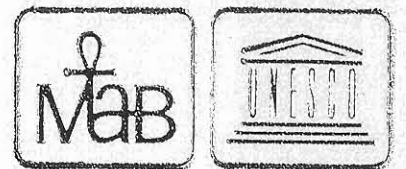
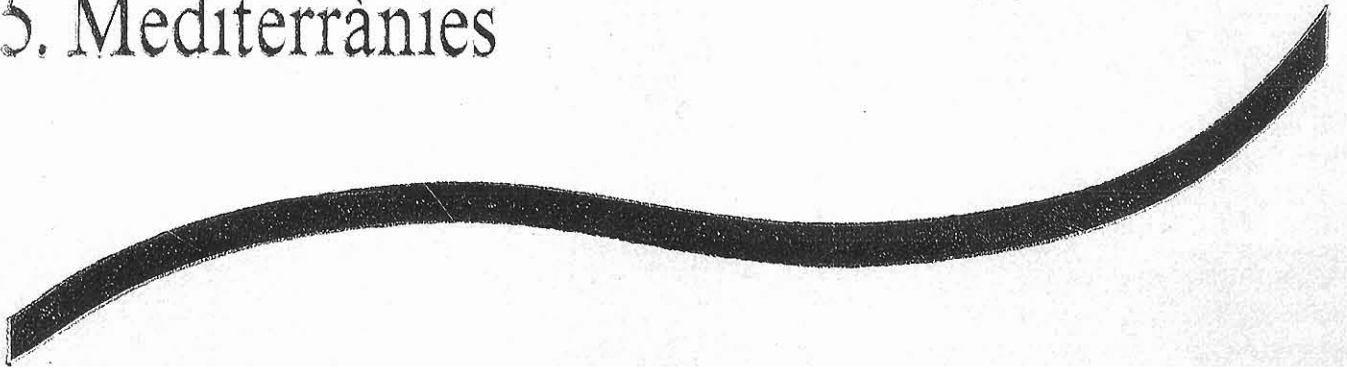


BIOSFERA

5. Mediterrànies





Director General

Ramon Folch

Secretari General del Comitè Espanyol del Programa MAB/UNESCO

Director Adjunt

Josep M. Camarasa

Membre del Comitè Espanyol del Programa MAB/UNESCO

Consell Editorial Assessor

Francesco di Castri

Director del CNRS [París]

Mark Collins

Director de Programa del World Conservation Monitoring Centre [Cambridge]

Ramon Margalef

Professor Emèrit d'Ecologia de la Universitat de Barcelona [Barcelona]

Gonzalo Halffter

Investigador de l'Institut de Ecología de México [Mèxic DF]

Pere Duran Farell

President del Capítol Català del Club de Roma [Barcelona]

Alpha Oumar Konaré

President estat de l'International Council of Museums [Bamako]

L'edició d'aquesta obra ha comptat amb l'assistència conceptual i logística de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Educació, la Ciència i la Cultura



i ha rebut el suport del Departament de Medi Ambient del Govern de la Generalitat de Catalunya



Primera edició: octubre del 1993

© 1993 Fundació Enciclopèdia Catalana

Drets exclusius d'edició Enciclopèdia Catalana S.A., Diputació 250, 08007 Barcelona
inclòs el disseny de la coberta, la maqueta, les guardes, la il·lustració i la cartografia.

La reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment, comprenent-hi la reprografia i el tractament informàtic, com també la distribució d'exemplars mitjançant lloguer i préstec, resten rigorosament prohibides sense l'autorització escrita de l'editor i estaran sotmeses a les sancions establertes per la llei

Fotomecànica: Cromex, Barcelona

Fotocomposició: Marquès S.L., Barcelona

Enquadernació: Printer, Indústria Gràfica, S.A., Sant Vicenç dels Horts

Impressió: Printer, Indústria Gràfica, S.A., Quatre Camins, s/n, 08620 Sant Vicenç dels Horts

ISBN 84-7739-555-1 (obra completa)

ISBN 84-7739-560-8 (volum 5)

Dipòsit Legal: B. 55.589-1993

Aquest volum ha estat imprès sobre paper ecològic MAGNOMATT CF (chlorine free)

5

Mediterrànies

**Josep M. Camarasa
Marcos del Castillo
Montserrat Comelles
Graham Drucker
Lluís Ferrés
Ramon Folch
Teresa Franquesa
Cristina Junyent
Juan Pablo Martínez-Rica
Àngels Puig
Jordi Ruiz
Adolf de Sostoa
Ramon Vallejo
Marta Vigo**

**Margarita Arianoutsou
John S. Beard
Josep Canadell
Santiago Lavín
Esteve Masagué
Louis Trabaud**

Equip d'autors i col·laboradors del volum 5

Margarita Arianoutsou
Professora del Departament d'Ecologia
de la Universitat d'Atenes

