

Canvis en el paisatge i dinàmica dels incendis forestals: Una perspectiva espaciotemporal al Pirineu occidental català (1993-2023)

Ariadne Sabater Zanen
Anna Badia Perpinyà

Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia

0009-0004-1396-6944; arisabater20@gmail.com

0000-0001-9660-9811; anna.badia@uab.cat



© de les autores

Recepció: març de 2026
Acceptació: abril de 2026
Publicació: juliol de 2026

Citació recomanada: SABATER ZANEN, Ariadne i BADIA PERPINYÀ, Anna (2026). «Canvis en el paisatge i dinàmica dels incendis forestals: Una perspectiva espaciotemporal al Pirineu occidental català (1993-2023)». *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 72(2), 341-371. <<https://doi.org/10.5565/rev/dag.1564>>

Resum

El foc al Pirineu ha estat històricament una eina de gestió, però els processos recents de canvi ambiental global, especialment el canvi climàtic i l'abandonament agroromader, han incrementat la predisposició del territori envers els incendis. Aquest article persegueix tres objectius: 1) caracteritzar la dinàmica dels incendis forestals al Pirineu occidental català (POCC) (1995-2023), 2) quantificar els canvis d'usos i cobertes del sòl (1993-2022) i 3) explorar com totes dues dinàmiques es relacionen en l'espai i el temps al POCC. En l'estudi realitzat s'hi utilitzen matrius de transició, registres històrics d'incendis i unitats de paisatge com a base territorial, aplicant-hi un enfocament espaciotemporal integrat amb anàlisi SIG. Els resultats mostren un patró d'incendis diferenciat respecte al conjunt de Catalunya, amb més estacionalitat hivernal i una marcada tendència a l'emboscament i a l'emmatollament entre 1.000 i 1.500 m, la qual cosa provoca que augmenti la continuïtat del combustible i la intensitat potencial del foc. Finalment, s'elabora un mapa de context territorial que integra canvis de cobertes, topografia i incidència històrica per identificar unitats de paisatge més favorables a l'afectació dels incendis. L'estudi aporta una diagnosi territorial útil per orientar estratègies de gestió preventiva i adaptativa.

Paraules clau: punts d'ignició; mapa d'usos i cobertes; matriu de transició; unitats de paisatge; emboscament i emmatollament

Resumen. *Cambios en el paisaje y dinámica de los incendios forestales: Una perspectiva espaciotemporal en el Pirineo occidental catalán (1993-2023)*

El fuego en el Pirineo ha sido históricamente una herramienta de gestión, pero los procesos recientes de cambio ambiental global, especialmente el cambio climático y el abandono agroganadero, han incrementado la predisposición del territorio respecto a los incendios. Este artículo persigue tres objetivos: 1) caracterizar la dinámica de los incendios forestales en el Pirineo occidental catalán (POCC) (1995-2023), 2) cuantificar los cambios de usos y cubiertas del suelo (1993-2022) y 3) explorar cómo ambas dinámicas se relacionan en el espacio y el tiempo en el POCC. En el estudio realizado se utilizan matrices de transición, registros históricos de incendios y unidades de paisaje como base territorial, aplicando un enfoque espaciotemporal integrado mediante análisis SIG. Los resultados muestran un patrón de incendios diferenciado respecto al conjunto de Cataluña, con mayor estacionalidad invernal y una marcada tendencia al emboscamiento y a la matorralización entre 1.000 y 1.500 m, lo que aumenta la continuidad del combustible y la intensidad potencial del fuego. Por último, se elabora un mapa de contexto territorial que integra cambios de cubiertas, topografía e incidencia histórica para identificar las unidades de paisaje más favorables a la afectación por incendios. El estudio aporta un diagnóstico territorial útil para orientar estrategias de gestión preventiva y adaptativa.

Palabras clave: puntos de ignición; mapa de usos y cubiertas del suelo; matriz de transición; unidades de paisaje; emboscamiento y matorralización

Résumé. *Évolutions du paysage et dynamique des incendies de forêt : Une perspective spatio-temporelle dans les Pyrénées catalanes occidentales (1993-2023)*

Dans les Pyrénées, le feu a historiquement constitué un outil de gestion, mais les processus récents de changement environnemental global, en particulier le changement climatique et l'abandon des activités agropastorales, ont accru la prédisposition du territoire aux incendies. Cet article poursuit trois objectifs : (i) caractériser la dynamique des incendies de forêt dans les Pyrénées catalanes occidentales (POCC) (1995-2023), (ii) quantifier les changements d'usages et de couvertures du sol (1993-2022) et (iii) examiner comment ces deux dynamiques s'articulent dans l'espace et dans le temps au sein du POCC. Nous mobilisons des matrices de transition, des registres historiques d'incendies et les unités de paysage comme cadre territorial, selon une approche spatio-temporelle intégrée s'appuyant sur l'analyse SIG. Les résultats mettent en évidence un profil d'incendies distinct à l'échelle de la Catalogne, avec une saisonnalité hivernale plus marquée et une tendance nette à la densification forestière et à l'embroussaillage entre 1 000 et 1 500 m, ce qui accroît la continuité du combustible et l'intensité potentielle du feu. Enfin, nous élaborons une carte de contexte territorial intégrant les changements de couverture, la topographie et l'incidence historique afin d'identifier les unités de paysage les plus exposées à l'affectation par les incendies. L'étude fournit un diagnostic territorial utile pour orienter des stratégies de gestion préventive et adaptative.

