris s'han pres el 31/8/88.

TAULA V. Alçada mitjana (m) de les espècies dominants o significatives.
Mean height (m) of the dominant or significant species.

Núm. d'inventari	1a	1b	1c	2a	2b
1. <i>Pinus halepensis</i>	8	8-10	6-8	-	-
2. <i>Pinus halepensis</i> (<i>plançons</i>)	1-2	1-1,5	1-1,8	-	0,2
3. <i>Quercus coccifera</i>	1-1,5	1,5	-	0,5-0,8	0,2
4. <i>Pistacia lentiscus</i>	1,5-1,8	1,6-1,8	-	1 màx.	0,5
5. <i>Juniperus oxycedrus</i>	1,5	1,7	-	1	0,5
6. <i>Erica multiflora</i>	0,5-1	-	0,6	-	0,2
7. <i>Rosmarinus officinalis</i>	1	0,8-1	0,6	0,3	-
8. <i>Globularia alypum</i>	0,6-0,8	0,8	0,8	0,3	-
9. <i>Stachelina dubia</i>	0,2-0,4	0,5	-	-	-

Els inventaris es descriuen a la taula IV

lles calcícoles del *Rosmarino-Ericion* (Taulas IV i VI), amb pins o sense (*Pinus halepensis*, però també a les obagues, *P. nigra*), poc o molt esclarissades que sovint fan mosaic amb prats secs del *Thero-Brachypodium*. Les brolles s'han de considerar comunitats secundàries, de substitució d'antics carrascars o garrigues i que, en l'actualitat, evolucionen només molt lentament cap a aquelles comunitats.

En general, aquestes brolles calcícoles del *Rosmarino-Ericion* presenten una reconstitució precària, especialment pel que fa a l'augment de biomassa. En efecte, la problemàtica és molt diferent a la de la regeneració de la vegetació a d'altres indrets de Catalunya. El suro, alzina, arboç, aladern, bruc arbori, garric, llentiscle, etc., són espècies que rebroten fàcilment, mantenen fixat el sòl i permeten contemplar amb optimisme la reconstitució de la vegetació a curt o mitjà termini. A les brolles calcícoles de l'interior de Catalunya, les més abundants d'altra banda, aquesta reconstitució és molt més problemàtica, si no francament difícil. Ja sense cremar, l'aspecte de les brolles amb pins és més esclarissat i els arbres dominants sempre tenen poca alçària i feble recobriment. L'element arbori predominant es redueix només al pi d'Alep (en casos no contemplats aquí també a la pinassa), i aquest sol créixer molt lentament (uns 20-30 cm en 2 anys, Taulas V i VI). A més, hom hi veu relativament pocs plançons, sempre en comparació amb altres indrets. Els inventaris de les parcel·les cremades (Taulas IV i VI) mostren l'aparició d'un cert nombre d'espècies oportunistes, de poca importància quant a recobriment i biomassa,

inexistents a les parcel·les testimoni, que produeixen un augment de la diversitat a les zones cremades durant els anys següents a l'incendi, fet comú a l'àrea mediterrània (TRABAUD & LEPART, 1981; CANADELL *et al.*, 1984).

2) Estratègies regeneratives i ocupació de l'espai.

La vegetació mediterrània té la capacitat de regenerar ràpidament després del foc (KEELEY & ZEDLER, 1978; KEELEY, 1977). Aquesta regeneració és produïda per la germinació de llavors i per rebrotada de les parts vegetatives (KEELEY & ZEDLER, 1978; KEELEY, *et al.*, 1981). NAVEH (1973) subdivideix les espècies arbustives mediterrànies en rebrotadores obligades i facultatives. Segons KEELEY (1978) aquestes espècies es poden agrupar en dues estratègies reproductives: les que produeixen rebrots i les que, obligadament, només poden deixar llavors. Trobem, però, tot un ventall d'estratègies que combinen la germinació i la rebrotada.

A la zona estudiada, els principals arbres i arbusts rebrotadors són *Erica multiflora* i *Juniperus oxycedrus*, encara que també s'hi troben *Pistacia lentiscus* i *Quercus coccifera*, sobretot a les solanes, i *Quercus faginea*, *Viburnum lantana*, *Rubia peregrina* i *Rubus ulmifolius* a les obagues.