John S. Beard
Investigador del projecte
"Vegetation Survey of Western Australia"

Josep M. Camarasa
Membre del Comitè Espanyol
del Programa MAB/UNESCO

Josep Canadell
Professor d'Ecologia
de la Universitat Autònoma de Barcelona

Marcos del Castillo
Professor de Zoologia
de la Universitat de Barcelona

Montserrat Comelles
Llicenciada en Biologia
per la Universitat de Barcelona

Graham Drucker
Investigador del World Conservation Monitoring
Centre [Cambridge]

Lluís Ferrés
Doctor en Biologia
per la Universitat Autònoma de Barcelona

Ramon Folch
Secretari General del
Comitè Espanyol del Programa MAB/UNESCO

Teresa Franquesa
Doctora en Biologia
per la Universitat de Barcelona

Cristina Junyent
Llicenciada en Biologia
per la Universitat de Barcelona

Santiago Lavín
Professor de Patologia General Veterinària de la
Universitat Autònoma de Barcelona

Juan Pablo Martínez-Rica
Investigador Científic
de l'Institut Pirenaic de Ecologia, CSIC
[Saragossa]

Esteve Masagué
Associació d'Apicultors de Barcelona

Àngels Puig
Doctora en Biologia
per la Universitat de Barcelona

Jordi Ruiz
Direcció General del Medi Natural
de la Generalitat de Catalunya
[Barcelona]

Adolf de Sostoa
Professor de Zoologia de la Universitat de
Barcelona

Louis Trabaud
Director d'Investigació del
Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CNRS
[Montpeller]

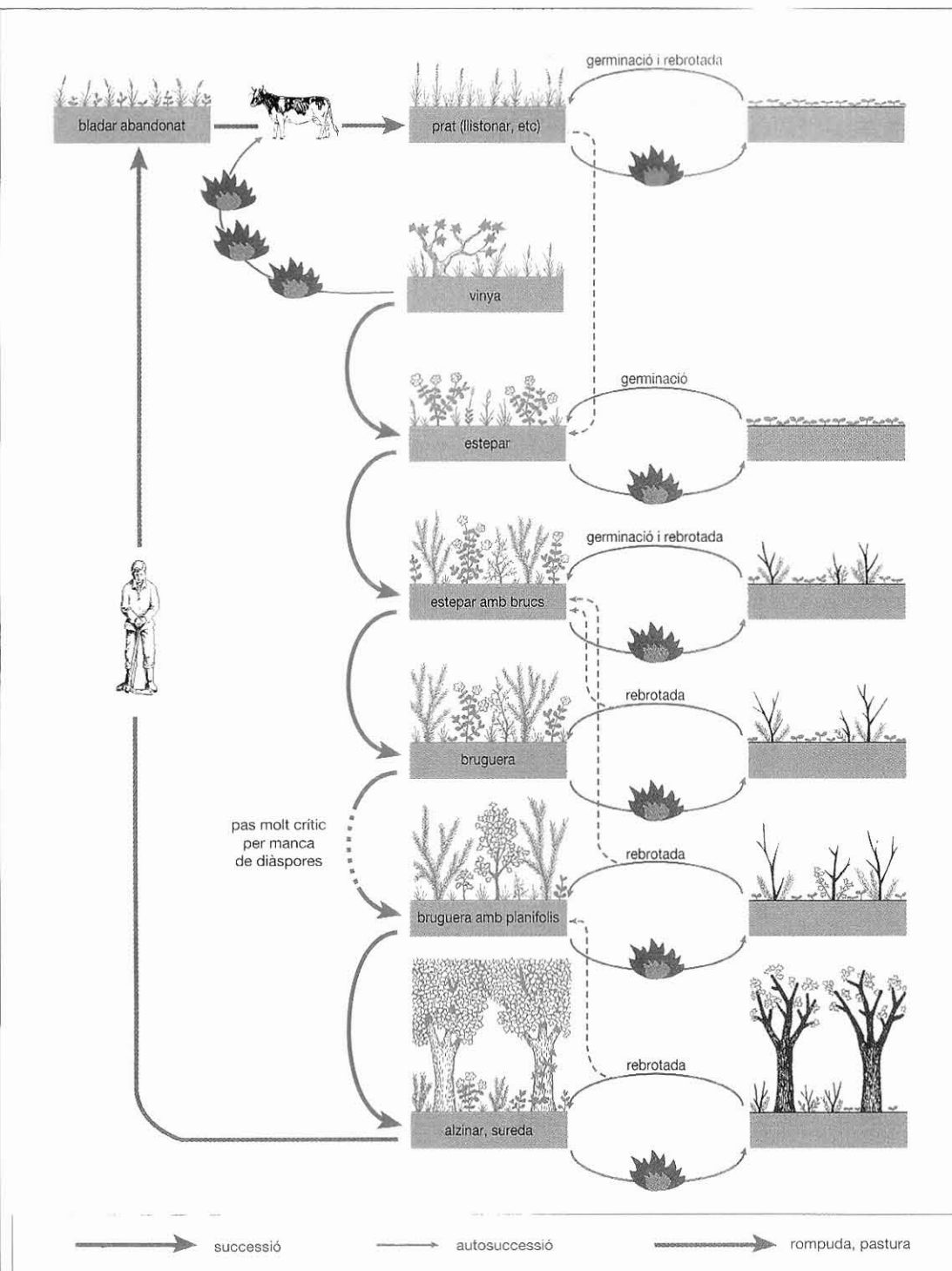
Ramon Vallejo
Professor de Biologia Vegetal
de la Universitat de Barcelona

