Com s'ha de restaurar un bosc cremat?

V. Ramon Vallejo [1,2] i José A. Alloza [1]

[1] Fundació Centre d'Estudis Ambientals de la Mediterrània (CEAM), València
[2] Departament de Biologia Vegetal, Universitat de Barcelona

How to restore a burned forest? – Large forest fires first began to occur in the Mediterranean Basin during late 1970s. The main reasons for this were the general abandonment of the countryside, leading to an increase in fuel load and continuity, changes in population distribution and culture vis-à-vis fire, and increasing occurrences of droughts and heat waves. The objectives in a restoration program could be manifold, but we can select a few that are greatly applicable to those Mediterranean ecosystems affected by wildfires: 1. Soil conservation, since soil is a primary non-renewable resource in terrestrial ecosystems and that can be exposed to the risks of degradation and erosion following a fire. This objective includes hydrological cycle regulation; 2. To improve ecosystem resistance and resilience in relation to fire, since Mediterranean vegetation will probably be affected by wildfires in the future, as they have in the past, and even more so in the future if projections concerning global change prove accurate; 3. To promote mature forests, especially hardwood forests, which are now scarce in the Mediterranean Basin landscapes. In order to provide a comprehensive strategy for post-fire restoration, we are developing and testing a new protocol that includes the basic scientific knowledge gained by experience with fire and restoration ecology during the last decades. For regional planning, fire-vulnerable forests and shrublands are classified according to vegetation resilience and post-fire erosion risk using a GIS-based approach. Vegetation resilience is assessed on the basis of fire regeneration strategies for dominant plant species.

Introducció: El problema

Els incendis forestals són un fenomen natural a les regions de clima mediterrani i, per tant, han estat un factor evolutiu dels organismes que viuen en aquestes regions, particularment les plantes (Pausas *et al.*, 2008). Durant segles, la intensa ocupació i explotació del territori feia que els incendis fossin en general de petita dimensió, amb poques excepcions com ara l'incendi de les Gavarres de l'agost del 1928 que, segons estimacions, afectà unes 15.000 hectàrees (Alhambra *et al*., 2008). Tanmateix, des del darrer quart del segle XX, els incendis han augmentat molt en freqüència i dimensions (fig. 1), amb el desenvolupament d'un fins aleshores nou règim d'incendis caracteritzat pels grans incendis forestals (Vallejo i Alloza, 1998). Aquest fenomen és comú a totes les regions mediterrànies europees i paral·lel a l'esclat dels grans incendis (megaincendis en la denominació més actual) a molts països del món, de característiques climàtiques i ecològiques molt diverses. Als països del sud d'Europa, l'aparició dels grans incendis forestals sembla clarament relacionada amb l'abandonament del món rural, produït especialment a partir de mitjan segle XX, que va resultar en un augment extraordinari dels combustibles, tant en quantitat com en continuïtat al paisatge, a causa de l'abandonament de conreus marginals, i pràctica desaparició de la ramaderia extensiva, de l'aprofitament de llenyes i del carboneig. Aquesta reducció dràstica de l'explotació del territori donà lloc a la recuperació de la vegetació espontània, en molts casos una vegetació colonitzadora molt combustible. Al mateix temps, aquest medi rural en ràpida transformació es va despoblar d'habitants permanents dedicats al camp, i en algunes zones i especialment a l'estiu es va veure envaït de turistes urbans poc coneixedors del medi forestal. A les masies i llogarrets semiabandonats la vegetació colonitza les vores de les cases, i , pel contrari, a les urbanitzacions les torres s'endinsen en el medi forestal (interfície urbana-forestal), situacions d'alt risc d'ignició i que el foc produeixi danys a les persones i estructures urbanes. Tot plegat, els països del sud d'Europa han arribat a una circumstància social i de configuració del territori inèdita a la seva història, amb la coincidència d'un màxim de població total, encara que concentrada en conurbacions, amb una gran desvinculació i desconeixement del medi rural, i un màxim de combustible al territori, amb vegetació successional molt inflamable i combustible. Per acabar-ho d'adobar, l'evident escalfament del clima i les projeccions de canvi climàtic encara augmenten el risc d'incendis (les onades de calor d'aquest estiu passat en són un bon exemple). Tot plegat, tenim les circumstàncies òptimes per al desenvolupament de grans incendis forestals

