



Javier Riera. *Making off Fire 2*, 2011. Fotografia sobre paper, mesures variables.

# INCENDIS NECESSARIS

## EL FOC EN ELS ECOSISTEMES TERRESTRES: ARA I SEMPRE

Juli G. Pausas

Perquè hi haja foc calen tres elements: ignició, oxigen i combustible. Tots tres són presents als ecosistemes terrestres, el que ha fet del foc un component més. Al Mediterrani aquesta adaptació de l'ecosistema al foc és evident, també per la mil·lenària presència humana.

Tradicionalment els incendis forestals s'han vist com un procés de destrucció dels nostres ecosistemes, com un desastre ecològic. Una visió negativa dels incendis que s'aprecia tant en persones del carrer com en molts professionals del medi ambient. La idea bàsica d'aquesta posició es fonamenta en el fet que els incendis són produïts pels humans i, per tant, en condicions «naturals» (sense humans) no hauria d'haver-n'hi. També es basa en les observacions de l'ecosistema just després que passe el foc («el desastre»), sense tenir una visió dinàmica i a mitjà o llarg termini. Tanmateix, cada vegada tenim més evidències que els incendis de la vegetació són processos naturals que han ocorregut a la natura des de fa milions d'anys, probablement des que van aparèixer les plantes terrestres. Durant la història de la vida els focs han contribuït a modelar la natura, les característiques de les plantes, l'estructura de les comunitats, la distribució dels biomes i la diversitat de les flors.

Certament, l'aparició dels humans ha generat canvis en els règims d'incendis en molts ecosistemes, tant incrementant-ne la freqüència (amb incendis provocats) o intensitat, com disminuint-la (amb l'extinció d'incendis produïts per causes naturals). Aquestes desviacions respecte als règims de foc històrics poden tenir conseqüències negatives per a la biodiversitat. Però, com veurem al llarg de l'article, aquest fet no vol dir, ni de bon tros, que els incendis no siguin un procés natural en els nostres ecosistemes o que siguin negatius per a la biodiversitat.

### ■ UN PASSAT QUE CREMA

Perquè hi haja foc calen tres components: ignició, oxigen i combustible. Al nostre planeta sempre hi ha hagut fonts

d'ignició (llamps, volcans, etc.). El combustible va aparèixer al Silúric (fa 450 milions d'anys) amb la colonització de la vida terrestre per les plantes, que són també la font d'oxigen de la biosfera. S'han trobat carbons fòssils que indiquen l'existència d'incendis des dels inicis de les plantes terrestres, i existeix una gran acumulació de carbons fòssils durant el Carbonífer (fa 359 milions d'anys). De fet, durant aquesta època la concentració d'oxigen va arribar a valors molt elevats (aproximadament al 31%, comparat amb el 21% actual), condició que conferia inflamabilitat a la vegetació en condicions d'humitat que actualment farien difícil que es cremaren.

Després, durant tota la història de la vida, el règim d'incendis ha anat variant, tant per canvis climàtics com per canvis en la fauna (consumidors de combustible) i, durant el darrer període de la història, per canvis relacionats amb la humanitat (canvis socioeconòmics, gestió dels ecosistemes, etc.). Però el que no hi ha dubte és que d'incendis

n'hi ha hagut sempre durant la història evolutiva de les plantes i, per tant, es pot esperar que moltes plantes hagen adquirit característiques i estratègies per poder viure en zones que s'incendien freqüentment. És més, actualment es pensa que l'explosió i dominància de les angiospermes durant el Cretaci (entre 145 i 65 milions d'anys) fou possible gràcies als focs recurrents.

El foc exerceix un impacte molt fort en les plantes, destrueix la majoria dels seus teixits aeris. El fet que existesca una llarga història d'incendis ha provocat que les plantes hagen hagut d'adoptar estratègies per sobreviure i reproduir-se després dels incendis. Els tàxons que han aconseguit adquirir característiques que els permeten regenerar-se millor després d'un foc que altres tàxons (per exemple, llavors o fruits més resis-

**«CADA VEGADA TENIM MÉS EVIDÈNCIES QUE ELS INCENDIS DE LA VEGETACIÓ SÓN PROCESSOS NATURALS QUE HAN OCORREGUT A LA NATURA DES DE FA MILIONS D'ANYS»**



© Artemi Cerdà / Universitat de València



Els ecosistemes mediterranis han après a conviure amb el foc. Dins del règim natural d'incendis, determinades espècies, com el margalló (*Chamaerops humilis*) de la imatge, han adoptat estratègies que els permeten sobreviure.