Marta Vigo
Llicenciada en Biologia
per la Universitat de Barcelona

Equip Editorial

DIRECTOR: **Ramon Folch**, doctor en Biologia
DIRECTOR ADJUNT: **Josep M. Camarasa**, doctor en Biologia
CAP D'EDICIÓ: **Montserrat Comelles**, llicenciada en Biologia
REDACCIÓ EDITORIAL: **Cristina Junyent**, llicenciada en Biologia
IL·LUSTRACIÓ: **Rosa Carvajal**, llicenciada en Geografia, **Mikael Frölund**
ASSESSORAMENT LINGÜÍSTIC: **Jaume Bertranpetit**, **Francesco di Castri**
DISENY I PAQUETATGE: **Toni Miserachs**
SECRETARIA DE CENTRE: **Maria Miró**, **Mònica Díaz**

DIRECTOR EDITORIAL: **Jesús Giralt**
CAP D'EDICIÓ DE GRANS OBRES: **Josep M. Ferrer**
CAP DE PRODUCCIÓ: **Francesc Villaubí**
ASSESSORAMENT LINGÜÍSTIC: **Jordi Bruguera**, **Josep Torras**
CORRECCIÓ: **Pilar Serra**, **David Sánchez**



64 Models de successió de la vegetació després d'un incendi, al cap de Creus (NE de la Península Ibèrica). Si hom abandona una vinya —prèviament establerta, per exemple, en un espai forestal—, la successió restaura un bruguerar i fins i tot un bosc mediterrani, posat que hi hagi arbres llavorers a la rodalia; si bé l'escassetesa o la manca de llavors pot fer crític el pas de recuperació de la vegetació autòctona. Després d'un foc, per contra, sol restaurar-se la mateixa comunitat que hi havia abans de la cremada, i el fenomen s'anomena d'auto-successió.

[Dibuix: Jordi Corbera]

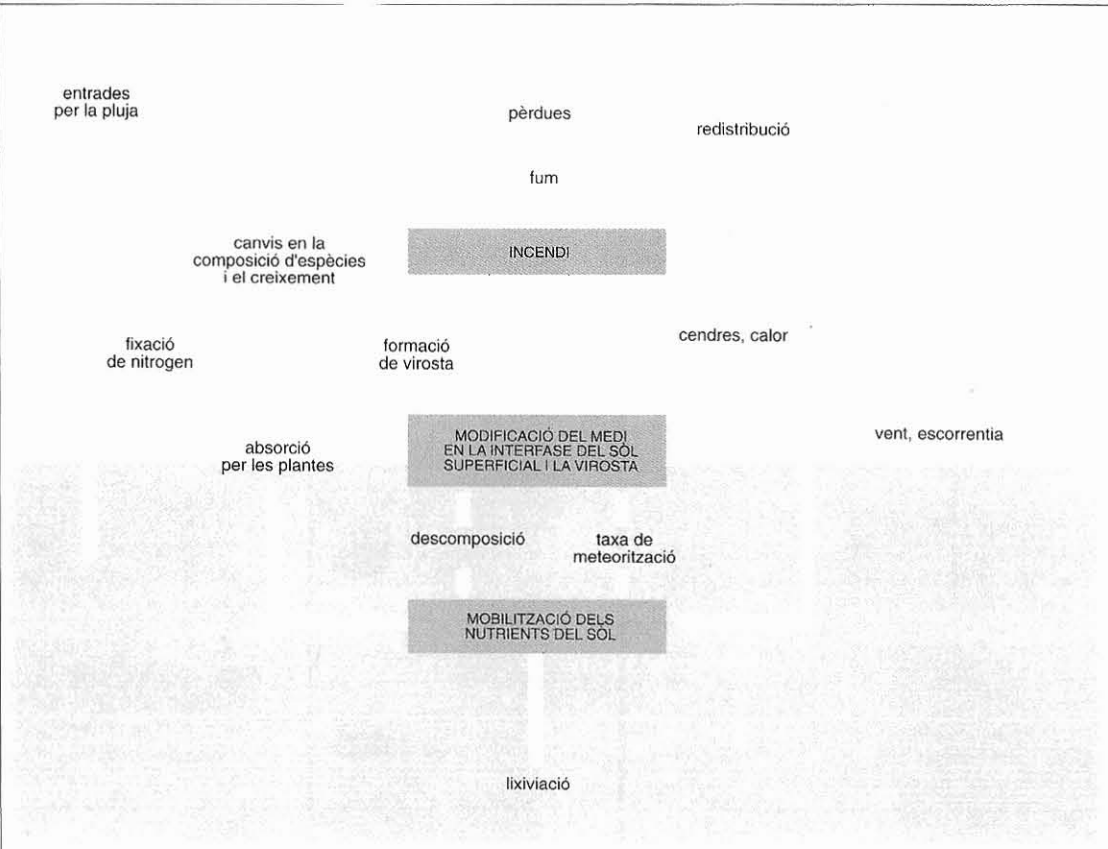
“chaparral” s’ha comprovat que l’erosió, que provoca la pèrdua d’un gruix de sòl de fins a 7 cm, es veu incrementada fins a vuit anys després de l’incendi. Aquest increment de l’erosió es deriva de la pèrdua de coberta vegetal i de la destrucció de l’estructura edàfica a causa de les altes temperatures, ja que en un incendi que assoleix en superfície els 100°C, els primers centímetres del sòl poden arribar a temperatures de 250°C, cosa que provoca una