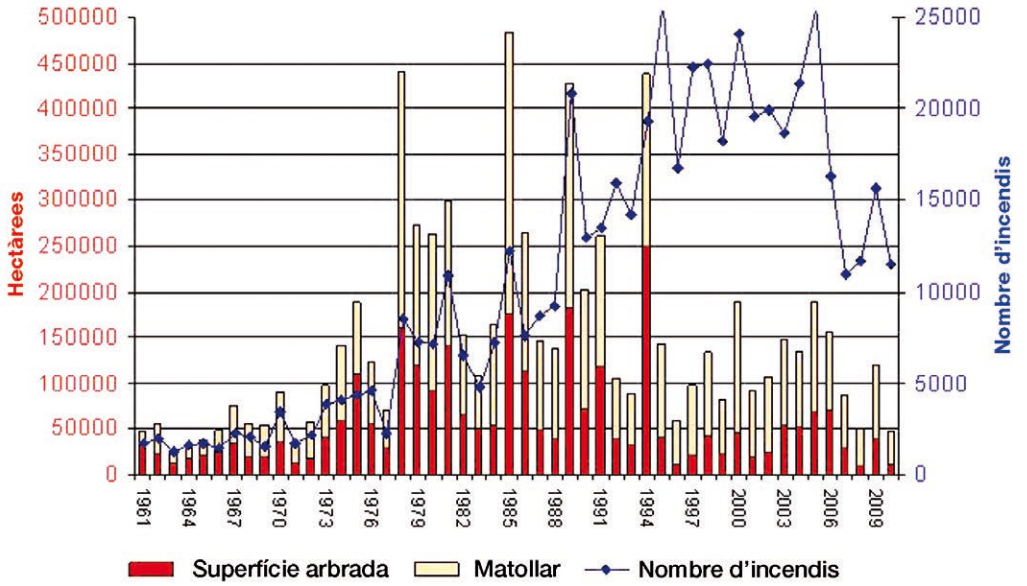


Figura 1. Evolució del nombre i superfície (arbrada i matollar) d'incendis a Espanya. A partir de les dades del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient.

i les perspectives futures són encara pitjors. És clar que la gestió del territori i del foc, i la preparació de la societat per conviure amb el risc d'incendis ofereixen opcions de millorar la situació, és a dir reduir els incendis catastròfics i els seus impactes negatius (Byrot, 2009). En aquest article presentem una estratègia de restauració de boscs cremats desenvolupada per la Fundació CEAM de València al llarg de 20 anys de recerca sobre els impactes ecològics dels incendis forestals i les adaptacions de les plantes mediterrànies al foc i a la sequera (Vallejo *et al*., 2009, 2012b).

Plantejament

El desencadenament de grans incendis forestals sovint genera en el públic i en les administracions una reacció de voler reconstruir els boscos afectats al més aviat possible i fer propostes de grans plans de restauració forestal. Encara és més freqüent que amb l'esvaniment del fum dels incendis, i amb l'aparició d'altres notícies (altres catàstrofes), les promeses i les demandes de restauració també s'esvaneixen. Evidentment, els incendis de grans dimensions provoquen forts xocs emocionals en la població més afectada i d'ací sorgeix la reacció de voler fer alguna cosa.

La seqüència de preguntes (i dubtes) que cal formular-se sobre la restauració de forests cremades seria la següent:

Cal reforestar totes les forests cremades? Una visió intervencionista apostaria en aquesta direcció.

O bé, no s'ha de fer res i deixar que la naturalesa faci la seva feina ("la naturalesa és sàvia")? Davant aquesta opció, molta gent es preguntaria: però, mai no s'ha de restaurar? Alguna cosa s'haurà de fer, oi?

En cas que la restauració sigui selectiva, caldria definir:

– On?
– Quan? Amb quines prioritats?
– Com?

Òbviament, per respondre aquest seguit de qüestions cal definir prèviament un objectiu clar de les possibles intervencions de restauració i de la gestió de la forest cremada.