El principal germinador és *Pinus halepensis* i, menys important, *Rosmarinus officinalis*. També s'hi troba *Dorycnium pentaphyllum* amb estratègia rebrotadora i germinadora. A més, hi ha un gran nombre d'espècies herbàcies que abasten totes les estratègies.

TAULA VI. Inventaris fitosociològics corresponents a les altres dues àrees cremades de característiques similars a la de l'estudi.

Phytocenological list from two other burned areas with similar characteristics to those of the studied plots.

Núm. d'inventari	3	4
Data de l'inventari	24-4-88	1-5-88
Orientació	SE	S
Pendent	25-30°	15°
Recobriment de la vegetació	50 % (80 % màx.)	80 %
Alçada mitjana	30 cm	40 cm
Superfície estudiada	150 m ²	100 m ²
1. <i>Pinus halepensis</i>	1.1 (20 cm)	1.1 (15-20 cm)
2. <i>Rosmarinus officinalis</i>	3.2 (30 cm)	1.1
3. <i>Coronilla clusii</i>	2.2 (25 cm)	.
4. <i>Dorycnium pentaphyllum</i>	3.2 (40 cm)	3.2 (40 cm)
5. <i>Linum milletii</i> (<i>L. salsoloides auct</i>)	1.2 (20 cm)	.
6. <i>Brachypodium phoenicoides</i>	+	3.3
7. <i>Fumana ericoides</i>	1.1	.
8. <i>Fumana thymifolia</i>	1.1	.
9. <i>Coris monspeliensis</i>	1.1	+
10. <i>Inula viscosa</i>	1.1	.
11. <i>Genista scorpius</i>	+	1.1
12. <i>Thymus vulgaris</i>	+	+
13. <i>Pistacia lentiscus</i>	+	+
14. <i>Globularia alypum</i>	+	.
15. <i>Phillyrea angustifolia</i>	+	.
16. <i>Quercus coccifera</i>	+	+
17. <i>Rubia peregrina</i>	+	1.1
18. <i>Sedum sediforme</i>	+2	.
19. <i>Centaurea linifolia</i>	+	.
20. <i>Argyrobium linneanum</i>	+	+
21. <i>Stachelina dubia</i>	+	.
22. <i>Helichrysum stoechas</i>	+	.
23. <i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	+2	.
24. <i>Thymelaea tinctoria</i>	+	.
25. <i>Ophrys lutea</i>	+	.
26. <i>Helianthemum italicum</i>	+	+
27. <i>Euphorbia serrata</i>	.	+
28. <i>Lonicera implexa</i>	.	+
29. <i>Polygala rupestris</i>	.	+
30. <i>Coriaria myrtifolia</i>	.	+
31. <i>Rubus ulmifolius</i>	.	+

Inventari núm. 3 pres a Rocafort de Queralt (Manresa); Inventari núm. 4 pres a Vacarisses prop del túnel de la carretera comarcal de Terrassa a Manresa. Entre parèntesi, alçada mitjana de les espècies més significatives.

2a) Rebrotada

Es pot observar la important disminució del nombre d'individus genètics que provoquen el foc, ja que només el 50 o 60 % arriben a rebrotar (Taula VII). En els estudis realitzats fins al moment en les diverses zones amb clima i vegetació mediterrània del món, es fa palesa la manca de dades quantitatives que facin referència a la supervivèn-

cia després del foc dels individus de les poblacions d'espècies amb capacitat rebrotadora. La informació fins ara disponible evidencia una elevada variabilitat en la supervivència (percentatge de rebrotada) o mortalitat segons l'espècie i la localitat. Dins d'una mateixa localitat es constaten mortalitats d'entre el 85 % i el 5 %, segons l'espècie considerada (KEELEY & ZEDLER, 1978; KEELEY *et al.*, 1983). Per una mateixa

TAULA VII. Densitat d'individus rebrotadors abans del foc i 21 mesos després del foc (peus/ha), i percentatge de rebrotada per les tres exposicions.

Single sprouting plants density before and 21 months after the fire (shoots/ha), and resprouting percentage for flat, South and North facing slopes.

Exposició	Ind. abans foc	Ind. després foc	% Rebrotada
Solana	5.750	3.020	52,5
Pla	3.277	2.040	62,3
Obaga	1.840	1.136	61,7

TAULA VIII. Percentatge de rebrotada de les espècies segons l'exposició.

Species resprouting percentage in relation to plot aspect.