destrucció de tota la matèria orgànica d’aquestes capes superficials, amb la consegüent pèrdua de coherència.

És interessant fer notar que el problema de la destrucció del sòl i de la pèrdua de nutrients associat als incendis es fa especialment greu quan la comunitat cremada és arbustiva, tal com succeeix molt sovint en el bioma mediterrani, ja que l’acumula-

65 El foc té efectes sobre el cicle dels nutrients, ja que mobilitza els que hi ha continguts en els vegetals vius i els diposita en forma de cendres on la mateixa contrada. Alguns d'aquests nutrients, però, es perden amb el fum del foc, i el fet que les cendres es dipositin sobre un sòl despulat de vegetació afavorix que la pluja o el vent posteriors a un incendi agreugin encara més la pèrdua de nutrients en ésser traslladats a altres ecosistemes, veïns o llunyans.

[Dibuix: Editrònica]



ció de biomassa prop del sòl fa que pugi molt la temperatura en els seus primers nivells. En un incendi de "chaparral" en què s'arriba a temperatures de prop de 1 000°C en les capçades, la superfície del sòl pateix temperatures de 700°C, mentre que en un incendi d'un bosc de coníferes, la mateixa temperatura en capçades més altes provoca un escalfament del sòl fins a 300°C, i en el cas d'un prat, amb menys massa de combustible, el sòl no s'escalfa més de 250°C. Aquestes elevades temperatures provoquen, a més, una volatilització de nutrients essencials com el nitrogen, tant de les primeres capes del sòl com de la biomassa, i donen lloc a un empobriment progressiu molt greu, ja que sovint es parteix de sòls marcadament pobres.

Evidentment, l'elevada freqüència d'incendis derivada de l'activitat humana accentua el problema de l'erosió i de l'empobriment edàfic, i treu efectivitat a algunes de les adaptacions abans esmentades. Les espècies amb capacitat per a rebrotar també pateixen els problemes derivats dels incendis recurrents, ja que cada soca pot rebrotar un nombre limitat de vegades. A més, sobre sòls magres i en condicions de secada forta, un percentatge molt elevat (fins al 50%) dels individus amb capacitat per a rebrotar moren després de l'incendi. El foc, un vell conegut del bioma mediterrani, ha esdevingut, de la mà dels humans, un important factor de degradació paisatgística, tal com serà analitzat

més endavant (vegeu també el capítol 4.2 d'aquest mateix volum).

El foc i el cicle dels nutrients

Els ecosistemes de les regions de clima mediterrani són considerats, generalment, ecosistemes amb pocs nutrients, si bé hi ha diferències en la quantitat de reserves del sòl entre les cinc àrees amb un clima de tipus mediterrani. Durant un incendi i després, el subsistema constituït per l'humus del sòl és directament i indirectament afectat per l'acció del foc. Com que la fertilitat del sòl és el factor crític, que controla l'estructura i la funció de les comunitats vegetals i dels ecosistemes en conjunt, és important comprendre clarament els efectes del foc en les reserves de nutrients.