La resposta a aquestes preguntes requereix de l'anàlisi de quins impactes ecològics pot produir el foc que puguin justificar la realització de projectes de restauració (per tal d'evitar aquests impactes). Aquesta anàlisi de riscs d'impactes s'haurà de basar en la predicció de la resposta dels ecosistemes cremats. Previsiblement, no tots els ecosistemes respondran d'igual manera al foc, a part que els focs poden variar molt en la seva severitat (relacionada amb les temperatures màximes i el seu temps de residència), i que les condicions meteorològiques en el període postincendi poden ser també molt variables i afectar la regeneració.

El medi forestal que ens ocupa es refereix no només als boscos en sentit estricte, sinó a tots els ecosistemes terrestres seminaturals considerats dins l'espai forestal (no agrícola ni urbà), és a dir boscos, matollars i prats. Entenem per restauració, en sentit ampli, les accions adreçades a reconstruir els ecosistemes degradats (pel foc en aquest cas) quan aquesta recuperació no es produeix espontàniament o no es produeix a la velocitat requerida per als objectius plantejats (Vallejo, 1999; Vallejo *et al*., 2012a; vegeu la definició de "restauració ecològica" de la *Society for Ecological Restoration International*: www.ser.org).

Els objectius de la restauració després del foc

Els objectius de gestió d'una forest cremada poden ser diversos i múltiples. El mateix incendi pot suscitar la temptació d'aprofitar per canviar l'ús de la forest. D'antuvi s'ha considerat que un motiu de cremar els boscos podria ser facilitar el canvi en la classificació del terreny per promoure la urbanització. Deixant obertes les possibilitats que puguin proposar-se diversos objectius de restauració, a partir per exemple d'interessos específics dels propietaris de la forest, si assumim que no es proposa canviar l'ús del sòl, els objectius ecològics mínims que s'haurien de considerar serien:

– *Conservació del sòl i regulació hídrica*. El sòl és un recurs primari per als ecosistemes terrestres i és no renovable a escala ecològica. Atès que el sòl del bosc cremat corre el risc d'erosió irreversible, la seva conservació és un objectiu primari a considerar. De manera semblant, l'aigua és el factor més limitant als nostres boscs i per tant la seva captació al bosc és clau per tal de garantir la regeneració de l'ecosistema. D'altra banda, l'excés de pèrdua de sòl i d'augment de l'escolament de l'aigua que es pot produir després del foc, en situacions extremes pot provocar inundacions i danys per l'excés de càrrega sedimentària de les crescudes, a més d'incrementar ràpidament el rebliment dels embassaments.

– *Augmentar la resistència i la resiliència dels ecosistemes*. Els nostres ecosistemes estan exposats de forma natural als incendis forestals. Aquest és un fet consubstancial a la Mediterrània (Naveh, 1990) i probablement és farà més acusat en la perspectiva del canvi climàtic. En aquest context d'alta probabilitat d'incedis forestals, l'objectiu és que els ecosistemes seminaturals siguin menys inflamables i combustibles (més resistents), i tinguin la màxima capacitat d'autoregeneració en el cas que es cremin (més resilients). La inflamabilitat és variable segons les espècies i depèn del seu contingut hídric, de la seva composició mineral i contingut de substàncies orgàniques volàtils, encara que les diferències entre espècies no són enormes. La combustibilitat sí que varia força entre formacions vegetals, així com la seva resiliència que depèn en gran part de les estratègies reproductives de les espècies dominants.

– *Millorar la qualitat dels ecosistemes i del paisatge.* Atès que els paisatges mediterranis han sofert un ús intens i extensiu al llarg de millennis, ús que en molts casos ha comportat la degradació dels ecosistemes, un objectiu de la restauració postincendi ha de ser millorar la qualitat dels ecosistemes degradats en termes de riquesa d'espècies ("biodiversitat"), estructura i maduresa, incloent-hi l'escala de paisatge. Aquest objectiu s'ha d'integrar amb la disminució del risc de nous incendis forestals catastròfics. Gran part dels nostres boscos i matollars van ser explotats intensament fins als anys 1960-70, de manera que predominaven formacions en estadis primerencs de la successió secundària. Després de l'abandó extensiu de l'explotació d'aquests ecosistemes i de cultius marginals, i amb la generalització dels incendis forestals, la restauració ha de promoure el desenvolupament d'ecosistemes madurs que són escassos en els nostres paisatges. Aquests ecosistemes madurs poden ser boscos de planifolis o mixtos en molts casos, però també màquies en condicions de clima semiàrid on no es poden desenvolupar plenament els boscos. Aquestes formacions vegetals són, en general, menys combustibles que la vegetació secundària característica de les primeres etapes de la successió secundària (vegeu epígraf anterior).