Espècie	Solana	Pla	Obaga
<i>Erica multiflora</i>	50,4	66,7	-
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	54,4	61,5
<i>Pistacia lentiscus</i>	75,0	-	-
Altres	58,1	-	63,6

espècie en diverses localitats la variabilitat en la mortalitat enregistrada pot ser molt elevada, d'entre un 13 % i un 75 % (RUNDEL *et al.*, 1987).

Fixant-se en el percentatge de rebrotada per espècies (Taula VIII) es pot comprovar que la major pèrdua d'individus ve produïda pels baixos percentatges de rebrotada de dues de les espècies més importants: *E.*

multiflora i *J. oxycedrus*. *P. lentiscus* assoleix un percentatge de rebrotada una mica més elevat (75 %). Al baix percentatge de rebrotada cal afegir-hi, sobretot per a *E. multiflora*, el fet que molts individus han produït un petit nombre de rebrots, amb unes taxes de creixement molt baixes.

Comparant el percentatge de rebrotada de la vegetació amb els obtinguts a altres àrees afectades també pels incendis de l'estiu de 1986 (Taula IX), a la zona de Jorba es donen els valors més baixos (TERRADAS & LÓPEZ SORIA, 1988; CASTELL, 1989). Això porta a una baixíssima densitat després del foc que pot produir seriosos problemes d'estabilitat de les poblacions que, lògicament, es veurien molt amenaçades per un nou incendi. Aquestes característiques, baixa densitat i baixos percentatges de rebrotada, es donen també a diverses zones del Vallès Occidental, Bages i Alt Camp, cremades l'estiu de 1986; no es tracta, doncs, d'un problema exclusiu de la zona de l'Anoia.

2b) Germinació

Les densitats de pins reproductors abans de l'incendi (Taula X), indiquen que es tractava d'una formació força esclarissada, sobretot a la solana i al pla, si es compara amb les densitats d'altres formacions (CANADELL & IRÍZAR, 1988; GÉNOVA *et al.*, 1983).

La densitat de plàntules és molt baixa a les 3 exposicions si es compara, per exemple, amb les 10.000-20.000 plàntules/ha en pinedes i brolles del Garraf, 2 anys després del foc (Papió, inèdit). Aquesta baixa densitat pot ser deguda, en part, a una manca de llavors, produïda per la baixa densitat de pins reproductors de llavors abans de l'incendi. Al-

TAULA IX. Densitat d'individus rebrotadors abans del foc i 21 mesos després del foc (peus/ha), i percentatge de rebrotada a diverses zones de Catalunya. (TERRADAS & LÓPEZ SORIA, 1988).

Single sprouting plants density before and 21 months after the fire (shoots/ha), and resprouting percentage in several areas of Catalonia (TERRADAS & LÓPEZ SORIA, 1988).

Localitat	n	Ind. abans foc.	Ind. després foc.	% Rebrotada
Jorba (Anoia)	3	1.840-5.750	1.136-3.020	52,5-62,3
Montserrat (Bages)	4	4.640-26.800	3.600-19.300	69,6-82,1
La Riba (Alt Camp)	2	2.800-4.890	2.088-3.170	65,6-74,6
Matadepera (Vallès Occ.)	7	1.067-4.880	827-4.667	77,5-95,6
Castellbell i Vil. (Bages)	4	5.072-9.780	3.656-6.590	59,8-80,6

TAULA X. Densitat de pins abans del foc i 26 mesos després del foc (peus/ha).
Pine density before and 26 months after the fire (trees/ha).

Exposició	Ind. abans foc		Total	Ind. després foc
	Ø < 5 cm	Ø > 5 cm		
Solana	520	310	830	100
Pla	350	330	680	790
Obaga	810	700	1.510	1.010

guns factors que semblen afectar la baixa densitat són l'estrès hidric i l'estat de la superfície del sòl, poc adient per a la germinació de les llavors. Així és com cal interpretar la distribució particular de les plàntules que aconseguen establir-se, que ho fan a recer de soques cremades i arbusts rebrotats, és a dir, on la insolació és menor i es dona una certa acumulació de sòl.

3) Recobriment

El recobriment total a la zona de Jorba varia entre el 56 % i el 71 %, valors força inferiors als que es troben a altres zones cremades també l'estiu de 1986 (Taula XI).

