

La regeneració natural després dels incendis forestals a la Comunitat Valenciana

Ferran A.¹, Baeza J.^{1,2}, Bautista S.^{1,2}, Caturla R.N.² i Llovet J.^{1,2}

ABSTRACT

Ecosystem regeneration after wildfire in the Valencia region.

The response to wildfires of representative forest ecosystems from the Valencia region is analysed in the present paper. The regenerative strategy of the species that dominate these ecosystems is shown to be relevant, as are the physical and nutritional characteristics of the soils where they usually grow. The repercussions of the increasing fire recurrence in the loss of ecosystem regenerative capacity and complexity are discussed.

Key words: plant regeneration, soil, shrublands, pine woodlands, resprouting, seeding, fire recurrence

RESUM

En el present article s'analitza la resposta dels diferents ecosistemes forestals més freqüentment afectats per incendis a la Comunitat Valenciana. S'observa la relevància de l'estratègia regenerativa després del foc de les espècies que dominen aquestes formacions vegetals, així com les característiques físiques i nutricionals dels diferents tipus de sòls on generalment es desenvolupen. Es discuteix la repercussió de l'increment de la recurrència d'incendis en la pèrdua de la capacitat regenerativa i de la complexitat dels ecosistemes analitzats.

Paraules clau: regeneració vegetal, sòl, brolles, pinedes, rebrot, germinació, recurrència d'incendis.

INTRODUCCIÓ

El foc és una de les causes principals de degradació dels ecosistemes forestals valencians. Però, tot i l'impacte que produeix la desaparició d'un bosc, no es pot considerar el foc com un element estrany als ecosistemes mediterranis. De fet, hi ha nombrosos estudis que mostren que el foc ha estat un factor evolutiu determinant en la configuració de la vegetació en les zones de clima mediterrani de tot el món (Naveh,

¹Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. C/Charles Darwin, 14. Parc Tecnològic. 46980 Paterna (València).

²Dept. d'Ecologia. Universitat d'Alacant. Ap. 99. 03080 Alacant.

1974; 1990). També s'ha destacat l'elevada resiliència o capacitat de regeneració de la vegetació mediterrània després d'una pertorbació (Dell et al., 1986).

La situació s'agreuja quan, per la combinació de diversos factors, el foc provoca una disminució de la capacitat de regeneració natural de l'ecosistema fins a límits que poden ser insostenibles i que poden conduir a la desaparició de la comunitat vegetal preexistent.

En el present article s'analitzen els efectes dels incendis en els diferents tipus d'ecosistemes més afectats a la Comunitat Valenciana i en quines situacions es produeix un major risc de degradació.

La història recent d'incendis

Les estadístiques sobre incendis mostren l'increment del número i extensió dels incendis a Espanya des de la dècada dels anys 70, essent la Comunitat Valenciana una de les zones més afectades. Considerant la globalitat del període 1970-1994, la superfície total incendiada del territori valencià fou de 650.000 ha, que representa el 53% de la seua superfície total forestal (Prieto, 1995). El 1994 va ser especialment greu, amb un màxim històric de 138.775 ha cremades. Cal destacar però la disminució important de la superfície incendiada des d'aquell any, amb 5.507 ha cremades en el període 1995-1998 (dades de la Conselleria de Medi Ambient) (Fig.1).

Un factor determinant en l'increment del risc d'incendi ha estat el canvi en l'ús del

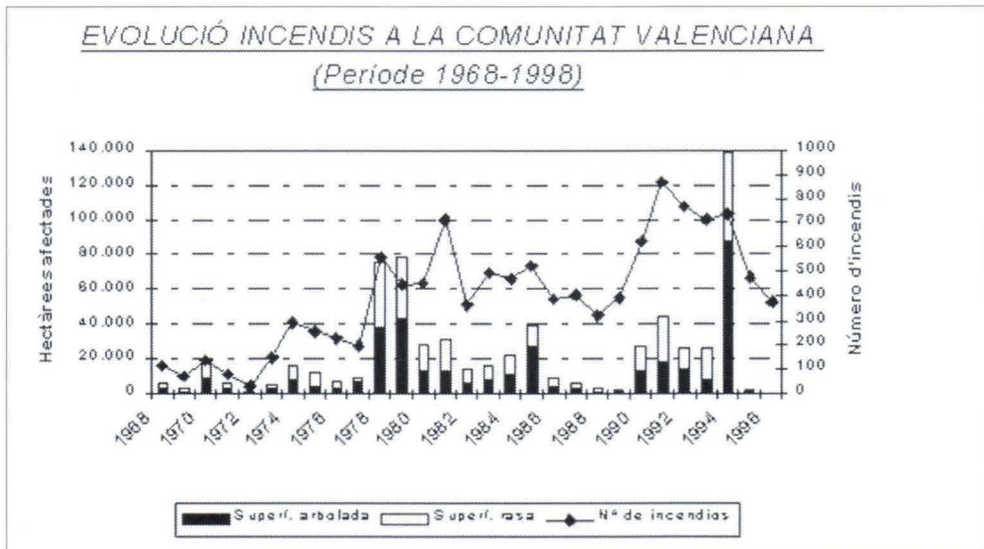


Figura 1. Evolució del número d'incendis i de la superfície forestal cremada en el període 1968-1998.

sòl, especialment accentuat a partir de la dècada dels anys 50. L'abandó progressiu dels cultius i de les pràctiques d'explotació forestal (carboneig, pastoreig) han suposat la colonització dels antics bancals per brolles amb pins, d'elevada susceptibilitat al foc, i s'ha produït un increment generalitzat de la superfície forestal i de la càrrega de combustible. Segons Vallejo & Alloza (1998) la superfície forestal en el període 1967-94 augmentà en un 14%, com a conseqüència de la colonització de camps abandonats per brolles i pinedes. Però la superfície arbrada total, corresponent sobretot a pinedes de pi blanc, s'ha mantingut pràcticament igual, tot i que la superfície arbrada cremada en aquest període superà a la superfície plantada. Això reflecteix una expansió de les comunitats arbrades en brolles i camps abandonats, així com en zones incendiades.

Comunitats arbrades més afectades pels incendis

Segons el "2º Inventario Forestal Nacional", realitzat el 1994 (M.A.P.A., 1995), la superfície forestal de la Comunitat Valenciana és de 1,22 milions ha (aproximadament la meitat de la seua superfície geogràfica), i d'aquesta un 56% correspon a superfície arbrada. Les coníferes representen la proporció més important (88%), sobretot el pi blanc (*Pinus halepensis*) (69,0%). Les formacions de quercínies cobreixen el 11%, essent la carrasca (*Quercus ilex* ssp. *ballota*) la més abundant (9,5%). Tenen una superfície molt menor les comunitats dominades pel pinastre (*P.pinaster*) (6,9%), la pinassa (*P.nigra*) (6,2%), el pi roig (*P.sylvestris*) (1,4%), el gal·ler (*Q.faginea*) (0,9%) i el suro (*Q.suber*) (0,8%).

Aquestes dades donen una idea de la gran uniformitat existent en les formacions arbrades, amb una dominància clara del pi blanc. Aquest fet determinà que el 92% de la superfície arbrada incendiada entre 1984-93 correspongués a aquesta formació, mentre que un 4% a carrascars (*Quercus ilex* ssp. *ballota*) i un 3% a pinedes de *Pinus pinaster* (Prieto, 1995).