Anàlisi i predicció de l'impacte ecològic dels incendis forestals

L'impacte ecològic dels incendis depèn, d'una banda, de les característiques del foc, i , de l'altra, de les propietats de l'ecosistema, encara que el comportament del foc no és independent de les propietats de la vegetació (que constitueix el combustible).

La severitat descriu l'impacte directe del foc en l'ecosistema. Sovint es determina experimentalment mesurant les temperatures per damunt un cert llindar (generalment 150°C) i el seu temps de residència al bosc (Pérez i Moreno, 1998). Aquest paràmetre és molt variable a l'espai, entre un punt i altre del bosc, tant en horitzontal com en vertical. La severitat ve determinada també per les característiques del combustible, la seva quantitat, estructura i humitat. La majoria de les plantes del sotabosc en focs de superfície, i els arbres en focs de copes, perden els teixits vius de la part aèria; les que tenen meristemes subterranis generalment conserven la capacitat de rebrotar ("plantes rebrotadores") en la mesura que aquests meristemes no siguin afectats per temperatures letals gràcies a la baixa conductivitat tèrmica del sòl. Les plantes que no tenen aquests meristemes subterranis moren completament ("plantes germinadores") i només es regeneren a través de les llavors que puguin haver al sòl o les que puguin arribar d'indrets propers no cremats. El foc, segons la seva severitat, consumeix poc o molt els horitzons orgànics del sòl (virosta), afectant les llavors, microflora i microfauna que hi viu. Dins el sòl mineral, els efectes del foc solen ser superficials i de curta durada. La majoria dels incendis forestals en les nostres contrades produeixen el consum de gran part de la virosta i la mortalitat de la vegetació del sotabosc, amb

un grau d'impacte en els arbres molt variable. Sovint resten rodals d'arbres no cremats a la copa o afectats només parcialment.

El sòl recent cremat, desprotegit de la coberta vegetal i, sovint, de la virosta, està exposat a la degradació de la seva superfície (Bautista *et al*., 1996a), la reducció de la capacitat d'infiltració d'aigua i, conseqüentment, l'augment de l'escolament superficial i l'erosió. El risc d'erosió ha de tenir en compte tant la mateixa degradació del sòl afectat com els efectes aigües avall de l'augment d'escolament (possibles inundacions) i del transport de sediments, és a dir del valor social de les zones que puguin rebre aquests impactes.

El segon gran factor que condiciona l'impacte dels incendis es relaciona amb les característiques intrínseques de l'ecosistema, fonamentalment la capacitat d'autoregeneració de la vegetació. Els estudis pioners de Louis Trabaud al Llenguadoc (Trabaud, 1974) ja mostraren que la vegetació mediterrània afectada pel foc es regenerava, en general, seguint el denominat procés d'autosuccessió, és a dir que la vegetació existent abans del foc es torna a recuperar en la seva composició florística poc temps després, de forma espontània. Sobre aquesta generalització hi ha algunes excepcions rellevants. Un cas que ha afectat recentment a grans superfícies de boscos catalans és el de la pinassa (*Pinus nigra*), espècie que pràcticament no regenera després del foc, com tampoc ho fa el pi pinyer (*Pinus pinea*) (Retana *et al*., 2002). També és significatiu el cas de la savina (*Juniperus phoenicea*) (Riera i Castell, 1997). El pi blanc (*Pinus halepensis*) té una alta capacitat de germinació després del foc, excepte quan la massa afectada encara no ha arribat a la maduresa reproductiva que ve a ser de 15-20 anys. Aquest cas és freqüent en plantacions recents o quan un incendi afecta la massa de pins en regeneració d'un incendi anterior.