tents a la calor, etc.) incrementen la seua regeneració en condicions postincendi (on hi ha poca competència i molts recursos disponibles) i per tant augmenta la descendència, cosa que els permet dominar i desplaçar altres tàxons menys adaptats als focs (major eficiència biològica). Per tant, el foc actua com una pressió de selecció i correspon a un procés generador de biodiversitat. De fet, moltes de les zones mediterrànies, on els focs intensos de capçada són freqüents, corresponen a punts calents de biodiversitat (la conca mediterrània, Sud-àfrica, zones mediterrànies d' Austràlia), és a dir, amb una excepcional riquesa d'espècies.

De focs se'n donen en quasi tots els ecosistemes del món, perquè hi ha llamps (que sovint cauen en períodes secs) i biomassa combustible a quasi tot arreu. Fins i tot en zones àrides, com per exemple al centre d' Austràlia, els ecosistemes no es poden entendre sense considerar els focs. Aquesta gran importància dels focs al món fa dels incendis un dels processos més importants a l' hora d'entendre el cicles globals de  $\text{CO}_2$  i nutrients. La diferència principal és que el règim de focs varia entre ecosistemes. Per exemple, la zona on els incendis són més freqüents són les sabanes tropicals, on els intervals entre focs poden ser d'entre un i cinc anys. Aquesta elevada recurrència no permet que s'hi acumule molta biomassa combustible i fa que els incendis en aquests sistemes siguin d'intensitat baixa. En canvi, en les zones boreals, els incendis són poc freqüents –amb in-

tervals de desenes o centenars d'anys– però, quan es donen, assoleixen molta intensitat. En els ecosistemes mediterranis estem en una situació intermèdia, amb freqüències de poques desenes d'anys. És cert que els humans han incrementat les ignicions d'incendis, però també n'han reduït l'extensió a causa de la fragmentació del territori (agricultura i urbanisme) i a l'extinció. En gestionar els boscos, els humans també han modificat els tipus d'incendis. Per exemple, la prevenció i extinció de focs en zones típiques d'incendis de superfície ha reduït la freqüència d'incendis, però quan hi ha un incendi la intensitat és molt més elevada per la major acumulació de combustible.

#### ■ FLORA MEDITERRÀNIA ADAPTADA AL FOC

Les plantes que viuen en ambients amb incendis freqüents han adquirit, al llarg de l'evolució, una sèrie de característiques funcionals que els permeten persistir i reproduir-se en ambients amb incendis reiterats. Aquestes característiques, per tant, tenen un valor adaptatiu. En els ecosistemes mediterranis, siguen boscos o matollars, la majoria dels incendis són de capçada, és a dir, afecten tota la part aèria de les plantes. En aquests ambients, les principals característiques que s'han seleccionat són les relacionades amb la capacitat de rebrotar i la capacitat de reclutar nous individus després de l'incendi. En ecosistemes amb incendis de

## CONCEPTES BÀSICS

**Incendi forestal:** Foc no controlat en zones naturals en què el combustible és la vegetació (bosc, matollar, etc.).

**Ecologia del foc:** És una branca de l'ecologia (i per tant una ciència) que estudia la relació del foc amb els organismes i l'ambient, en les diferents escales espacials i temporals. Específicament, aquesta disciplina pretén entendre el paper del foc en l'evolució de les espècies i en l'estructura de les poblacions, les comunitats, els ecosistemes i els biomes. Es basa en els conceptes de l'ecologia i l'evolució de les espècies. S'utilitzen tant incendis naturals (per exemple, estudis de regeneració) com incendis experimentals.

**Règim d'incendis:** Conjunt de característiques dels incendis en una àrea o ecosistema determinat, especialment en referència a la freqüència (o interval entre incendis), intensitat, estacionalitat i tipus. De fet, les espècies no estan adaptades al foc en si, sinó a un particular règim d'incendis. Hi ha tres tipus principals d'incendis que determinen tres classes principals de règims de foc: incendis de capçada, incendis de superfície, i incendis de subsòl. En alguns casos n'hi ha d'intermedis (règims mixtos).