Fins el moment present no existeix una valoració quantificada de la superfície forestal que correspon a les diverses comunitats arbustives i herbàcies sense arbres (un 44% de la superfície forestal), tot i la seua gran importància relativa, no sols en superfície sinó també al paper important que juguen en la protecció del sòl i en la biodiversitat.

Efectes ecològics dels incendis forestals

Combustió i alliberament de nutrients

La combustió de la vegetació i de la fullaraca del sòl comporta la destrucció de les estructures orgàniques i l'alliberament de nutrients continguts en aquestes. Les

temperatures que s'assoleixen durant els incendis per sobre del nivell del sòl poden variar entre 200-750°C (entre 0 i 1 m sobre el nivell del sòl) en una crema de les restes de tala d'un alzinar (Serrasolsas, 1994), entre 750-900°C en un coscollar (Trabaud, 1994) i entre 400-750°C en aulagars del N d'Alacant (Fig. 2).

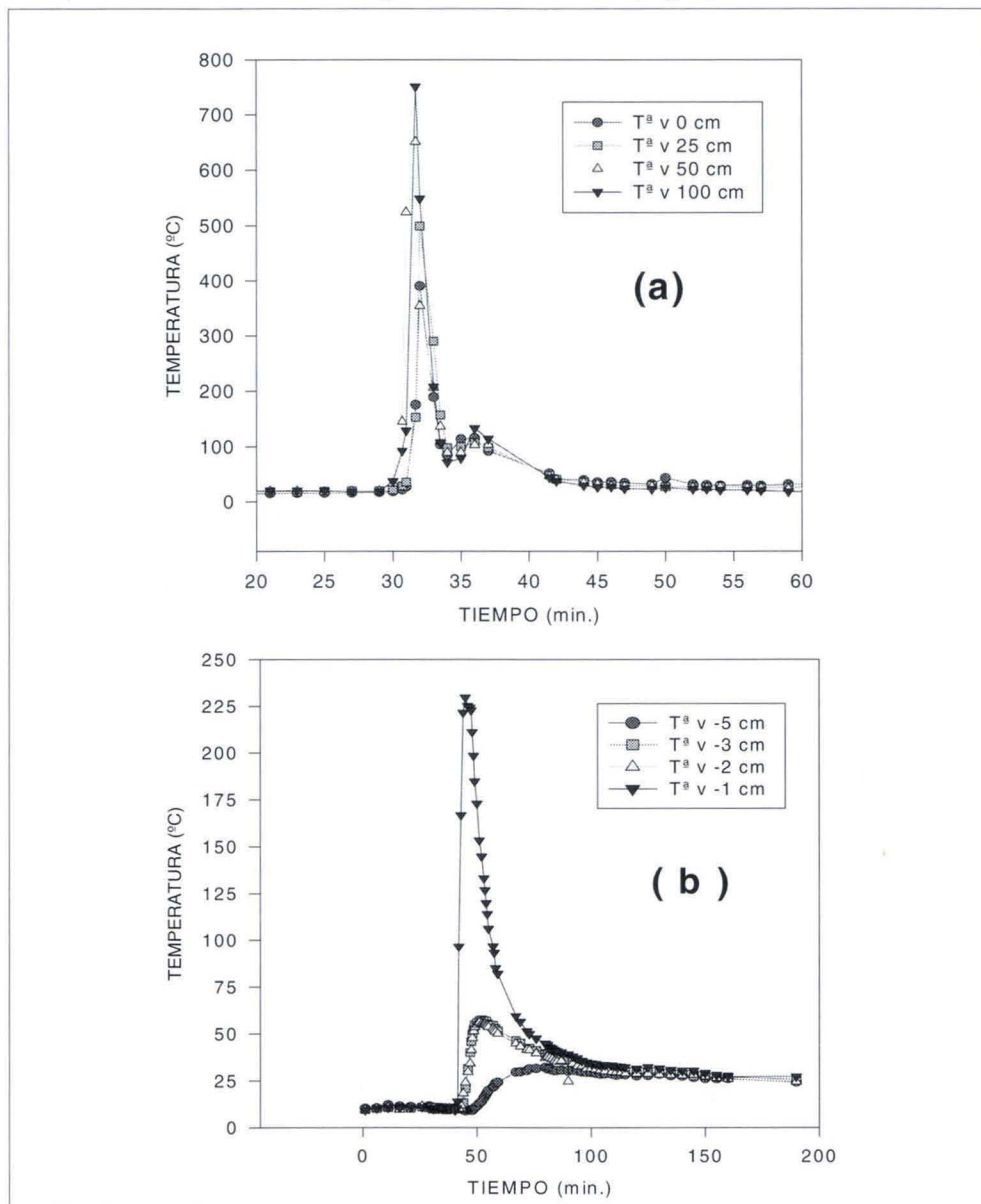


Figura 2: Temperatures enregistrades durant incendis experimentals d'aulagars del Nord d'Alacant. a) Per sobre del nivell del sòl, a diferents alçades b) En el sòl, a diferents profunditats. Segons De Luis et al. (1997).

Amb aquestes temperatures, i en funció de les diverses temperatures de volatilització dels diferents elements, una part dels nutrients de les estructures orgàniques es volatilitzen (sobretot nitrogen i sofre, i en menor quantitat fòsfor i potassi), incorporant-se a l'atmosfera, una altra és transportada en forma particulada pel fum (fòsfor i potassi) i una altra part retorna al sòl amb les cendres (òxids de cations metàl·lics: calci, magnesi, sodi i potassi).

El nitrogèn i el fòsfor són els nutrients més limitants dels ecosistemes i també són els que es perden en una proporció més important durant els incendis ja que comencen a volatilitzar-se a una temperatura relativament baixa (200 i 360°C respectivament).

Les pèrdues d'aquests elements s'han quantificat en incendis experimentals d'ecosistemes típicament mediterranis. Per exemple, la crema de les restes de tala d'un alzinar de Tarragona (Serrasolsas, 1994) i d'un coscollar del Sud de França (Trabaud, 1994), significà la pèrdua del 64-82% del nitrogen i entre 37-66% del fòsfor continguts en el conjunt de la vegetació i horitzons orgànics, pèrdues relativament importants si es té en compte que en cap dels dos casos la combustió no va ser completa.

Efectes en el sòl:

Tot i la pèrdua de nutrients continguts en la vegetació i la fullaraca del sòl, l'incendi produeix un increment inicial de la fertilitat del sòl degut a l'aport de cendres i de restes orgàniques parcialment cremades. En els primers centímetres del sòl incrementa la concentració de bases que es dissolen de les cendres (calci, magnesi, sodi i potassi) i en conseqüència augmenta el pH. Degut a l'alteració tèrmica del sòl en superfície, es produeix un increment del nitrogen mineral i del fòsfor assimilable. Són nutrients de ràpida disponibilitat per les plantes, que es presenten majoritàriament en forma soluble, amb l'inconvenient de presentar un risc elevat de perdre's amb les pluges (escolament, infiltració) i el vent (arrossegament de les cendres) abans de ser absorbits per la vegetació. La duració de l'increment de la fertilitat varia en funció de diversos factors, com la intensitat de l'incendi, les condicions meteorològiques després de l'incendi, el tipus de formació vegetal afectada, essent el tipus de sòl un factor determinant.