El bosc cremat es pot regenerar a diferents velocitats (Vallejo i Alloza, 1998), i pot seguir més o menys el procés d'autosuccessió, depenent molt més de les estratègies reproductives de les espècies vegetals cremades (rebrotadores vs. germinadores) que de la mateixa severitat del foc. Les plantes rebrotadores regeneren de forma eficient gràcies als òrgans subterranis no o poc afectats pel foc, o a la protecció de l'escorça en el cas de l'alzina surera. Els òrgans subterranis, a més de ser un reservori de gemmes vegetatives, també tenen reserves de carbohidrats i nutrients. Aquestes reserves, junt amb la persistència del sistema d'arrels, permeten una ràpida rebrotada en un entorn (el sòl recent cremat) fertilitzat per les cendres i amb baixa competència pels recursos bàsics. Fins i tot a l'estiu, sense pluges, en poques setmanes es produeix el rebrot de moltes d'aquestes espècies. Pel contrari. les



Figura 2. Rebrot d'alzina tres setmanes després del foc a la fi de juliol de 1994, en plena sequera i sense cap pluja després del foc, València (Foto: V.R. Vallejo).

plantes germinadores necessiten de l'arribada de les pluges per germinar i tenen, al principi, una velocitat de creixement més lenta que les rebrotadores, atès que parteixen d'una petita llavor i han de generar la planta sencera.

Moltes plantes mediterrànies tenen capacitat de rebrotar. La major part de les esclerofil·les, com ara l'alzina (*Quercus ilex*; fig. 2), la surera (*Q. suber*), el garric (*Q. coccifera*), el llentiscle (*Pistacia lentiscus*), l'aladern (*Rhamnus alaternus*) i moltes altres, però també herbàcies com ara el llistó (*Brachypodium retusum*). Espècies germinadores típiques són les estepes (*Cistus* spp.), el romaní (*Rosmarinus officinalis*) o la gatosa (*Ulex parviflorus*), a més dels pins, amb l'excepció del pi canari (*Pinus canariensis*).

La velocitat de regeneració de la coberta vegetal després del foc és la clau en la protecció del sòl enfront de la seva degradació superficial, augment de l'escolament i erosió (Vallejo, 1999). Quan més lenta és la recuperació de la coberta, més temps estarà exposat el sòl nu als agents meteorològics. La coincidència de la seqüència temporal dels focs d'estiu amb les pluges torrencials, generalment de tardor, amb poc temps per a permetre una suficient regeneració de la vegetació, suposa sempre un alt risc de degradació en pendents forts i sòls vulnerables.

En definitiva, les possibles combinacions de severitat, relleu, condicions meteorològiques immediatament postincendi, sensibilitat del sòl a la degradació i composició en espè-

cies amb diverses estratègies regeneratives, resulten en una gran diversitat de possibles impactes dels incendis forestals. Tanmateix, la sensibilitat del sòl (especialment la seva erosionabilitat) i les estratègies reproductives de les espècies vegetals dominants acostumen a ser els factors crítics en les nostres forests.

L'avaluació de l'impacte dels incendis forestals i de la necessitat de restauració

En base a les anàlisis anteriors, podem intentar donar resposta a les preguntes formulades sobre la necessitat d'emprendre projectes de restauració en forests cremades. Les respostes han de ser suficientment generalitzables com per ser aplicables a l'escala de la planificació, utilitzant indicadors que se'n puguin derivar de la informació cartogràfica disponible. S'assumeixen els objectius ecològics mínims esmentats a l'apartat de més amunt.

– *Cal reforestar totes les forests cremades?* Clarament no. Molts boscos, matollars i prats regeneren seguint el procés d'autosuccessió de forma eficient i, en qualsevol cas, de forma més eficient de la que podríem estimular artificialment amb intervencions antròpiques. La majoria de boscs madurs de pi blanc, dominants a les terres baixes mediterrànies, i les formacions d'alzines, suros i roures, regeneren eficientment després d'un sol foc, o amb incendis no molt recurrents. Un altre cas és el de les pinedes de pinassa o de pi roig.

– *O bé, no s'ha de fer res i deixar que la naturalesa faci la seva feina?* La naturalesa probablement és sàvia, però potser no sempre la seva saviesa ens convé, especialment després d'haver alterat els ecosistemes durant mil·lennis i d'haver construït cases i altres estructures en el medi forestal o aigües avall de conques torrencials. Hi ha situacions, d'alt risc d'erosió i d'inundacions després dels incendis, en què no fer res pot derivar en danys catastròfics a la societat. Es tracta, evidentment, d'identificar aquestes situacions.