Els nutrients són emmagatzemats en quantitats variables a la vegetació, a la capa d'humus i al sòl. Les reserves de nutrients de la vegetació depenen bàsicament de l'edat del bosc, la biomassa aèria i la concentració de nutrients; també són influïdes per la distribució relativa del fullatge en la biomassa, perquè les fulles generalment contenen més nutrients que els teixits llenyosos. Com més antic és un bosc, més abundant és el compartiment llenyós i més gran el risc d'incendi. Les reserves de nutrients de l'humus es troben a la capa on s'acumula



66 Sureda, o bosc de sureres (*Quercus suber*), destruïda per un incendi al cap de Creus (NE de la Península Ibèrica). Tanmateix, l'escorça de les sureres, densa i suberosa, permet als troncs de sobreviure al foc sense que el cambium, teixit meristemàtic molt delicat, en resulti danyat. En els incendis, les sureres acostumen a perdre les fulles però no el tronc ni el brancatge, i rebroten després a partir dels troncs: encara que costa de creure a la vista d'aquesta desolació, tornar a fer una capçada nova els pot costar no gaires anys.

[Foto: Teresa Franquesa]

el material orgànic mort, parcialment o totalment descompost. La composició elemental d'aquest material depèn de la forma de deposició de l'humus quan cau al sòl, de la velocitat d'acumulació i descomposició —fortament influïda per la composició química—, del volum del compartiment foliar comparat amb el llenyós i de les possibles pèrdues a causa de l'erosió i de la lixiviació. Les reserves de nutrients solubles en aigua (potassi, calci i magnesi) estan fortament influïdes pel cicle hidrològic. Finalment, les reserves de nutrients del sòl depenen del tipus de roca mare local, del patró climatològic, de l'edat del sòl i de la vegetació i, naturalment, dels factors antropogènics que actuen sobre el sòl. En general, els sòls dels ecosistemes mediterranis són deficientes en nutrients, especialment en nitrogen i fòsfor.

Els mecanismes pels quals el foc afecta les reserves i el cicle dels nutrients són bastant complicats. El foc mobilitza els nutrients incinerant la biomassa del bosc i la matèria orgànica de l'humus i del sòl, de manera que el resultat és la deposició de cendres. Hi ha alguns nutrients que es perden amb el fum del foc, i n'augmenta la pèrdua potencial per la pluja i/o l'acció del vent (lixiviació, escorrentia i acció eòlica). Alguns nutrients transferits a l'atmosfera es dipositen al mateix ecosistema, un cop el foc és extingit, mentre que els altres ho poden fer prop del lloc cremat o bé molt lluny.

A aquestes respostes abiòtiques caldria afegir els efectes produïts per processos biològics induïts o augmentats pel foc. En altres paraules, els efectes del foc en el cicle i en les reserves de nutrients depenen en gran manera dels processos específics de cada ecosistema, que impliquen interaccions entre les condicions climàtiques prevalents, la condició del sòl i la vegetació i les interferències humanes.

Els incendis de la vegetació tenen múltiples efectes en les reserves de nutrients del sistema sòl-plantas i, en conseqüència, en els cicles de nutrients dins de l'ecosistema. En general, el foc és considerat un ràpid descomponedor, perquè determina la majoria dels límits de nutrients de la biomassa del bosc o de l'humus disponibles per a les plantes. De tota manera, aquesta conseqüència ecològica actua a favor de l'ecosistema només sota certes condicions relativament ben definides d'interval normal entre incendis.

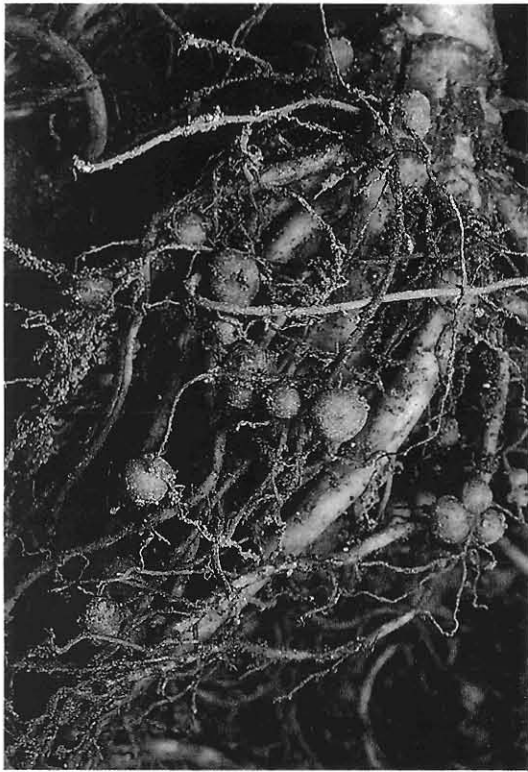
Sovint els incendis donen com a resultat un esgotament dels nutrients i una desertització de l'àrea cremada, pels efectes acumulatius sobre les reserves de nutrients. Però si l'interval natural entre incendis (considerat entre 25 i 30 anys per la majoria de científics) es manté, aquest risc ambiental pot ser considerat perfectament un agent que promou el rejuveniment i l'estabilització dels ecosistemes.