A la Comunitat Valenciana s'estudià la fertilitat dels sòls des d'1 fins a 3 anys després de l'incendi en sòls desenvolupats sobre calcàries i dolomies i sobre col·luvius margo-calcaris, que són els de més extensió en la superfície forestal valenciana (Abad et al., 1997). En els paràmetres analitzats, el contingut de matèria orgànica, de nitrogen total, el pH i la suma de bases (Ca, Mg, Na i K), no s'observaren canvis que poguessin atribuir-se a l'incendi. Els canvis més importants en les propietats químiques tingueren lloc segurament els primers mesos després del foc i després d'1 any ja no se'n detectaren, degut a les característiques intrínseques dels sòls estudiats, de pH bàsic,

ben tamponats, amb una ràpida capacitat de recuperació als nivells inicials.

Canvis en les propietats físiques

En general els efectes directes dels incendis sobre les propietats físiques del sòl es concentren en la capa més superficial degut a la baixa conductivitat tèrmica que presenta el sòl. Per exemple, en incendis experimentals realitzats a Alacant, la temperatura màxima enregistrada entre 0 i 1 cm fou entre 400 i 225 °C respectivament (Fig. 2).

Segons Giovannini (1994), la combustió de la matèria orgànica es produeix bàsicament entre els 220 i els 460°C i segons Josa et al. (1994) a partir dels 100°C es produeix la disminució de la mida dels agregats del sòl i entre 200 i 300°C una pèrdua de l'estabilitat estructural. Aquests canvis, junt a la desaparició de la vegetació i els horitzons orgànics protectors, poden provocar un encrostament i una pèrdua de la capacitat d'infiltració, per l'impacte directe de les gotes de pluja en el sòl. Encara que aquests efectes són solament a nivell de superfície, és precisament la superfície del sòl la que regula el pas de l'aigua als horitzons més profunds i la producció d'escolament. A més, els horitzons minerals superficials, els primers en erosionar-se, també són els més fèrtils.

La situació és especialment perillosa en el clima típicament mediterrani de la Comunitat Valenciana perquè la majoria d'incendis té lloc a l'estiu i les pluges més intenses a la tardor, abans de la recuperació de la coberta vegetal.

Llovet et al. (1994) i Bautista et al. (1997) estudiaren els efectes dels incendis en les propietats físiques al llarg del primer any després de l'incendi en comparació a zones adjacents no cremades, en situacions representatives de la Comunitat Valenciana, en ambient semiàrid (200-350 mm precipitació) i sec (350-600 mm) i en dos tipus de substrat: margues i dolomies (de característiques físiques similars a les calcàries).

En parcel·les experimentals i amb l'ajut d'aparells simuladors de pluja, es mesuraren l'escolament (invers a la capacitat d'infiltració d'aigua), l'arrossegament de sediment per escolament i la compactació superficial.

En general s'observà que poques setmanes després de l'incendi, i abans de les pluges fortes de tardor, l'escolament fou lleugerament superior en la zona cremada respecte la no cremada, com a conseqüència directa de l'incendi. Però pocs mesos més tard, després de diversos episodis de pluges de tardor, l'escolament augmentà encara més, especialment en les parcel·les d'ambient semiàrid. El sediment mineral transportat en l'aigua d'escolament també augmentà després de les pluges de tardor, tant per l'augment de la seua concentració com per l'increment del volum d'aigua (Taula 1). En canvi, el sediment arrossegat en la zona no cremada fou pràcticament nul.

	Parcela	cs (g l ⁻¹)	sy (g)	er (g m ⁻² h ⁻¹)
sep 93	B10101	1.06	0.92	7.79
	B10201	1.19	0.94	6.67
	B10301	0.96	2.92	18.63
	B10401	ins.	ins.	ins.
	B10501	ins.	ins.	ins.
feb 94	B10102	1.86	8.11	47.83
	B10202	3.23	6.87	54.50
	B10302	1.28	3.92	32.79
	B10402	1.00	2.21	14.38
	B10502	0.87	0.41	2.21

Taula 1. Pèrdua de sòl en parcel·les cremades l'estiu de 1993, situades en ambient semiàrid (Benidorm). Resultats d'assajos de pluja simulada abans (sep-93) i després (feb-94) de les pluges de tardor. cs: concentració de sediments; sy: sediments totals; er: erosió; ins.: insignificant. Segons Bautista et al. (1997).

La disminució en la capacitat d'infiltració pot atribuir-se sobretot a l'acció de les pluges intenses de tardor sobre un sòl desprotegit, amb la desestructuració de la superfície del sòl, l'arrossegament de sediment (partícules minerals de la superfície del sòl), així com la compactació i segellament o encrostament de la superfície.

En experiments realitzats comparant sòls desenvolupats sobre margues i dolomies s'observà una menor capacitat d'infiltració (major escolament) en parcel·les sobre margues respecte les que es trobaven sobre dolomies. L'arrossegament de sediments també fou major en el cas de margues. També es comprovà que la resistència a la penetració, que és una mesura relacionada amb la compactació del sòl i el seu encrostament superficial, disminuïa amb el temps transcorregut després del foc en el cas de les dolomies i incrementava en el cas de les margues (Fig. 3). Això explica les menors taxes d'infiltració en aquest darrer substrat.

En resum, les característiques físiques es veuen més negativament afectades en sòls desenvolupats sobre margues que sobre calcàries i dolomies, i en el primer cas empitjoren al llarg del primer any de l'incendi.

Cal destacar que les condicions meteorològiques després de l'incendi són determinants en la degradació del sòl. Així, en incendis experimentals realitzats en ambient semiàrid a Albaterra (Alacant) (Sánchez, 1997) no s'enregistrà un increment ni de l'escolament ni de la producció de sediment en l'any posterior a l'incendi, el qual tingué una precipitació mitjana per event de pluja inferior als anys precedents.