**Incendis de capçada (o de reemplaçament):** El foc afecta pràcticament tota la part aèria de les plantes. També s'anomena de reemplaçament perquè la regeneració reemplaça la vegetació (tot i que sovint les espècies són les mateixes). És el règim típic dels matolls mediterranis (brolles, garrigues, màquies) i dels boscos relativament densos (alzinars, pinedes de pi blanc, etc.). En els boscos boreals, els incendis també són de capçada, però amb freqüències més baixes i intensitats més elevades que en els ecosistemes me-

diterranis. En els ecosistemes amb incendis de capçada i freqüència relativament alta (matollars mediterranis), dominen espècies rebrotadores i espècies amb gran capacitat de reclutar després del foc.

**Incendis de superfície (o de sotabosc):** El foc afecta pràcticament només el sotabosc. Típicament són incendis poc intensos però molt freqüents. Es donen en boscos relativament oberts, com en les sabanes i en alguns boscos de coníferes de la muntanya mediterrània (boscos de pinassa, *Pinus nigra*). En aquests sistemes dominen arbres amb escorça gruixuda i sotabosc d'herbàcies rebrotadores.

**Incendis de subsòl:** No generen flames a la superfície, sinó que cremen el subsòl, es donen típicament en torberes. S'observen principalment en zones boreals, i són rars en condicions mediterrànies.

**Serotínia:** Capacitat de retenir les llavors a la capçada durant uns quants anys i d'alliberar-les després del foc per aprofitar les condicions postincendi (elevats recursos, baixa competència). El típic exemple d'espècie seròtina de la conca mediterrània és el pi blanc (*Pinus halepensis*), que reté pinyes tancades (pinyes seròtines) durant uns quants anys, que s'obren amb la calor dels incendis, de manera que després d'un incendi hi ha dispersió de moltes llavors i un elevat reclutament d'individus. Per tant, el pi blanc és una espècie adaptada al foc, almenys a règims de focs amb intervals entre foc de com a mínim l'edat de maduració dels pins (freqüències més elevades impedeixen la producció de llavors i per tant la regeneració del pi).

J. G. P.

superfície, les característiques que confereixen persistència són el gruix de l'escorça dels arbres i la capacitat de rebrotar del sotabosc. Actualment, els incendis de superfície són rars en la conca mediterrània, en part a causa de la política de prevenció i extinció d'incendis, que ha implicat importants acumulacions de biomassa. Aquestes acumulacions de biomassa permeten que els incendis passen fàcilment de la superfície a les capçades i que generen incendis més intensos.

La capacitat de rebrotar després que la planta haja estat completament afectada pel foc és una característica fonamental per a la persistència en ambients amb incendis freqüents. Aquest tret confereix persistència

no només a les poblacions, sinó també als individus, ja que una part de la planta (típicament la subterrània) no mor. No es tracta d'una característica exclusiva dels ecosistemes mediterranis ni tampoc dels ecosistemes amb incendis recurrents, sinó que s'observa fins i tot en moltes espècies que viuen en comunitats que rarament cremen (per exemple, selves tropicals plujoses, ecosistemes temperats freds, zones desèrtiques, etc.). La creença tradicional que els incendis són un factor relativament nou, juntament amb l'omnipresència de la capacitat de rebrot, ha contribuït a considerar el rebrot no com una adaptació al foc sinó com una adaptació a altres perturbacions freqüents durant la història (forts



© Artemi Cerdà / Universitat de València

vents, herbivoria, sequeres). No obstant això, el coneixement actual de la llarga història d'incendis a la Terra suggereix que el foc també ha contribuït a modelar el rebrot, almenys en alguns llinatges.

De fet, la capacitat de rebrotar és un tret bastant complex, ja que hi ha diferents mecanismes i cada un d'ells pot estar relacionat amb diferents pressions de selecció natural. Algunes espècies rebroten a partir de gemmes enfonsades i fortament protegides per l'escorça. La selecció d'aquest tret està relacionada amb la protecció davant les elevades temperatures produïdes pels incendis. Altres espècies rebroten a partir de tubercles basals lignificats (lignotubercles), estructures exclusives d'espècies d'ambients sotmesos a incendis recurrents. A més, moltes plantes rebrotadores emmagatzemen grans quantitats de substàncies de reserva en les arrels per poder regenerar ràpidament la biomassa aèria. Això representa un gran cost per a les plantes que sembla innecessari, almenys en plantes llenyoses, simplement com una adaptació a la herbivoria. La capacitat de rebrotar és un tret molt ancestral que s'observa en moltes espècies antigues (per exemple, en falgueres i coníferes primitives), encara que en alguns casos s'haja adquirit secundàriament (per exemple, en alguns pins), i coincideix en espècies que viuen en ambients amb incendis recurrents. Actualment s'estan realitzant estudis per intentar valorar de manera més precisa el paper del foc en l'evolució de la capacitat de rebrot, però no hi ha dubte que certs tipus de rebrot d'alguns llinatges són producte principalment de la història dels focs.