Els efectes sobre el nitrogen

Entre els nutrients més importants, el nitrogen mereix un tractament especial per les particulars propietats químiques i l'escassetat al sòl dels ecosistemes mediterranis. Per l'acció directa del foc, el nitrogen és en gran part volatilitzat per la potència calorífica durant un incendi. Es considera que de l'energia alliberada en forma de calor durant un incendi, només el 8% és absorbida i transferida a les capes del sòl. Les pèrdues potencials de nitrogen estan fortament relacionades amb les temperatures assolides durant un incendi. Quasi no hi ha pèrdues detectables a temperatures per sota dels 200°C, mentre que les pèrdues més grans observades es donen als 300-400°C (75-100%); per sobre dels 500°C es podrien perdre pràcticament totes les reserves de nitrogen de les plantes i l'humus. Les pèrdues de nitrogen del sòl depenen principalment del contingut d'humitat. L'aigua té una elevada capacitat calorífica i una elevada calor de vaporització, que impedeixen que el sòl s'escalfi a temperatures per sobre dels 100°C mentre l'aigua no està totalment evaporada o és transferida a capes més profundes. La textura del sòl també té un paper important en la transferència de calor durant un incendi.

Tot i que la major part del nitrogen es volatilitza durant un incendi, les formes disponibles d'aquest element es troben en més quantitat en els llocs cremats que en els que no ho estan, a causa de la ràpida descomposició i mineralització de l'humus i del subsegüent enriquiment del sòl després d'un incendi. En general, després d'un incendi es troben concentracions més elevades d'amoni-nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$), mentre que la velocitat de nitrificació augmenta remarcablement. Fins i tot si s'accepta que immediatament després d'un incendi la quantitat total de nitrogen es redueix, les condicions edàfiques després del foc afavoreixen i augmenten enormement l'activitat microbiana del sòl. La fixació de nitrogen per microorganismes de vida lliure és promoguda pel foc i es considera induïda pel canvi de pH del sòl cap a valors més neutres.

A més de la fixació de nitrogen per part dels microorganismes de vida lliure, hi ha proves que també es dona una fixació per part d'organismes simbiòtics. Això s'atribueix a la proliferació de plantes lleguminoses durant les etapes immediatament posteriors a l'incendi. La família de les lleguminoses —les fanerògames ecològicament més reeixides del món— és la primera en els matollars mediterranis pel que fa al nombre de gèneres (15 de cada 76, o el 19,7%), i constitueix aproximadament el 8% de la flora dels països de la conca mediterrània. De tota manera, aquest nombre pot ser subestimat, perquè s'hi inclouen alguns països que al costat del bioclima mediterrani en tenen d'altres.