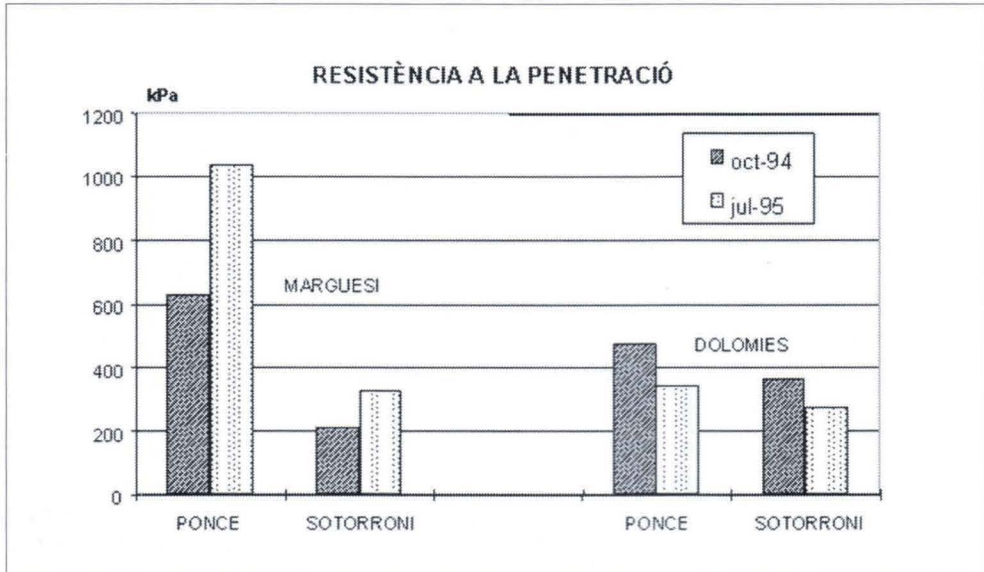


Figura 3. Resistència a la penetració de dos tipus de sòls (sobre margues i dolomies) de diferents zones cremades, el juliol de 1994, en les localitats de Ponce (Ontinyent) i Sotorroni (Alcoi), al Nord d'Alacant. Mesures preses abans (octubre-94) i després (juliol-95) de les pluges de tardor.

Efectes en la vegetació

La vegetació mediterrània es caracteritza per una sèrie de trets adaptatius que li confereixen una gran capacitat regenerativa després d'una pertorbació, com és el cas del foc. Algunes espècies rebroten, la majoria de soca (*Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *R. lycioides*), d'altres també ho fan d'arrel o rizomes (*Q. coccifera*, *Brachypodium retusum*) i d'altres a partir de la tija (*Q. suber*). Altres espècies només es regeneren per llavor, produint-ne en gran nombre i presentant un banc permanent de llavors en el sòl (*Rosmarinus officinalis*, *Ulex parviflorus*) i en alguns casos la seua dispersió o germinació estan estimulades per l'escalfor del foc (*P. halepensis*, *Cistus* ssp.).

En anteriors estudis s'ha observat que la capacitat regenerativa de les diferents comunitats vegetals està determinada en gran part per l'estratègia reproductiva de les plantes més abundants, bé sigui rebrotadora o germinadora (Ferran et al., 1991, Abad et al., 1997). Mansanet (1987) estudià una cronoseqüència de brolles amb pins al Nord d'Alacant i també destacà aquest fet. En el cas de dominància de rebrotadores, la recuperació és més ràpida i no tant aleatòria com el cas de dominància de germinadores, que depèn més de les condicions estacionals i meteorològiques concretes. A continuació s'analitza la capacitat regenerativa de les comunitats més afectades pels incendis a la Comunitat Valenciana.

Diversa capacitat regenerativa de les formacions vegetals

Els coscollars

A la Comunitat Valenciana els tipus de coscollar més extesos són per una banda el *Quercu-Lentiscetum*, amb llentiscle i margalló en ambient termomediterrani (temperatura mitjana anual 17-19°C) i el *Rhamno-Quercetum cocciferae*, amb arçot, *Rhamnus lycioides*, en ambient mesomediterrani (13-17°C). En l'estrat herbaci hi sol dominar el llistó (*Brachypodium retusum*) i en l'arbori, quan hi és present, el pi blanc (*P.halepensis*).

El coscollar es caracteritza perquè la planta que hi és dominant, el coscoll (*Quercus coccifera*) i la majoria de les plantes que l'acompanyen (el llentiscle, *Pistacia lentiscus*, el llistó, *B. retusum*, l'aladern, *Rhamnus alaternus*, l'arçot *Rhamnus lycioides*), tenen la capacitat de rebrotar de soca i/o d'arrel després del foc. Es remarcable el gran desenvolupament horitzontal del sistema d'arrels del coscoll que no és destruït per l'incendi. Per aquesta raó la colonització del sòl nu es produeix en pocs mesos després de la pertorbació.

Generalment els coscollars es desenvolupen en sòls sobre calcàries, són sòls prims i fissurals, conformant en conjunt una formació molt resilient al foc. Segurament, per tractar-se de zones molt pedregoses, amb una elevada proporció d'afloraments calcaris, no ha estat possible la utilització del seu sòl per a conreu en el passat. Això explicaria la permanència del coscoll i de les altres espècies rebrotadores, ja que en les àrees cultivades s'arrencaven els arbustos i la colonització posterior del coscoll, i en general, la del gènere *Quercus*, a través de llavor és molt baixa (Laguna & Reyna, 1990; Vallejo, 1997).

La gran capacitat regenerativa d'aquesta comunitat ha estat àmpliament estudiada en diverses zones de la Conca Mediterrània. Els principals trets que es destaquen en aquests estudis són:

- L'autosuccessió: la comunitat que regenera després del foc té la mateixa composició d'espècies que la que tenia prèviament. Als 2-3 anys es produeix un màxim en el número d'espècies i la diversitat però després d'aquest període els valors retornen als nivells previs.

- L'ocupació de sòl colonitzable (una gran part de la superfície està ocupada per afloraments calcaris) té lloc sobretot el primer any després del foc, contribuint-hi majoritàriament dues espècies: el coscoll i el llistó. L'evolució del recobriment total i de les espècies principals en coscollars de València al llarg dels tres primers anys després del foc mostrarà aquesta tendència (Fig. 4), tenint en compte que una part de la superfície corresponia a afloraments calcaris.

- El creixement vertical i l'acumulació de biomassa del coscoll és més lent que l'expansió horitzontal. Cañellas (1991) trobà en coscollars de Buñol, una acumulació des de 4 (7 mesos després del foc) fins a 23 Mg/ha (40 anys). En les mateixes parcel·les

experimentals de la Fig. 4, la majoria de les plantes del coscollar es trobaven per sota els 25 cm d'alçada als tres anys de l'incendi, valors relativament baixos si es comparen amb coscollars de Catalunya (Papió, 1994) i del Sud de França (Godron et al., 1981).

- És destacable el sistema d'arrels del coscoll, que s'ha estimat de biomassa superior a la part aèria. Representa un magatzem de carbohidrats i nutrients que contribueixen a la ràpida regeneració d'aquesta espècie. Concretament, Kummerow et al. (1990), mesuraren 72 Mg/ha en el sistema d'arrels d'un coscollar de Montpel·lier de 36 anys, pes quasi 5 vegades superior al de la seua part aèria (15 Mg/ha).