La capacitat de reclutar nous individus després d'un foc és una altra característica molt comuna en ambients mediterranis, que confereix persistència a les poblacions en ambients amb incendis recurrents. Aquesta capacitat es dona en plantes que acumulen un banc de llavors (al sòl o a la capçada) resistent a la calor del foc. De fet, el foc estimula el reclutament mitjançant diversos processos, segons les espècies: la calor trenca la dormició de les llavors (principalment en espècies amb llavors dures i impermeables); el fum estimula la germinació i el creixement de les plàntules (principalment en espècies amb llavors permeables); i la calor estimula la dispersió de les llavors (en espècies amb banc de llavors aeri, és a dir, espècies seròtines). Mitjançant aquests processos, les poblacions es restableixen ràpidament en els espais oberts generats pels incendis i, sovint, augmenten la mida poblacional respecte a les condicions prèvies a l'incendi.

Com que les poblacions que es cremen es veuen afavorides (deixen més descendència), moltes espècies han adquirit característiques que els confereixen elevada inflamabilitat. De fet, hi ha una correlació evolutiva entre la inflamabilitat i la capacitat de reclutar després dels



© Miguel Lorenzo



© Artemi Cerdà / Universitat de València



© Jorge Mataix-Solera

Tot i que els incendis formen part del cicle natural, l'acció de l'home ha pertorbat el règim d'incendis. Això pot tenir conseqüències negatives per a la biodiversitat.

**«LES PLANTES QUE VIUEN EN  
AMBIENTS AMB INCENDIS FREQUENTS  
HAN ADQUIRIT UNA SÈRIE DE  
CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS QUE  
ELS PERMETEN PERSISTIR I REPRODUIR-  
SE EN AQUESTS AMBIENTS»**



Entre tronc d'arbres ja difunts trobem pinotxa i pinyes. La primera protegirà el sòl, mentre que les segones duen les llavors de la nova vida vegetal que creixerà després del foc.

**«L'OBJECTIU DE LA GESTIÓ FORESTAL  
NO HAURIA DE SER ELIMINAR ELS  
INCENDIS, JA QUE ÉS PRÀCTICAMENT  
IMPOSSIBLE, SINÓ ASSUMIR CERTS RÈGIMS  
SOSTENIBLES D'INCENDIS I APRENDRE  
A CONVIURE-HI»**

incendis. Aquesta capacitat d'incorporar ràpidament i prolíficament nous individus després d'un incendi és pràcticament exclusiva dels ecosistemes mediterranis, i no hi ha dubte que s'ha adquirit gràcies a la pressió de selecció generada per focs recurrents. A més, el fet que els individus moren i ràpidament produeixen descendència els confereix una gran capacitat per a adquirir nous trets i, per tant, de diversificar, el que explica que molts dels punts calents de biodiversitat del món siguin zones amb incendis freqüents. A la conca mediterrània, la diversificació de molts llinatges pot estar certament lligada als focs recurrents, com podria ser el cas de les cistàcies i d'alguns llinatges de lleguminoses i labiades, entre altres. Aquesta relació entre diversitat i incendis és encara més evident en altres zones de clima mediterrani, com en els matolls de Sud-àfrica o d'Àustràlia.

En els ecosistemes mediterranis amb incendis de capçada, les plantes poden tenir un d'aquests dos mecanismes de regeneració després d'un foc (espècies rebrotadores i espècies germinadores o reclutadores) o tots dos simultàniament (espècies facultatives). Hi ha també espècies que no tenen cap d'aquests dos mecanismes de regeneració i les poblacions desapareixen després del foc. Algunes d'elles recolonitzen ràpidament (espècies amb elevada producció de llavors i mecanisme de dispersió eficient) i altres molt lentament. A la conca mediterrània, les capacitats de rebrotar i de reclutar presenten una correlació evolutiva negativa, és a dir, hi ha llinatges dominats per espècies rebrotadores (*Fagaceae* o *Rhamnaceae*) i llinatges dominats per espècies que recluten després d'incendi (*Cistaceae*), però són més rars els llinatges que tenen tant espècies rebrotadores com espècies germinadores (algunes *Ericaceae* i *Fabaceae*). De fet, en la conca mediterrània, la capacitat de reclutar després d'incendis és un tret que es va adquirir evolutivament més tard que la capacitat de rebrotar (que és un tret molt ancestral) i principalment es va adquirir en llinatges que no tenien capacitat de rebrotar.