– *Per tant, les possibles accions de restauració haurien de ser selectives.*

a) On s'ha de restaurar? En forests on els sòls siguin vulnerables a l'erosió i la vegetació tingui baixa capacitat de regeneració després del foc, majoritàriament comunitats dominades per espècies germinadores. També en boscos on el foc faci desaparèixer les espècies arbòries i l'objectiu de gestió sigui recuperar el bosc.

b) Quan? Amb quines prioritats? En els casos que el risc d'impacte es refereixi a l'erosió postincendi, les actuacions restauradores han de ser immediates per tal de pal·liar la degradació del sòl a curt termini, justament quan el risc és més elevat. Aquest cas seria el de màxima prioritat des del punt de vista ecològic i de prevenció de catàstrofes postincendi. En els casos que les actuacions afectin la millora de l'estructura i composició de l'ecosistema en relació amb les espècies llenyoses, les actuacions no són urgents i és millor fer-les un cop s'hagi produït una certa recuperació de la coberta vegetal (normalment al cap de dos anys), per tal d'evitar que els treballs de reforestació puguin produir impactes negatius al sòl.

c) Com? Les tècniques a emprar, així com la selecció de les espècies en el cas de revegetació (reforestació en sentit ampli), dependran de l'estat de degradació de l'ecosistema i dels objectius plantejats que es relacionen amb els riscos ecològics postincendi. En el cas d'elevat risc d'erosió postincendi, les tècniques efectives inclouen l'aplicació d'una coberta orgànica de tipus empallat (*mulch* segons l'anglicisme utilitzat comunament al sector) (Bautista *et al*., 1996b). En el cas de reintroducció de llenyoses, es recomana utilitzar diverses espècies simultàniament, incorporant arbustos rebrotadors autòctons (en el cas que no hi siguin a l'ecosistema) per tal de millorar la resiliència de l'ecosistema al foc, i combinar coníferes amb planifolis, per tal d'aprofitar el creixement més ràpid dels pins amb la resiliència dels planifolis i les interaccions sinèrgiques que s'estableixen entre ambdós grups d'espècies (Pausas *et al*., 2004). Les tècniques de preparació de terreny, l'addició d'esmenes, el cultiu de les plantes al viver i les tècniques de plantació han d'optimitzar l'aprofitament de l'aigua i la supervivència dels plançons en la fase d'arrelament, moment crític per a l'èxit de les plantacions en clima mediterrani (Chirino *et al*., 2009).

Anàlisi cartogràfic de la fragilitat dels ecosistemes als incendis

Les propostes desenvolupades a l'apartat anterior es poden aplicar a estudis de camp, per tal d'identificar amb detall els impactes del foc visitant les forests recentment cremades, o es pot elaborar en suport cartogràfic, de manera que es pugui planificar la localització de les possibles actuacions al territori en cas d'incendi forestal. Les dues aproximacions les porta a terme actualment el CEAM per a la Generalitat Valenciana (Alloza i Vallejo, 2006): la primera realitzant prospeccions de tots els incendis de superfície superior a les 100 ha, amb l'elaboració d'un informe urgent d'impacte i recomanacions d'accions de restauració, i la segona amb l'elaboració de cartografies de fragilitat de les forests enfront als incendis, cartografies que s'han incorporat al Pla General d'Ordenació Forestal de la Comunitat Valenciana.

Evidentment, les forests més fràgils tindrien la màxima prioritat de restauració en el cas que es veiessin afectades per un incendi.

Agraïments

Aquest article és un versió actualitzada i un xic resumida del que vam publicar (Vallejo, 2007) al monogràfic de l'IEC: El foc i el medi. La recerca que ha donat lloc a aquest article ha estat subvencionada per la Generalitat Valenciana, així com els projectes PROMETO-FEEDBACKS de la Generalitat Valenciana, CONSOLIDER-INGENIO 2010 GRACCIE i el projecte de la Comissió Europea (DG Recerca, Environment) FUME (grant nr. 243888).

Bibliografia

Alhambra, J.V., Vaqué, E. i Vicens, J. (2008). El massís de les Gavarres. *Revista de Girona*, 135: 25-33.