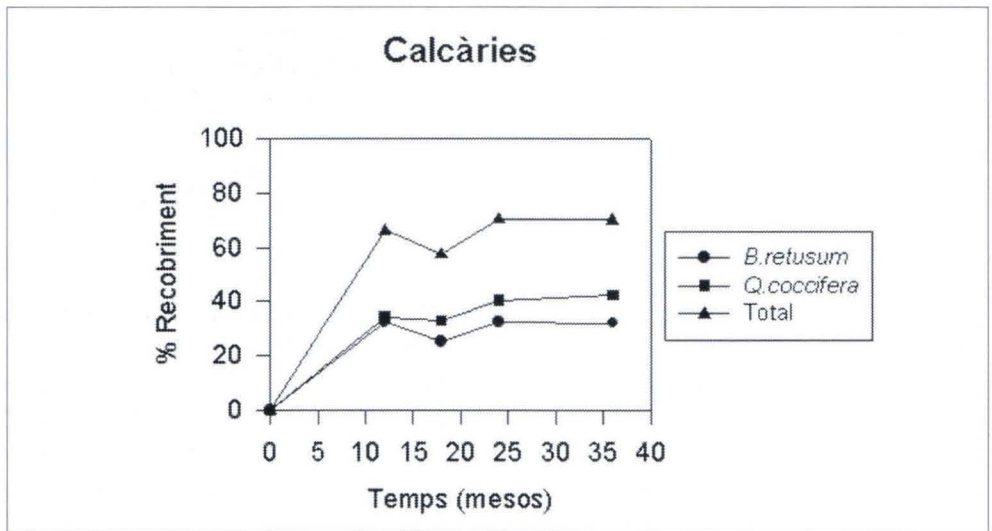


Figura 4. Evolució del recobriment de *B.retusum*, *Q.coccifera* i total en coscollars de Buñol i Serra Martés (València) al llarg dels 3 primers anys després del foc.

Brolla calcícola baixa (Rosmarino-Ericion)

Amb aquesta denominació s'inclouen aquelles formacions que es desenvolupen en zones del domini dels carrascars i coscollars com a conseqüència de la seua degradació. Sovint, moltes de les espècies que en són característiques hi penetren i hi conviuen, però la majoria de les vegades es presenten com a formacions extenses. Es caracteritzen per la presència de *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, entre d'altres, i s'extenen per la major part del territori valencià, amb una gran varietat de formacions en funció del termoclima i característiques edafològiques (Costa, 1986). Destaquen les dominades per una o dues espècies, sobretot *Ulex parviflorus*, *Cistus ssp.*, *R. officinalis*. Són espècies amb estratègia germinadora, amb una gran capacitat de colonització en els estadis inicials de la successió.

En general estan associades a zones de substrats formats per margues i argiles, materials tous i relativament poc pedregosos que han estat cultivats en algun moment. El motiu d'aquesta associació no és molt clar però una possible explicació és que la seua rapidesa colonitzadora els ha avantatjat respecte espècies rebrotadores un cop arrencades per a l'utilització del sòl agrícola (Vallejo, 1997).

Després del foc, o inclús estimulades pel foc com és el cas de *Cistus*, la seua presència en el banc de llavors del sòl els permet de regenerar-se i les primeres plàntules apareixen uns pocs mesos després de la pertorbació. De totes maneres han de transcórrer uns anys, de 3 a 5, abans que no tinguin un recobriment i desenvolupament important. En brolles de València (Fig. 5) s'observà que als 3 anys de l'incendi encara hi havia una part de sòl nu per colonitzar. De forma global, la regeneració d'aquestes comunitats és en conjunt més lenta que les que hi predominen arbres o arbustos rebrotadors. En aquest període és clau el rebrot de les espècies herbàcies (*B. retusum*) que són les que contribuiran majorment a la protecció del sòl.

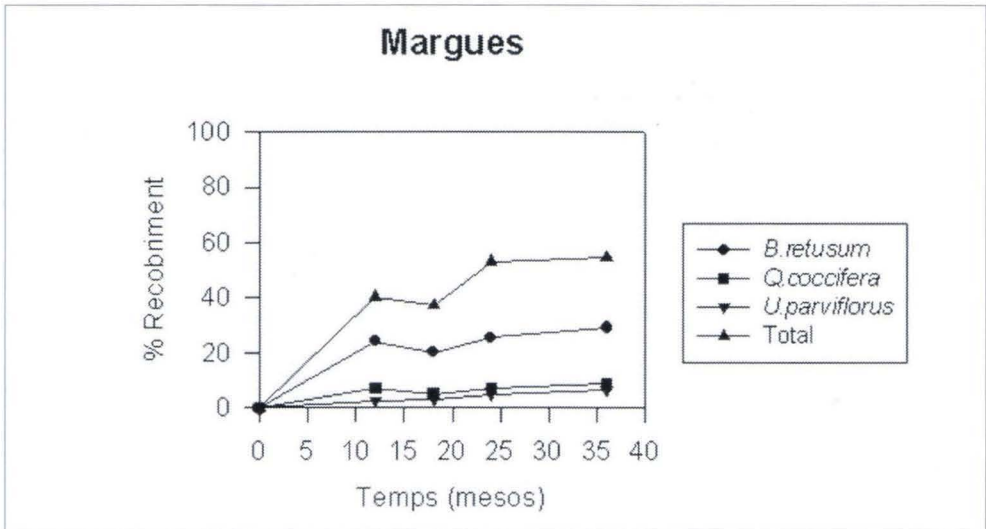


Figura 5. Evolució del recobriment de *B. retusum*, *Q. coccifera*, *U. parviflorus* i total en brolles de Yátova, Serra Martés i Ayora (València) al llarg dels 3 primers anys després del foc.

Argelagars

Són brolles que es caracteritzen per la dominància de l'aulaga (*Ulex parviflorus*). És un arbust punxós que té una elevada capacitat colonitzadora, a partir de llavors, en camps abandonats i en zones recent cremades, especialment allà on no té la competència d'altres arbustos amb estratègia rebrotadora. La proliferació dels aulagars a la Comunitat Valenciana s'ha associat a la incidència dels incendis ja que es tracta de comunitats

que tenen un banc de llavors permanent en el sòl, de llarga longevitat, el qual és capaç de regenerar l'aulagar després de més d'un event de foc. En aulagars del Nord d'Alacant, concretament en les localitats de Banyeres, Confrides, Castell de Guadalest, Onil, Torremanzanas i Alcoi (Abad et al., 1997), es trobaren quantitats similars de llavors en zones que s'havien cremat feia 3 i 9 anys, tot i que l'aulagar de menor edat encara no havia tingut un període de floració important. A més a més, es tracta de formacions que a mida que passen els anys s'assequen en la seua part inferior i acumulen gran part de necromassa en els individus en peu. En la Fig. 6 es mostra l'evolució de l'alçada total i la que correspon a matèria morta dels mateixos aulagars, d'edat creixent (Baeza et al., 1998). Destaca el fet de la gran proporció de necromassa en aulagars de 9 i 17 anys (80 i 91% respectivament de l'alçada total). Això els converteix en comunitats molt inflamables i combustibles, molt difícils de controlar en un incendi ja que ocupen àrees extenses i contínues.