Diferenciant aquest recobriment per estrats, es veu que l'estrat herbaci arriba a representar el 75 % del recobriment total. El recobriment per espècies arbòries (plàntules i rebrots) és molt baixa a causa de la baixa germinació de pins i, fins i tot, es donen valors del 0 %, utilitzant aquest mètode, a la zona de menor germinació (solana). Al pla i a l'obaga el recobriment arbori es veu incrementat per la presència, escassa, d'alguns exemplars de *Q. faginea* rebrotats.

El recobriment arbustiu i subarbustiu és degut, en bona part (40-60 %), a *D. pentaphyllum*, ja que les baixes densitats d'*E. multiflora* i *J. oxycedrus*, juntament amb els baixos percentatges de rebrotada i, sobretot en el cas d'*E. multiflora*, el baix nombre de rebrots per soca, fan que la seva aportació al recobriment sigui molt minsa.

L'estrat herbaci és el que dona protecció al sòl, però una bona part de les espècies són anuals o bianuals i, com a matèria morta, poden facilitar l'inici i la propagació de nous incendis, com ja ha succeït en algunes àrees (comentari personal d'alguns propietaris). Un nou incendi reduiria molt les po-

blacions de rebrotadors, i anul·laria la germinació de pins ja que no existeix producció de llavors, i les presents al banc del sòl ja no són viables.

TAULA XI. Recobriment per estrats (%), 26 mesos després del foc, a la zona de Jorba i a altres zones de Catalunya.

Plant cover by strata (%), 26 months after the fire, in the area of Jorba and in other parts of Catalonia.

Localitat	Herbaci	Arbustiu i subarb.	Arbori ¹
Jorba (Anoia)			
Solana	43,0	13,2	0,0
Pla	41,8	18,2	1,8
Obaga	38,1	28,1	5,2
S. Pere de Vilamajor ^a (Vallès Oriental)	-	50	-
Cap de Creus ^b (Alt Empordà)	20-40	85-95	-
Garraf/Montpeller ^c	100	110	-
Aiguafreda ^d (Vallès Oriental)	-	42	37

¹ Plàntules i rebrots.

^a Bruguerar d'*Erica arborea*. (RIBA & TERRADAS, 1985).

^b Brolles silicicoles. (FRANQUESA, 1987).

^c Garrigues. (TRABAUD & PAPIÓ, 1987).

^d Bosc mixt d'alzina i pi blanc. (CANADELL & FONTANILLAS, 1987).

¹ Seedlings and resproutings.

^a *Erica arborea* heath (RIBA & TERRADAS, 1985).

^b Calcifugue shrublands (FRANQUESA, 1987).

^c Garrigues (TRABAUD & PAPIÓ, 1987).

^d Mixed holm-oak and *Pinus halepensis* forest (CANADELL & FONTANILLAS, 1987).

CONCLUSIONS

La pràctica desaparició dels horitzons orgànics constitueix l'efecte més important desencadenat pel foc en els sòls estudiats, mesurat al cap de dos anys de l'incendi. Aquest fet té dos tipus de conseqüències pel que fa a la regeneració de la vegetació.

1) Pèrdua dels nutrients continguts en els horitzons orgànics, generada per combustió directa i l'erosió posterior al foc, de l'ordre de 5 t/ha de C, 160 kg/ha de N i 4 kg/ha de P; la pèrdua de P es compensa en excés per l'augment produït en els primers cm de sòl mineral, on, tanmateix, s'incrementen les pèrdues de C en 3 t/ha i les de N en 90 kg/ha. L'ordre de magnitud d'aquestes xifres és important quant al C; respecte al N, representen un 15 % del contingut en N dels primers 5 cm de sòl mineral, un 3 % del total del sòl. S'estima que l'absorció anual mitjana de N en boscs mediterranis és de l'ordre de 50 kg/ha (COLE & RAPP, 1981); més que la quantitat total de N perduda, relativament petita en relació amb la reserva total del sòl, el fet important és que aquest nitrogen perdut constituïa gran part de la fracció làbil que circula en l'ecosistema i a partir del qual es nodreix la comunitat vegetal, mentre que el nitrogen del sòl mineral, associat fonamentalment a mol·lècules húmiques, és força estable i només s'allibera a formes assimilables pels vegetals en la mesura que decreix la reserva húmica del sòl.