Alloza, J.A. i Vallejo, V.R. (200). Restoration of burned areas in forest management plans. *In*: Kepner, W.G., Rubio, J.L., Mouat D.A. i Pedrazzini F. (eds.), *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*, pp. 475-488. Springer, Dordrecht.

Bautista, S., Abad, N., Llovet, J., Bladé, C., Ferran, A., Ponce, J.M., Caturla, R.N., Alloza, J.A., Bellot, J. i Vallejo, V.R. (1996)a. Siembra de herbáceas y aplicación de *mulch* para la conservación de suelos afectados por incendios forestales. *In*: Vallejo, V.R. (ed.), *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*, pp. 395-434. CEAM, Valencia.

Bautista, S., Bellot, J. i Vallejo, V.R. (1996)b. Mulching treatment for postfire soil conservation in a semiarid ecosystem. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10: 235-242.

Byrot, Y. (ed.) (2009). *Convivir con los incendios forestales: Lo que nos revela la ciencia.* European Forest Institute. Discussion Paper 15. Joensuu.

Chirino, E., Vilagrosa, A., Cortina, J., Valdecantos, A., Fuentes, D., Trubat, R., Luís, V.C., Puértolas, J., Bautista, S., Baeza, M.J., Peñuelas, J.L. i Vallejo, V.R. (2009). Ecological restoration in degraded drylands: The need to improve the seedling quality and site conditions in the field. *In*: S.P. Grossberg (ed.), *Forest Management*, pp. 85-158. Nova Science Publ., New York.

Naveh, Z. (1990). Fire in the Mediterranean – a landscape perspective. *In*: Goldamer, J.G. i Jenkins, M.J. (eds.), *Fire in ecosystems dynamics,* pp. 1-20. SPB Academic Publ., The Hague.

Pausas, J.G., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J.P., Fuentes, D., Alloza, J.A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J. i Vallejo, V.R. (2004). Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecology,* 171: 209-220.

Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A. i Vallejo, V.R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17: 713-723

Pérez, B. i Moreno, J.M. (1998). Methods for quantifying fire severity in shrubland-fires. *Plant Ecology,* 139: 91-101.

Retana, J., Espelta, J.M., Habrouk, A., Ordóñez, J.L. i Solà-Morales, F. (2002). Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in NE Spain. *Ecoscience,* 9: 89-97.

Riera, J. i Castell, C. (1997). Efectes dels incendis forestals recurrents sobre la distribució de dues espècies del Parc Natural del Garraf: el pi blanc (*Pinus halepensis*) i la savina (*Juniperus phoenicea*). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural,* 65: 105-116.

Trabaud, L. (1974). Apport des études écologiques dans la lutte contre le feu. *Revue Forestière Française*, nº special: 140-153.

Vallejo, V.R. (1999). Post-fire restoration in Mediterranean ecosystems. *In*: Eftichidis, G., Balabanis, P. i Ghazi, A. (eds.), *Wildfire Management*, pp. 199-208. European Comission, Algosystems, Athens.

Vallejo, V.R. i 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 Publ., Lieden.

Vallejo, V.R. (2007). Què cal fer després dels incendis forestals? *In*: *El foc i el medi*. Cicle de Conferències. IEC, Publicacions de la Presidència 27/2007, 73-91. IEC, Barcelona.

Vallejo, V.R.**,** Serrasolses, I., Alloza, J.A., Baeza, M.J., Blade, C., Chirino, E., Duguy, B., Fuentes, D., Pausas, J.G., Valdecantos, A. i Vilagrosa, A. (2009). Long-term restoration strategies and techniques. *In*: Cerdá, A. i Robichaud, P.R., (eds.), *Fire effects on soils and restoration strategies*, pp. 373-398. Science Publishers, Oxford, UK.

Vallejo, V.R., Allen, E.B., Aronson, J., Pausas, J.G., Cortina, J. i Gutiérrez, J.R. (2012)a. Restoration of Mediterranean-type woodlands and shrublands. *In*: van Andel, J. i Aronson, J. (eds.), *Restoration Ecology: The New Frontier*, pp. 130-144. Blackwell Publishing Ltd.

Vallejo, V.R., Arianoutsou, M. i Moreira, F. (2012)b. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types**.** *In*: Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P. i De Las Heras, J. (eds.), *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*, pp. 93-119. Springer Netherlands.