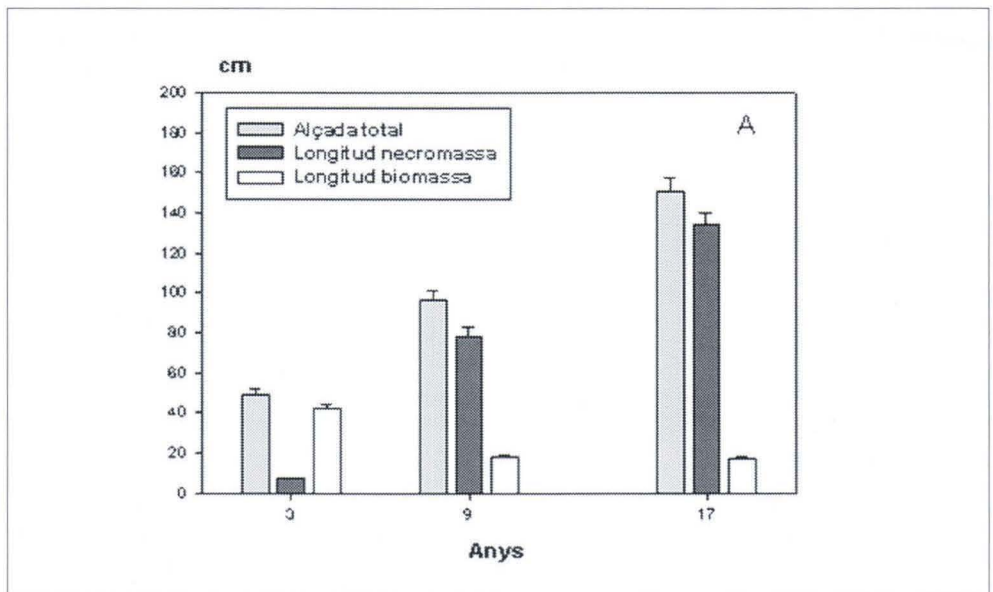


Figura 6. Evolució de l'alçada i longitud de les fraccions de biomassa i necromassa, en individus de *Ulex parviflorus* de diferents edats (3, 9 i 17 anys). Segons Baeza et al., 1998.

Amb l'objectiu de controlar aquestes formacions mono específiques tant combustibles, en diverses localitats del Nord d'Alacant es realitzaren experiments de crema i desbrossada en parcel·les de diferent edat. Destacaren l'efectivitat dels tractaments, especialment en les formacions més madures. El tractament menys efectiu correspongué al de desbrossada en els aulagars joves, ja que part dels individus pogueren regenerar-se vegetativament.

Comunitats herbàcies de *Brachypodium retusum*

El llistó (*Brachypodium retusum*) és una espècie herbàcia molt comuna en la part central i occidental de la Conca Mediterrània i és molt abundant a la Comunitat Valenciana. Generalment és l'espècie dominant i amb més recobriment de l'estrat herbaci que acompanya les brolles, coscollars i pinedes. En situacions d'elevada recurrència d'incendis o amb limitacions climàtiques importants, les espècies llenyoses són molt menys importants i el llistó es converteix en la planta dominant, formant un tapís herbaci més o menys continu.

Al Nord d'Alacant, en ambient sec i termomediterrani, s'estudià la dinàmica de la regeneració d'aquesta espècie després d'un incendi que va tenir lloc a l'estiu, en comunitats dominades per aquesta espècie, sobre substrat de margues (Caturla et al., 1995). El llistó presenta un sistema rizomatós que s'extén horitzontalment en el sòl i que li permet reproduir-se de forma majoritàriament vegetativa. La part subterrània es veié poc afectada per l'incendi i fou la responsable que a la primavera següent a l'incendi rebrotés amb força i fos l'espècie amb el recobriment més elevat (entre 20-40%). Aquest fet és molt important ja que en la majoria dels casos *Brachypodium retusum* és la que contribueix més a la protecció del sòl, disminuint el risc de pèrdua de sòl de forma més immediata. De totes maneres, cal destacar que els mesos de tardor i hivern següent a l'incendi, amb major risc d'erosió, el recobriment del llistó encara era molt baix, essent la proporció de sòl nu molt elevada (90%).

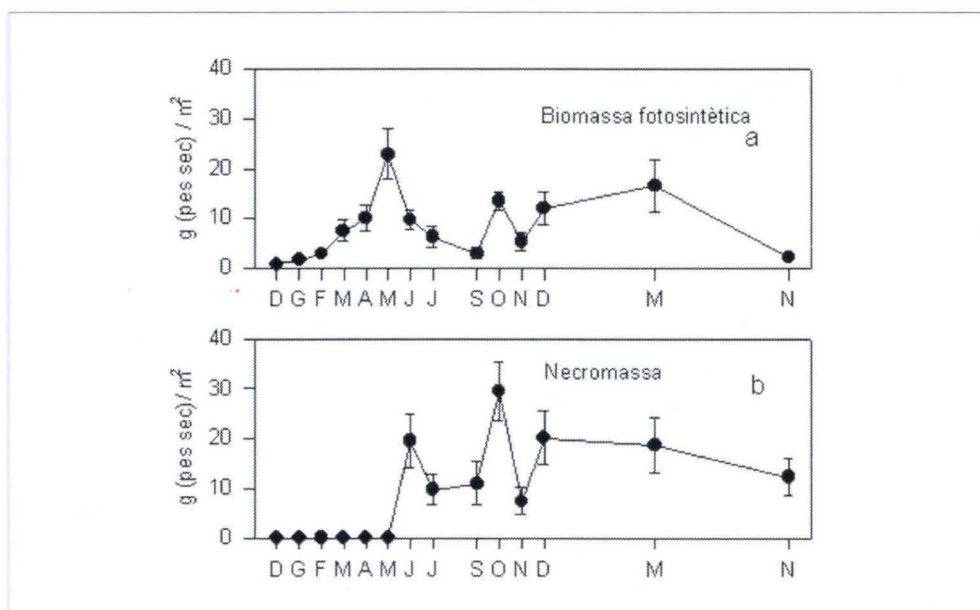


Figura 7. Evolució de l'acumulació de biomassa verda i necromassa en *Brachypodium retusum* al llarg dels dos primers anys després de l'incendi.

La biomassa del llistó també es recuperà de forma ràpida, especialment la seua part verda o fotosintètica, que al final de la primera primavera després del foc ja era del mateix ordre que abans de l'incendi (Fig.7). A partir d'aquest moment tingué lloc l'acumulació de necromassa o part seca, que es mantingué en peu ocupant la part inferior de l'herba.

Pinedes

El foc produeix la mort dels pins, tot i que la combustió del tronc i branques més grosses no arriba a ser completa. Els pinyons es desprenen de les pinyes obertes per l'escalfor i cauen en el llit de cendres, des d'on són redistribuïdes pel vent i pluges, acumulant-se en els llocs més protegits (irregularitats del microrrelleu, forats de soques cremades,...). La seua acumulació també té lloc de forma més important en els antics bancals que ocupaven anteriorment o a les parts baixes dels vessants. En el cas de pi blanc, la germinació dels pinyons caiguts (descomptant els no viables o depredats) té lloc majoritàriament durant l'hivern i la primavera següent a l'incendi, essent el primer estiu el període de major mortalitat dels plançons (Daskalaku & Thanos, 1997).

A la Comunitat Valenciana es va fer un seguiment de la regeneració de diferents comunitats de pinedes (*Pinus halepensis*, *P.pinaster* i *P.nigra*) 1 any després dels grans incendis de 1994 (Morella, Villahermosa, Espadilla, Chulilla, Siete Aguas, Millars i Ontinyent) (Abad et al., 1997).

S'observà una regeneració pràcticament nul·la en les pinedes de *P. nigra* que es trobaven a Morella, amb la qual cosa es confirmà la gran dificultat de recolonització natural que té aquesta espècie (Trabaud, 1991).