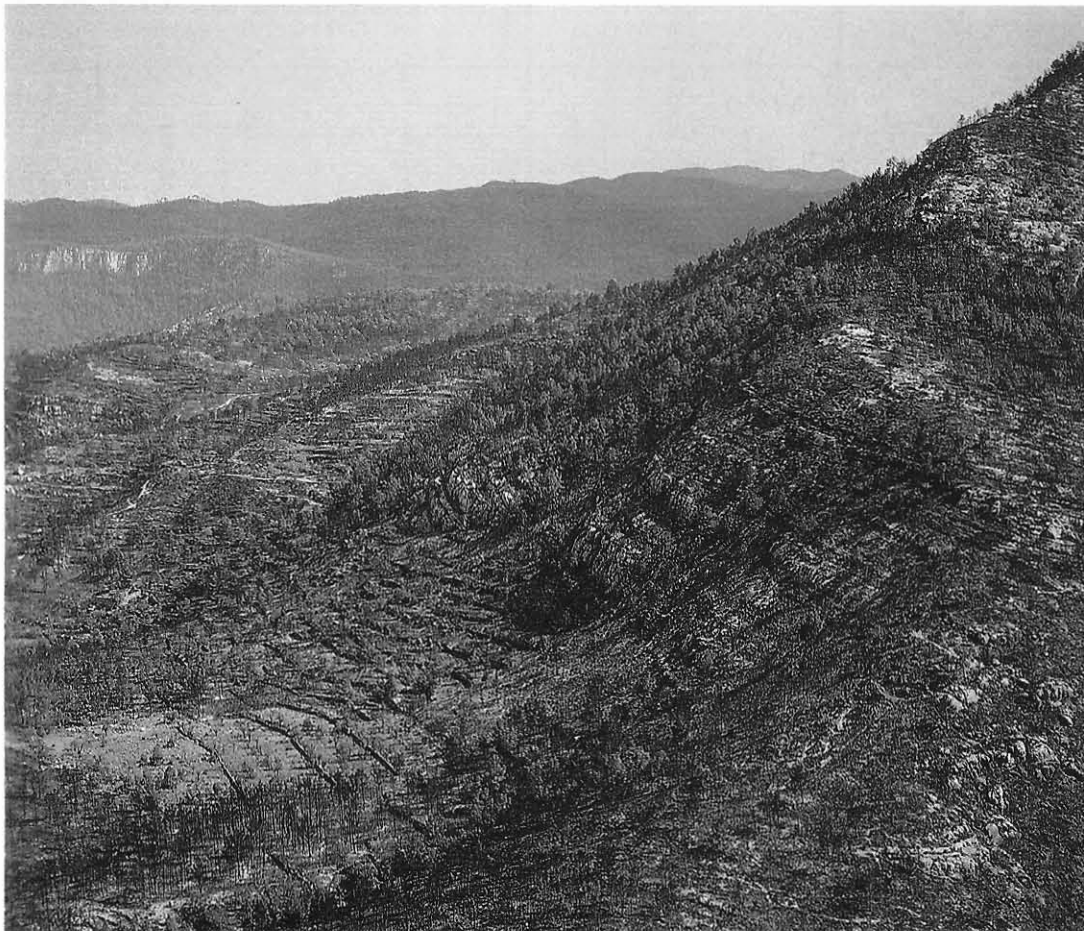


com per exemple Algèria, Síria, Egipte, o el nord de França. Els nombres relatius per a altres regions del món amb clima de tipus mediterrani varien entre el 3,8% i el 13,3%, per a Xile i el sud-oest d' Austràlia respectivament. Les lleguminoses han estat considerades un component important de les comunitats vegetals que prosperen després d'un incendi als ecosistemes mediterranis.

Segons la informació de què disposem fins ara, és evident que hi ha un enriquiment de les flors locals en lleguminoses. Aquest enriquiment pot ser lleuger, com és el cas del "chaparral" de Califòrnia, on la flora autòctona de lleguminoses augmenta només el 7,3%, o realment impressionant, com en llocs cremats de Grècia, on s'ha observat un augment superior al 50%, amb una gamma intermèdia de respostes. La proliferació de plantes lleguminoses a les àrees cremades només es dona durant les etapes immediatament posteriors a l'incendi. La majoria d'aquestes espècies són plantes anuals o, com a molt, biennals, que pertanyen als gèneres *Vicia*, *Lathyrus*, *Lotus*, *Medicago* i *Trifolium*, i que, gradualment, es van restringint en nombre d'espècies i en cobertura, formant un banc de llavors que espera el pròxim incendi. La fixació de nitrogen per les lleguminoses herbàcies de vida curta encara

67 Després dels incendis, les plantes amb nòduls fixadors de nitrogen a les arrels (simbiosi amb microorganismes) veuen afavorit el seu creixement respecte de les que no en presenten. *Rhizobium*, que és el bacteri formador dels nòduls d'aquesta mongetera (*Phaseolus multiflorus*), és el simbiont radical més comú en el cas de les lleguminoses.

[Foto: Adrian P. Davis / Bruce Coleman Limited]



68 Efecte d'un incendi en una pineda de Requena, al llevant de la Península Ibèrica, implantada sobre antigues feixes agrícoles abandonades. Moltes espècies d'arbres i arbusts mediterranis acumulen resines i essències volàtils fàcilment inflamables; sembla que aquesta propietat de ser inflamables va relacionada amb la possibilitat de ser més ràpids en la colonització del terreny aclarit amb el foc, per tenir escorces protectores, llavors piroresistents, etc. Després del foc, la vegetació rebrota i sota els pins socarrimats creixen de nou estepes, romansins, llentiscles i argelagues, entre altres, que recobreixen el terra malmès i el protegeixen de les escorrenties de la pluja.

[Foto: Jordi Vidal]

s'està investigant. De tota manera, la quantitat de nitrogen que retorna al subsistema del sòl en forma d'humus a punt de descompondre's hauria de ser considerada una font addicional important d'aquest element.