En ecosistemes on els incendis són de superfície, dominen espècies d'arbres amb una escorça gruixuda que protegeix els teixits vitals de la calor dels incendis. Petites diferències en el gruix de l'escorça, especialment en la part basal del tronc, poden condicionar la supervivència de l'arbre enfront d'un incendi de superfície, i per tant se seleccionen individus amb escorces gruixudes. Així, s'observa que les espècies de pins que viuen en zones amb incendis de superfície tenen escorces molt més gruixudes que les espècies de pins que viuen en zones d'incendis de copa, on aquest tret no proporcionaria cap avantatge. Fins i tot dins de la mateixa espècie, poblacions que viuen en zones amb incendis de superfície tendeixen a tenir escorces més gruixudes que les poblacions amb in-

cendis de capçada. Un cas especial d'escorça gruixuda i aïllant és el de les sureres (*Quercus suber*). És difícil pensar en un escenari on se selecciona un material tan aïllant per a l'escorça d'un arbre, si no és per la presència d'incendis recurrents durant la història de l'espècie. Hi ha altres espècies, en llinatges molt distants entre ells, que tenen escorces gruixudes i fortament suberificades de manera semblant a la surera. Totes elles viuen en ambients amb focs freqüents en diverses parts del món (un cas clar de convergència evolutiva).

#### ■ ELS HUMANS EN UN MÓN INFLAMABLE

L'origen dels humans està fortament lligat al foc. *Homo erectus* va ser la primera espècie que va controlar el foc, i l'evolució a *Homo sapiens* va ser precisament afavorida pel foc. La ingestió de menjar cuinat augmentà la quantitat de proteïnes i carbohidrats de la dieta i la diversitat d'aliments i, per tant, els va conferir avantatge respecte a la resta d'homínids que no utilitzaven el foc. A més, el cuinar va forçar el desenvolupament d'habilitats socials típiques dels humans. Per exemple, es va passar de la recollida per al consum individual i immediat a la collita i posterior cuinat i consum col·lectiu. Això va portar al repartiment de tasques com ara recollir i emmagatzemar menjar, vigilar (i robar) el menjar emmagatzemat, cuinar, així com l'acte social de menjar i conversar al voltant del foc. Tot això va repercutir en l'evolució de característiques tant físiques (dents i mandíbules menors) com socials. El fet de cuinar va permetre allargar l'esperança de vida, no només per la major aportació d'aliments, sinó pel fet d'ingerir menjar tou, que va permetre allargar la vida més enllà de l'època en què la dentadura era dura i resistent. A més, prolongar l'esperança de vida més enllà de la vida reproductiva de les dones va permetre cuidar i reduir la mortalitat dels néts (l'anomenat «efecte àvia»), augmentant encara més l'eficàcia biològica dels humans gràcies a l'ús del foc. El foc també va ser d'extrema importància com a arma de defensa contra predadors i enemics, i va permetre colonitzar ambients freds quan van sortir d'Àfrica. Els homínids més primitius no sabien fer foc, de manera que el conservaven (i lluitaven per ell) com un tresor molt preuat. El moment en què van aprendre a fer foc encara està en discussió, però hi ha certes evi-

**«ACTUALMENT S'ESTAN REALITZANT ESTUDIS PER INTENTAR VALORAR DE MANERA MÉS PRECISA EL PAPER DEL FOC EN L'EVOLUCIÓ DE LA CAPACITAT DE REBROT, PERÒ NO HI HA DUBTE QUE CERTS TIPUS DE REBROT D'ALGUNS LLINATGES SÓN PRODUCTE PRINCIPALMENT DE LA HISTÒRIA DELS FOC»**

dències de restes de fogueres a l'est d'Àfrica de fa un milió i mig d'anys, i evidències més clares a l'Orient Mitjà de 800.000 anys d'antiguitat.