Mots-clés : points d'ignition ; carte d'occupation et d'utilisation des sols ; matrice de transition ; unités de paysage ; densification forestière et embroussaillage

Abstract. *Landscape changes and wildfire dynamics: a spatiotemporal perspective in the Western Catalan Pyrenees (1993-2023)*

Fire in the Pyrenees has historically functioned as a land management tool, but recent global environmental change processes, especially climate change and the abandonment of

agropastoral activities, have increased the territory's predisposition to wildfires. This article pursues three objectives: (i) to characterise wildfire dynamics in the Western Catalan Pyrenees (POCC) (1995-2023), (ii) to quantify land use and land cover changes (1993-2022), and (iii) to explore how both dynamics relate across space and time in the POCC. We use transition matrices, historical fire records, and landscape units as the territorial framework, applying an integrated spatiotemporal approach with GIS analysis. Results reveal a fire pattern that differs from the Catalonia-wide context, with greater winter seasonality and a marked trend toward forest densification and shrub encroachment between 1,000 and 1,500 m, which increases fuel continuity and the potential intensity of fire. Finally, we develop a territorial context map integrating land cover change, topography, and historical fire incidence to identify landscape units more prone to fire impact. The study provides a territorial diagnosis to support preventive and adaptive management strategies.

Keywords: ignition points; land use/land cover map; transition matrix; landscape units; forest densification/shrub encroachment

Sumari

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. Introducció | 4. Resultats i discussió |
| 2. Àrea d'estudi | 5. Conclusions |
| 3. Dades i mètodes | Referències bibliogràfiques |

1. Introducció

La probabilitat que es produeixi un incendi de grans dimensions i de conseqüències devastadores al Pirineu és baixa. Tanmateix, titulars com ara «Els Pirineus poden cremar sencers» (*El País*, 2019) o «Emergència climàtica: Els incendis del segle XXI podrien arrasar els Pirineus» (*Públic*, 2020) alerten sobre aquesta qüestió. A més a més, recollint declaracions de Marc Castellnou (inspector del cos de bombers de la Generalitat de Catalunya i cap del Grup d'Actuacions Forestals [GRAF]), s'adverteix sobre la possibilitat que s'hi produeixi un canvi de tendència. Més enllà d'aquests missatges alarmants que hi ha al darrere, històricament els Pirineus no han estat un entorn propici per als grans incendis forestals. Però el canvi climàtic i les modificacions en els usos i les cobertes del sòl (CUCS) han augmentat la preocupació sobre la vulnerabilitat que presenten actualment (Resco de Dios et al., 2021; Vicente-Serrano et al., 2000; Badia et al., 2014). Històricament, la presència i la intensitat dels incendis han estat condicionades per l'activitat humana, que ha actuat tant com a regulador com d'amplificador del risc (Scott, 2014). Actualment, ens trobem en una situació que es caracteritza per una coexistència paradoxal amb el que Stephen Pyne anomena *good fires*, *bad fires*, és a dir, focs gestionats, necessaris per mantenir ecosistemes resilents, en contraposició a grans cremes descontrolades, sovint alimentades per paisatges vulnerables i polítiques inadequades (Pyne, 2021). La desaparició dels focs tradicionals, associats a pràctiques agrícoles i ramaderes, ha donat pas a paisatges densament forestats, resultat de l'abandonament rural i la

successiva acumulació de biomassa, que incrementa la perillositat dels incendis. En zones on tradicionalment el foc s'havia considerat una eina de gestió, ara hi és percebut com una amenaça (Schröter et al., 2005; Bowman, 2009; Pechony i Shindell, 2010). Precisament l'acumulació de combustible és el factor determinant principal en l'aparició i el comportament dels incendis convectius, és a dir, més destructius i difícils de predir (Duane et al., 2015). En aquesta mateixa línia, Fernandes et al. (2016) mostren que, en els incendis extremament extensos del Mediterrani occidental, les grans superfícies cremades s'associen a una elevada disponibilitat de combustible i a condicions ambientals i meteorològiques desfavorables que en faciliten la propagació.