2) Desaparició de l'efecte *mulching* de la capa orgànica superficial i formació de la crosteta mineral poc o molt impermeable. Aquest procés té com a conseqüència immediata la forta reducció de la capacitat d'infiltració de l'aigua al sòl, el consegüent augment de l'erosió, la disminució de la reserva hídrica del sòl i l'increment de la resistència mecànica a la germinació. Aquests elements són, probablement, els més importants quant a la recuperació de la vegetació anterior al foc.

La regeneració de la vegetació ha estat clarament deficitària. Les espècies rebrotades, ja escadusseres a la comunitat vegetal ordinària, presenten percentatges de rebrotada de l'ordre del 50 % en exposicions de soler; la germinació dels pins és molt pobre i són plantes herbàcies les que expliquen gran part del recobriment existent que varia entre el 50 % i el 70 % al cap de dos anys de l'incendi.

A l'àrea estudiada, les condicions de re-

construcció de la vegetació en relació amb el foc són especialment difícils. Són elements que determinen aquesta situació: unes condicions climàtiques que produeixen força restriccions hidriques; una litologia que afavoreix l'erosió i la pèrdua de qualitat física (disponibilitat hídrica en particular) del sòl; una activitat humana que en extenses zones forestades, abans conreades, afavorí l'eliminació d'arbusts rebrotadors, de vital importància en la regeneració de l'ecosistema; una elevada freqüència de focs incontrolats. Com a conseqüència d'aquest conjunt de factors, importants àrees de la Catalunya central presenten un elevat risc de desertització.

AGRAÏMENTS

Agraïm al Servei d'Espectroscòpia de la Universitat de Barcelona la col·laboració tècnica prestada.

BIBLIOGRAFIA

- ABRIL, M. 1987. *Formació dels anells de creixement en plantes mediterrànies: relació amb les fluctuacions de la disponibilitat hídrica*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- ABRIL, M. & GRACIA, C. 1989. Crecimiento de los rebrotos de *Pistacia lentiscus* y *Quercus coccifera* después de un incendio. *Opciones Mediterráneas* (série A), 3: 101-105.
- ALLISON, L.E. & MOODIE, C.E. 1965. *Methods of soil analysis*. Agronomy, 9 (2).
- CANADELL, J., BATISTE-ÁLENTORN, M., CASANOVAS, I., CUCÓ M.L.L., GIBERT, M.A., FONTANILLAS, I. & LLOBET J. 1984. *Efectes ecològics dels incendis forestals als boscos del Vallès* (inèdit). Departament d'Ecologia U.A.B.
- CANADELL, J. & IRÍZAR, R. 1988. L'estructura del bosc de la Font Grogga. *Recerca Collserola*, 2. Patronat Metropolità Parc Collserola, Barcelona.
- CASTELL, C. 1989. *Avaluació de l'estat de regeneració de diverses zones cremades l'estiu de 1986*. I curs Interuniversitari de Postgrau sobre Gestió Ambiental al Món Rural. Departament d'Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- CASTELL, C. & LÓPEZ, L. 1989. Protocol per a l'estudi de la rebrotada de la vegetació en àrees cremades. *II Trobada d'Estudiosos del Montseny*: 79-81 Arbúcies, novembre de 1988. Diputació de Barcelona.
- C.M.A. DEL INEA «José M. Albareda». 1973. Determinaciones analíticas de suelos. Normalización de métodos. 1. pH, materia orgánica y nitrógeno. *Anales Edaf. Agrob.* XXXII, 11-12: 1.153-1.172.
- COLE, D.W. & RAPP, M. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. In: *Dynamic Properties of Forest Ecosystems* (D.E. Reichle, Ed.): 341-409. Cambridge University Press. Cambridge.