La regeneració de pi blanc i pi pinastre (rodeno) va ser molt superior, especialment la del primer, que presentà un promig de 4 plançons/m², valor del mateix ordre o superior als trobats per altres autors (Papió, 1994; Thanos et al., 1996; Herranz et al., 1997). La distribució, però, fou irregular, observant-se una variabilitat entre 0 i 100 plançons/m². Es produïa una agregació dels individus important com a conseqüència de la redistribució dels pinyons després de l'incendi. Això portarà a una regeneració de la pineda que donarà lloc a formacions heterogènies, amb alternança de clarianes i zones denses de pins.

A Benidorm, en el semiàrid alacantí, on les condicions d'estrés hídric són molt més limitants, tres anys després d'un incendi s'observà un patró de regeneració dels pinetons en relació a la distància al tronc del pi adult cremat (Bellot et al., 1998). Tot i que la densitat de pinetons no variava amb la distància al tronc, sí que ho feia la biomassa dels plançons. Aquesta era més gran quant més aprop del pi mare cremat es trobava. Aquest fet es relacionà amb un gradient de fertilitat del sòl, que disminuïa en allunyar-se del tronc del pi.

Efectes de l'augment de la recurrència d'incendis

Fins ací s'ha analitzat la resposta dels ecosistemes forestals a un sol incendi. La situació pot agreujar-se quan els focs es repeteixen en poc temps. Pot afectar el cicle de nutrients en el sentit que, amb una elevada freqüència d'incendis, la reposició dels nutrients perduts és insuficient i es produeix un empobriment progressiu de l'ecosistema. Especialment important pot ser la pèrdua o empobriment en nitrogen. La seua recuperació depèn de l'existència de plantes o microorganismes del sòl fixadors i de les entrades directes del nitrogen atmosfèric a través de la deposició seca i humida (pluges, boires). Però en general es tracta d'un procés lent. Un altre element limitant a tenir en compte és el fòsfor, tot i que les seues pèrdues solen ser més baixes que per al nitrogen, la seua reposició a través de la meteorització de la roca també és un procés molt lent.

La repetició dels incendis en un interval curt de temps també afecta la vegetació. La regeneració de les espècies de pins existents a la Comunitat Valenciana té lloc exclusivament a través de llavor. Això representa que si en el moment de l'incendi la pineda no ha arribat a l'edat de produir pinyes, que en el cas del pi blanc és al voltant dels 15 anys, es produeix la desaparició de l'estrat arbori. Aquest no és un fenomen estrany degut als incendis repetits i a les nombroses repoblacions que encara no han arribat a l'edat reproductiva.

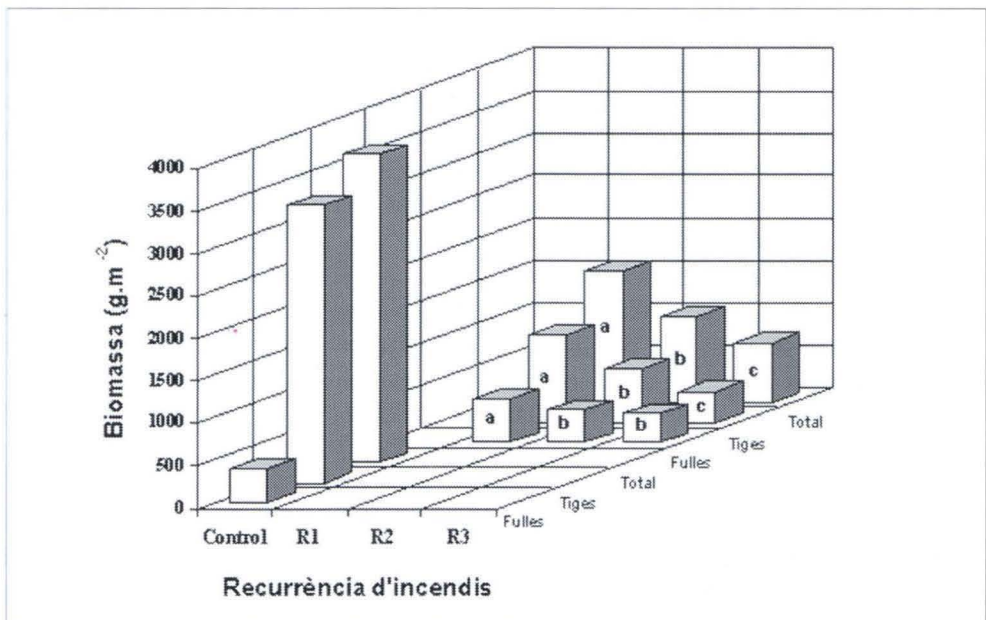


Figura 8. Acumulació de biomassa (fulles, tiges i total) de *Quercus coccifera* 4 anys després d'un incendi, per a zones amb una història de recurrència d'incendis diferent: un (R1), dos (R2) i tres (R3) focs en els últims 20 anys. Control, coscollar no cremat en els darrers 20 anys. Segons Ferran et al. (1998).

Ja s'ha vist que els coscollars són formacions amb una capacitat regenerativa molt gran després d'un foc. Però en coscollars de València (Sot de Chera, Siete Aguas i Chiva) s'ha observat que si bé el recobriment de *Q.coccifera* no es veu afectat per la recurrència d'incendis sí que se'n veu disminuïda la seua capacitat d'acumular biomassa (Fig. 8). També s'ha observat una disminució del recobriment de l'aulaga, planta que hi és present com a espècie acompanyant en aquestes formacions, degut segurament a l'esgotament progressiu del seu banc de llavors.

En formacions dominades per *B.retusum* en diverses localitats del N d'Alacant (Relleu, La Torre de les Maçanes i Castell de Castells), s'ha observat que l'increment de la freqüència d'incendis portava a una millor resposta regenerativa després del foc de parcel·les experimentals amb una alta freqüència respecte a les de baixa freqüència, amb un increment superior tant del recobriment com de l'acumulació de biomassa (Abad et al., 1997). També s'observà que les parcel·les cremades més vegades, un cop havien arribat a la fase reproductiva (1 any després del foc) presentaven més individus que provenien de llavor, de forma que s'incrementava encara més la seua capacitat de propagació i permanència. L'increment del recobriment d'aquesta espècie amb la major recurrència d'incendis també s'observà en els coscollars de València, on aquesta espècie domina l'estrat herbaci.

CONCLUSIONS

La regeneració després d'un incendi pot ser molt variable en funció sobretot de la combinació del tipus de sòl i de la comunitat vegetal. Simplificant, es pot dir que formacions amb abundants espècies rebrotadores i sòls sobre substrat de calcàries i dolomies tenen una capacitat de resposta al foc més eficient i es regeneren de forma més ràpida que formacions amb majoria d'espècies germinadores i sòls d'estructura compacta (margues o col·luis margo-calcaris).

Dins de les formacions més resilientes, amb capacitat de rebrotar, es veuen afavorides aquelles que tenen un cicle vital més curt, bàsicament herbàcies. La repetició dels incendis o el manteniment del ritme actual pot conduir a l'empobriment dels ecosistemes amb l'evolució a formacions cada cop menys complexes.

AGRAÏMENTS

A V. Ramon Vallejo, per aportar suggeriments i idees a aquest escrit. La majoria de resultats que es presenten provenen del programa de recerca del CEAM sobre Restauració Forestal, finançat per la Generalitat Valenciana i la Fundació Bancaixa, així com pels projectes europeus REDMED (EV5V-CT94-0475) i LUCIFER (ENV4-CT96-0320).