Els efectes sobre el fòsfor

Sembla que el fòsfor no resulta tan afectat pel foc; com a mínim tots els autors hi estan d'acord. Al contrari, les formes disponibles d'aquest element augmenten després d'un incendi, fet d'extrema importància si es té en compte que la vida del fòsfor al sòl dels ecosistemes mediterranis és molt curta.

Els efectes sobre els cations

Bé que s'han considerat algunes pèrdues de cations, la disponibilitat de la majoria s'incrementa immediatament després d'un incendi. En les cendres dipositades sobre el sòl cremat s'han mesurat quantitats relativament altes de potassi, calci i magnesi. Això no obstant, l'increment de la disponibilitat d'aquests cations, com el potassi, que són relativament més mòbils, es redueix en l'etapa de pre-foc de les àrees no cremades, possiblement a causa de la lixiviació. Molt sovint s'observa un canvi en el pH del sòl com a resultat dels cations alliberats a les cendres per la combustió de les plantes i de la matèria orgànica del sòl. L'ordre d'aquest canvi i el temps que dura són funció de diferents paràmetres, entre els quals tenen una importància cabdal el pH original, la quantitat de cendres produïdes, la composició química i el règim de precipitacions.

Els efectes sobre l'activitat microbiana del sòl

El canvi de pH del sòl després d'un incendi afecta directament o indirectament l'activitat microbiana. En les poblacions bacterianes, remarcablement activades, s'observa una resposta immediata. A molts llocs de la regió mediterrània s'ha descrit un augment de la velocitat d'amonificació i de nitrificació després d'un incendi. Els fongs sembla que inicialment queden afectats desfavorablement, perquè en general no es desenvolupen bé en pH àcids. Els processos de fixació de nitrogen per microorganismes de vida lliure i simbionts ja han estat descrits més amunt. Se sap molt poc sobre l'efecte del foc en els propàguls de les micorizes en les condicions edàfiques posteriors a un incendi. Se suposa que, com passa amb altres grups de fongs, els que formen associacions de micorizes resulten afectats negativament pel foc, sobretot a causa del canvi de pH cap a valors més àcids, però també a causa de l'increment de temperatura del sòl, que, de tota manera, rarament arriba a valors letals. Els mitjans emprats, la velocitat i el grau de recobriment de les associacions de micorizes de les arrels de la majoria de plantes de les regions mediterrànies són molt importants, perquè aconsegueixen

un paper bàsic en l'establiment i la supervivència de les plantes sota condicions edàfiques adverses, ja que actuen com a arrels especialitzades que es ramifiquen a través de grans volums de sòl i traspassen els nutrients a les plantes a una velocitat molt més gran que les arrels no micoritzades.

2.6 El cicle anual

L'activitat de la vegetació resulta condicionada per la variació que presenten al llarg de l'any els recursos que necessita, és a dir, la llum, l'aigua i els nutrients. Aquestes variacions estacionals donen lloc a una adaptació de l'activitat dels organismes, que poden utilitzar com a indicador directe el nivell d'un determinat recurs (per exemple, la humitat del sòl) o bé fer-ne servir un indicador indirecte (per exemple, la variació de durada del dia com a indicador de l'arribada del període fred o càlid). De tota manera, els organismes procuren desencadenar cada activitat en el moment en què poden disposar dels recursos necessaris. En el cas del clima mediterrani, hi ha una clara fluctuació estacional de la temperatura, de la humitat i de la disponibilitat de nutrients, que depèn directament de la disponibilitat d'aigua.

La temperatura presenta una fluctuació molt predecible i regular, i actua com a limitador per al creixement durant una part del període fred. La precipitació, en canvi, és poc regular i predecible, tot i que té tendència a acumular-se fora de l'estació càlida. La vegetació mediterrània, doncs, veu limitada la seva activitat per les relativament baixes temperatures hivernals i per la manca d'aigua i nutrients durant el període eixut, i concentra la seva activitat al llarg de la tardor i la primavera; els factors desencadenants són la disponibilitat d'aigua i la temperatura. Aquest esquema general admet, però, moltes matisacions, ja que les espècies han desenvolupat diferents mecanismes per fer front als mateixos problemes, cosa que permet l'activitat d'algunes quan d'altres romanen inactives.

Cal esmentar una clara diferència entre els comportaments generals de la vegetació en les zones de la conca mediterrània, Califòrnia i Xile, per una banda, i les d'Austràlia i Sud-àfrica per l'altra. Les primeres responen a l'esquema esmentat, i en les segones trobem un seguit d'adaptacions derivades de la marcada pobresa en nutrients de la majoria dels seus sòls. Això dóna lloc a una absorció i una acumulació de nutrients durant l'època més humida que són emprats per al creixement dels nous brots durant l'època càlida, o sigui, a ple estiu. Aquesta estratègia respon a la necessitat d'evitar la