- CUCÓ, M.LL. 1987. Mecanismes de regeneració. *Quaderns d'ecologia aplicada*, 10: 45-62.
- DEBANO, L.F. & CONRAD, C.E. 1978. The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem. *Ecology*, 59: 489-497.
- DEBANO, L.F. & KLOPATEK, J.M. 1988. Phosphorus dynamics of Pinyon-Juniper soils following simulated burning. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52(1): 271-276.
- DUPUIS, P. 1969. Dosage des carbonates dans les fractions granulométriques de quelques sols calcaires et dolomitiques. *Ann. Agron.*, 20, 1: 61-88.
- FERRAN, A. 1987. *Efectes del foc sobre els sòls del Massís de Garraf: Repercussions a llarg termini*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- FOLCH, R. 1975. El incendio forestal, fenómeno biológico. *Novatecnia*, 4: 41-54.
- FOLCH, R. & CASTELLÓ, J.I. 1976. *Los incendios forestales*. Quaderns d'Ecologia Aplicada. Diputació de Barcelona.
- FONTANILLAS, I. & CANADELL, J. 1987. Regeneració del sotabosc de les pinedes de pi blanc després d'un incendi. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 93-99.
- FRANQUESA, T. 1987. Regeneració de les brolles silíceoles de la península del cap de Creus. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 113-129.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. 1986. *Erosió i regeneració vegetal en els sistemes afectats pels incendis forestals*. Informe preliminar. Capítol 3. Zona de Jorba.
- GENOVA, R., COMÍN, P. & GRACIA, C. 1983. *Criterios y planificación del aprovechamiento y limpieza de las fincas públicas del sector occidental de la Sierra de Collserola*. Informe Tècnic. Corporació Metropolitana de Barcelona.
- JACKSON, M.L. 1964. *Análisis químico de suelos*. Omega. Barcelona.
- KEELEY, J.E. 1978. Reproductive cycles and fire regimes. In: *Proceedings of the Conference on fire regimes and ecosystem properties* (H.A. Mooney et al., Eds.). Honolulu, Hawaii. USDA Forest Service, General Technical Report W.O.-26.
- KEELEY, J.E. 1986. Resilience of Mediterranean shrub communities to fires. In: *Resilience in Mediterranean-type Ecosystems* (B. Dell et al., Eds.): 95-112. Junk. Dordrecht.
- KEELEY, J.E. & ZEDLER, P.H. 1978. Reproduction of chaparral shrubs after fire: a comparison of sprouting and seeding strategies. *Am. Mid. Nat.*, 99, (1): 142-161.
- KEELEY, S.C., KEELEY, J.E., HUTCHINSON, S.M. & JOHNSON, A.W. 1981. Postfire succession of the herbaceous flora in Southern California chaparral. *Ecology*, 62 (6): 1608-1621.
- KUTIEL, P. & NAVEH, Z. 1987. The effect of fire on nutrients in pine forest soil. *Plant and Soil*, 104: 269-274.
- MALHA, X. 1963. Alguns métodos de determinação do C orgânico em amostras de solos. *Agr. Lusitânica*, 25: 981.
- MASSES, J.M. & PERY, M. 1986. Observaciones sobre la regeneración, en sus primeras etapas, de un alcornoal después de un incendio en la Selva (Girona). In: *Bases ecológicas per la gestió ambiental*: 52-54. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- NAVEH, Z. 1974. Effects of fire in the mediterranean region. In: *Fire and Ecosystems* (T.T. Kozlowski & C.E. Ahlgren, Eds.): 401-481. Academic Press. London.
- NAVEH, Z. 1975. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29: 199-208.
- PAPIÓ, C. 1987. Regeneració del pi blanc després d'un incendi. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 83-91.
- PERY, M. 1986. Observaciones sobre la evolución del crecimiento vertical en alcornoques después de un incendio forestal en la Selva (Girona). In: *Bases ecológicas per la gestió ambiental*: 54-56. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- PERRINET, M. 1987. Resposta de la vegetació al foc a les landes de la muntanya catalana. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 131-143.
- RAISON, R.J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil*, 51: 73-108.
- RAISON, R.J. 1986. Effects of fire on soil chemical properties and nutrient supplying capacity. *Aust. For. Res.*, 16.
- RAPP, M. 1984. Répartition et flux de matière organique dans un écosystème à *Pinus pinea* L. *Ann. Sci. For.*, 41(3): 253-272.
- RIBA, M. & TERRADAS, J. 1985. Regeneració d'un bruguerau d'*Erica arborea* i una brolla de *Cistus* ssp. sotmesos a estassada. *ORSIS*, 1: 81-90.
- ROSICH, D., CASTELLÓ, A. & VALLEJO, V.R. 1989. Ciclo de la materia orgánica en un encinar continental de la Depresión Central Catalana. *Opciones Mediterráneas* (série A), 3: 173-177.
- RUNDEL, P.W., BAKER, G.A., PARSONS, D.J. & STOHLGREN, T.J. 1987. Postfire demography of resprouting and seedling establishment by *Adenostoma fasciculatum* in the California chaparral. In: *Plant Analysis in Mediterranean Ecosystems* (J.D. Tenhunen, F.M. Catarino, O.L. Lange & W.C. Oechel, Eds.): 575-596. Springer. Berlin.
- SABATÉ, S. 1986. *Evolució de l'estructura horitzontal i ocupació de l'espai de la garriga després del foc*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- SALA, A. 1986. *Evolució de l'estructura vertical de la garriga després del foc: índex foliar i gradients morfològics*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- SERRA, A. et al. 1988. *Estudi del sòl, artròpodes edàfics i reforestació d'un bosc cremat*. Memòria final. Programa CIRIT. Generalitat de Catalunya.
- SERRASOLSAS, I. 1987. *Efectes del foc sobre els sòls del Massís de Garraf: Estudi del primer any després de l'incendi*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- SERRASOLSAS, I., FERRAN, A. & VALLEJO, V.R., 1989. Reconstrucció de los horizontes orgánicos tras el incendio en la garriga del Macizo de Garraf (Barcelona). *Opciones Mediterráneas* (série A), 3: 107-110.
- TERRADAS, J. & LÓPEZ SORIA, L. (Eds.). 1988. *Estudis sobre la capacitat de rebrotada i l'anatomia en espècies perennifòlies mediterrànies després de pertorbacions*. Memòria final Ajut a la Recerca. Caixa de Barcelona.
- TRABAUD, L. 1976. Inflammabilité et combustibilité des principales espèces de garrigues de la région méditerranéenne. *Oecol. Plant.*, 11, (2): 117-135.
- TRABAUD, L. 1983. Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas Languedoc. *Ann. Sci. For.*, 40: 2.
- TRABAUD, L. 1986. Aspect floristique de la recolonisation des garrigues de *Quercus coccifera* et des forêts de *Pinus halepensis* après incendie en Bas Languedoc (Sud de la France). In: *Bases ecológicas per la gestió ambiental*: 13-16. Diputació de