Un cop adquirit el control del foc, els humans van començar a utilitzar-lo per a moltes activitats. Així, sovint cremaven la vegetació per aconseguir brots tendres, caçar, generar pastures, lluitar entre poblats, etc. El desenvolupament de l'agricultura també es va veure afavorit per l'ús del foc. De fet, es creu que un dels motius pels quals l'agricultura va sorgir i es va expandir ràpidament a la Mediterrània va ser la facilitat de cremar (desforestar) aquests ambients. Les cremes practicades pels humans i la fragmentació del paisatge (i del combustible) a causa de l'expansió de l'agricultura i dels habitatges van fer que el règim d'incendis anara canviant durant la història, disminuint la freqüència

en alguns llocs, i augmentant-la en altres. Aquests increments de població i canvis d'ús del sòl es van donar durant l'Holocè, en paral·lel a l'increment de la sequera característica d'aquest període. És incert en quina mesura els canvis en el règim d'incendis són directament deguts a l'activitat humana o als canvis climàtics. Segurament tots dos factors van intervenir en el modelatge del règim de focs d'aquest període. Com serien els nostres paisatges i els incendis sense els humans és difícil de saber, si no impossible, perquè els incendis i els humans han coexistit durant un període llarg i han estat sotmesos a canvis

climàtics. Amb la industrialització i la modernització de la societat, en la conca mediterrània es va donar un canvi dràstic en el paisatge i en el règim d'incendis, sotmès fins llavors a una gran pressió agrícola i ramadera, i un ús intensiu de la muntanya. L'abandonament de l'agricultura i la ramaderia durant el final del segle xx va portar a un increment del combustible i de la continuïtat espacial d'aquest. La proliferació de plantacions d'arbres, especialment coníferes, i les polítiques de prevenció i extinció d'incendis van contribuir a l'increment de combustible inflamable. Aquest canvi dràstic, similar potser a extincions passades de grans herbívors, juntament amb l'increment d'ignicions inherent a l'increment de la densitat de població, i amanit amb un increment de la temperatura (a causa de l'efecte hivernacle) ha generat durant els darrers quaranta anys un augment de l'extensió i la freqüència d'incen-





Un exemple de recuperació natural després d'un incendi. Navaló, a la Serra d'Énguera, va patir un incendi el 2008. La imatge està presa dos anys després.

dis en molts dels nostres paisatges. Aquest increment s'ha produït malgrat l'increment paral·lel dels esforços de control i extinció de focs. En algunes zones, aquest increment té conseqüències per a la biodiversitat. Per exemple, el pi blanc és una espècie seròtina ben adaptada a incendis quan aquests es produeixen amb intervals suficients perquè els pins acumulin un bon banc de llavors. Freqüències massa elevades (per exemple, intervals menors de vint anys) impedeixen la persistència d'aquesta espècie. Un exemple clar que les espècies no estan adaptades al foc en general, sinó a certs règims de foc.

No hi ha cap dubte que hi ha certs règims d'incendis naturals i característics de certs ecosistemes, i que part de la diversitat dels nostres ecosistemes s'explica per l'existència reiterada i predictable d'incendis. No obstant això, també és cert que hi ha zones que estan patint règims d'incendis fora del rang natural i amb greus conseqüències ecològiques. L'objectiu de la gestió forestal no hauria de ser eliminar els incendis, ja que és

pràcticament impossible, a més de poc natural, sinó assumir certs règims sostenibles d'incendis i aprendre a conviure-hi. El repte de la nostra societat és saber gestionar el paisatge i els ecosistemes per reduir els perills que produeixen els incendis en vides i infraestructures, però generant règims ecològicament sostenibles. 🍅

#### BIBLIOGRAFIA

- BOND, W. J. i A. C. SCOTT, 2010. «Fire and the Spread of Flowering Plants in the Cretaceous». *New Phytol.*, 188: 1137-1150.
- BOND, W. J. i B. W. VAN WILGEN, 1996. *Fire and Plants*. Chapman & Hall. Londres.
- PAUSAS, J. G. i J. E. KEELEY, 2009. «A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life». *Bioscience*, 59: 593-601.
- PAUSAS, J. G. i R. VALLEJO, 2008. «Bases ecológicas para convivir con los incendios forestales en la región mediterránea. Decálogo». *Ecosistemas*, 17: 128-129.
- PAUSAS, J. G. i M. VERDÚ, 2005. «Plant Persistence Traits in Fire-prone Ecosystems of the Mediterranean Basin: a Phylogenetic Approach». *Oikos*, 109: 196-202.

**Juli G. Pausas.** Investigador del Centre d'Investigacions sobre Desertificació (CIDE), Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) – Universitat de València – Generalitat Valenciana.