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, N., Caturla, R. N., Baeza, J., Bladé, C., Vieira, F., Carbó, E., Valdecantos, A., Raventós, J., Alloza, J.A., Escarré, A., Bellot, J. & Vallejo, R. 1997. Regeneración de los montes quemados. In: Vallejo, V.R.(ed). La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana, CEAM, Valencia. pp. 51-148.
- Baeza, M.J., Raventos, J. and A. Escarré. 1998. Structural changes in relation to age in fire-prone mediterranean shrubland In: III International Confer. on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology. Vol. II, pp. 2567-2578, Luso, 16/20 November 1998.
- Bautista S., Abad N., Llovet J., Bladé C., Ferran A., Ponce J.M., Caturla R.N., Alloza J.A., Bellot J. & Vallejo V.R. 1997. In: Vallejo, V.R.(ed). Siembra de herbáceas y aplicación de mulch para la conservación de suelos afectados por incendios forestales. La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana, CEAM, Valencia. pp. 395-434.
- Bellot J., Bautista S., & Melià N. 1998. Post-fire regeneration in a semiarid pine forest as affected by the previous vegetation pattern. In: *Mediterranean Desertification. Research Results and Policy implications*. European Commission..
- Cañellas I. 1991. Ecología y manejo de matorrales de coscoja (*Quercus coccifera* L.) en España. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales. INIA. vol. 0:25-34.
- Caturla, R.N., Guàrdia, R. & Raventós, J. 1995. Post-fire evolution of *Brachypodium retusum*. Eureco'95 Abstracts. 7th European Ecological Congress. Budapest, Hungary. p. 206.
- Costa, M. 1986. La vegetació al País Valencià. Universitat de València. Secretariat de Publicacions.
- Daskalakou E.N. & Thanos C.A. 1997. Postfire establishment and survival of Aleppo pine seedlings. In: P. Balabanis, G. Eftichidis & R. Fantechi (eds.). Forest fire risk and management. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course. Report EUR 16719 EN. European Commission. pp. 357-368.

- De Luis M., Baeza M.J., y José Raventós. 1997. Análisis de las curvas de temperatura-tiempo en fuegos experimentales de aulagares de distinta edad. Enfoque alternativo. Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso, II Congreso Forestal Español. Irati 97. Tomo V. pp. 143-148.
- Dell B., Hopkins A.J.M. & Lamont B.B. (eds.) 1986. Resilience in mediterranean-type ecosystems. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Ferran A., Serrasolsas I. & Vallejo V.R. 1991. Soil evolution after fire on *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* forests. In: Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes. A. Teller, P. Mathy & J.N.R. Jeffers (Eds.). Elsevier, London. pp. 397-405.
- Ferran A, Delitti W. and Vallejo V.R. 1998. Effects of different fire recurrences in *Quercus coccifera* communities of the Valencia region (Spain). In: D.X. Viegas (ed). Proceed. III International Confer. on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology. Vol. II, pp. 1555-1569, Luso, 16/20 November 1998.
- Giovannini G. 1994. The effect of fire on soil quality. In: Sala M. & Rubio J.L. (eds.). Soil erosion as a consequence of forest fires. Geofoma Ediciones. Logroño. pp. 15-27.
- Godron, M., Guillen, J.L., Poissonet, J., Poissonet, P., Thiault, M. & Trabaud, L. 1981. Dynamics and management of vegetation. In: Castri, F. Goodal, D.W. & Specht, R. Mediterranean-type shrublands, cap 16 (Ecosystems of the world 11) Elsevier Sc, Publ. Com. Amsterdam.
- Herranz J.M, Martínez-Sánchez J.J., Marín A. & Ferrandis P. 1997. Postfire regeneration of *Pinus halepensis* Miller in a semi-arid area in Albacete province (southeastern Spain). *Écoscience*, 4 (1): 86-90.
- Josa, R., Arias, X. & Sole, A. 1994. Effects of slashburning on some soil physical properties in an olm-oak coppice. In: Sala, M. & Rubio (eds.). Soil erosion as a consequence of forest fires. Geofoma Ediciones. Logroño. pp. 29-42.
- Kummerow J., Kummerow M. & Trabaud L. 1990. Fine root growth dynamics of *Quercus coccifera* L. in the garrigue of southern France. *Vegetatio*, 87: 37-44.

- Laguna E. & Reyna S. 1990. diferencias entre los óptimos natural y forestal de las vegetaciones valencianas y alternativas futuras de gestión. *Ecología, Fuera de serie*, 1: 321-330.
- Llovet J., Bautista S. & Cerdà-Bolinches A. 1994. Influencia de las lluvias otoñales sobre la respuesta hidrológica y erosiva pos-incendio de los suelos en ambiente semiárido. J. Arnáez, J.M. García Ruiz & A. Gómez Villar (eds.). *Geomorfología en España*. Sociedad Española de Geomorfología en España. Logroño. pp. 81-92.
- Mansanet C.M. 1987. Incendios forestales en Alicante. Estudio de la evolución de la vegetación quemada. Publicaciones de la Caja de Ahorros Provincial de Alicante. Vol. 143.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1995. Segundo Inventario Forestal Nacional, 1986-1995. Comunidad Valenciana.
- Naveh Z. 1974. Effects of fire in the Mediterranean region, pp. 401-434. In: T.T. Kozlowski & C.E. Ahlgren (eds.). *Fire and ecosystems*. Academic Press, New York.
- Naveh Z. 1990. Fire in the Mediterranean: A landscape ecological perspective, pp. 1-20. In: J.G. Goldammer (ed.). *SPB Academic Publishing*, The Hague, The Netherlands.
- Papió, C. 1994. Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies. Institut d'Estudis Catalans. ASC VIII.
- Prieto F. 1995. Incendios. Jaque a los Ecosistemas Forestales Españoles. Análisis del problema por CC.AA. Informe elaborado para Greenpeace.
- Sánchez J.R. 1997. Estimación de las pérdidas erosivas inducidas por las técnicas de preparación del suelo previa a la reforestación en el sur de la Comunidad Valenciana. Tesis doctoral. Universitat d'Alacant.
- Serrasolsas I. 1994. Fertilitat de sòls forestals afectats pel foc. Dinàmica del nitrogen i del fòsfor. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- Thanos C.A., Daskalidou E.N. & Nikolaidou S. 1996. Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Párnis, Greece. *Journal of Vegetation Science*, 7: 273-280.

- Trabaud L. & Campant C. 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzman *Pinus nigra* Arn. spp. *salzmannii* (Dunal) Franco après incendie. *Biological Conservation*, 58: 329-343.
- Trabaud L. 1994. The effect of fire on nutrient losses and cycling in a *Quercus coccifera* garrigue (southern France). *Oecologia*, 99: 379-386.
- Vallejo, V.R. (ed). 1997. La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana, CEAM, Valencia.
- Vallejo V.R. & Alloza J.A. 1998. The restoration of burned lands: the case of Eastern Spain. In: Moreno J.M. (ed.). *Large Forest Fires*, pp. 91-108. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.