- Barcelona. Barcelona.
- TRABAUD, L. 1987a. Fire and survival traits of plants. In: *The role of fire in ecological systems*: 65-89. SPB Academic Publishing. The Hague.
- TRABAUD, L. 1987b. Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in Mediterranean ecosystems. In: *Plant response to stress* (J.D. Tenhunen *et al.*, Eds.): 607-621. Springer. Berlin.
- TRABAUD, L. 1989. *Le feu des forêts. Mécanismes, comportement et environnement*. France-Selection. Aubervilliers.
- TRABAUD, L., GROSAN, J. & WALKER, T. 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill forests. I. Understorey and litter phytomass development after wildfire. *Forest Ecol. Manag.*, 12: 269-277.
- TRABAUD, L., & LEPART, J. 1980. Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43: 49-57.
- TRABAUD, L., & LEPART, J. 1981. Changes in the floristic composition of a *Quercus coccifera* L. garrigue in relation to different fire regimes. *Vegetatio*, 46: 105-116.
- TRABAUD, L., & METHY, M. 1988. Modifications dans le système photosynthétique de repousses apparaissant après feu de deux espèces ligneuses dominantes des garrigues méditerranéennes. *Acta Oecologica, Oecol. Plant.*, 9 (3): 229-243.
- TRABAUD, L., & PAPIÓ, C. 1987. Regeneració de les garrigues de Montpeller i Garraf. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 101-112.
- U.S.D.A. 1975. *Soil Taxonomy*. Soil Survey Staff. Washington.
- VEGA, J.A. 1986. La investigación sobre incendios forestales en España: Revisión bibliográfica. In: *Bases ecológicas per la gestió ambiental*: 17-24. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- WALKER, D. 1982. The development of resilience in burned vegetation. In: *The plant Community as a Working Mechanism* (E.I. Newman, Ed.): 27-43. Balckwell Oxford.
- WELLS, C.G., CAMPBELL, R.E., DEBANO, L.F., LEWIS, C.E., FREDRIKSEN, R.L., FRANKLIN, E.C., FROELICH, R.C. & DUNN, P.H. 1979. *Effects of Fire on Soil. A State-of-Knowledge Review*. National Fire Effects Workshop. Denver, Colorado. April 10-14, 1978. U.S. Depp. U.S.D.A. Forest Service. General Technical Report.
- ZEDLER, P.H., GAUTIER, C.R. & McMASTER, G.S. 1983. Vegetation change in response to extreme events: the effect of a short interval between fires in California chaparral and coastal scrub. *Ecology*, 64 (4): 809-818.