Al sud d'Europa, l'abandonament rural és un dels factors més importants que afecten el règim d'incendis i la dinàmica de la vegetació en els paisatges muntanyosos (Estoque et al., 2019). Les comunitats rurals han utilitzat tradicionalment el foc com a eina per gestionar el territori, l'exemple més clar és el desbrossament de terres per a pastures (Chas-Amil et al., 2015; Tedim et al., 2016). Tanmateix, la societat continua percebent el foc com una amenaça, més que no pas com un procés ecològic, cosa que n'ha reforçat les polítiques d'exclusió i de supressió. La creixent inversió en l'extinció d'incendis, en detriment de la prevenció, ha contribuït paradoxalment a l'acumulació de combustible (Moreira et al., 2020; Regos et al., 2023), i d'aquí que es parli de la paradoxa de l'extinció, segons la qual som tan eficients apagant focs petits en condicions moderades que s'impedeix que el foc faci la seva funció ecològica natural, reduir el combustible i trencar la continuïtat del paisatge. L'èxit reiterat de l'extinció afavoreix que el combustible s'acumuli fins a nivells crítics, de manera que, quan coincideixen condicions meteorològiques adverses, es poden generar incendis molt més intensos i difícils de controlar. Així, els sistemes d'extinció eficients a curt termini poden, involuntàriament, incrementar la probabilitat que es produeixin grans cremes forestals en episodis climàtics severos (Minnich, 1983; Piñol, 2004; Castellnou et al., 2010; Costa et al., 2011; Plana, 2011). Integrar la gestió adaptativa del foc en els plans de conservació (mitigació i adaptació) implica superar un model basat gairebé només en la supressió reactiva de la ignició (Moreira et al., 2020). És en aquest context que ha aparegut el concepte de Pirocè (Pyne, 2021) per referir-se a una era en què convivim amb un excés de *bad fires* i una escassetat de *good fires*. Els *good fires* representen els focus controlats, sovint vinculats a pràctiques tradicionals i ecologia del paisatge, que mantenen l'equilibri i la salut dels ecosistemes. En canvi, els *bad fires* són grans incendis dominants, sovint alimentats per la manca de gestió del territori i l'acumulació de combustible, que trenquen la resiliència natural i humana (Pyne, 2021). Al Pirineu, les pràctiques tradicionals d'ús del foc han representat històricament un factor clau en la configuració i el manteniment dels paisatges pastorals (Coughlan, 2014; Métaillé et al., 2020).

Al Pirineu, des de mitjan segle xx, hi ha hagut un abandonament generalitzat de terres agrícoles i una disminució de la pressió ramadera, fet que ha comportat l'expansió d'arbustos i boscos en àrees prèviament cultivades i pas-

turades (García-Ruiz et al., 2010, 2015; Vacquie et al., 2015). Aquest procés de reforestació ha afavorit un augment de la biomassa i de la continuïtat del combustible, fet que incrementa la probabilitat de l'aparició d'incendis potencialment més intensos (Viedma et al., 2006).

Integrar diversos indicadors relacionats amb els incendis forestals per orientar la presa de decisions en qüestions relacionades amb la prevenció requereix una reflexió prèvia sobre el concepte que es vol analitzar. Termes com ara *risc*, *perill* o *vulnerabilitat* tenen un significat tècnic específic i impliquen considerar un conjunt ampli de variables que excedeix l'abast d'aquest estudi. El risc combina la probabilitat d'ocurrència amb la magnitud de les conseqüències; el perill fa referència a la probabilitat i a la intensitat d'un fenomen, i la vulnerabilitat no és només una propietat física del territori, sinó també una condició dinàmica que depèn de la interacció entre factors biofísics i socioeconòmics, ja que l'entenem com el potencial de dany o pèrdua influït per l'exposició, la sensibilitat i la capacitat adaptativa de l'ecosistema als efectes del foc (Tagarev i Papadopoulos, 2020; Chuvieco et al., 2023; Martino et al., 2025). L'anàlisi conjunta de la distribució espacial dels incendis forestals i dels canvis en els usos i les cobertes del sòl és fonamental per entendre la vulnerabilitat del territori i per dissenyar estratègies de gestió més efectives. Esdevé una eina clau per anticipar la vulnerabilitat del territori i orientar així una gestió territorial més resilient davant del context actual de canvi ambiental global.

En aquest article s'hi analitza l'ocurrència dels incendis i els canvis d'usos i cobertes del sòl (CUCS) al Pirineu occidental català (POCC). Per fer-ho, ens preguntem:

- La dinàmica dels incendis al POCC difereix del patró general de Catalunya, emprat com a marc de referència?
- Com han canviat els usos i les cobertes del sòl (1993-2022) al POCC i quines implicacions tenen aquests canvis sobre la continuïtat del combustible i el context territorial associat als incendis?
- Quines unitats de paisatge presenten un context territorial més favorable a l'afectació d'incendis, segons la síntesi de variables estructurals (incidència històrica, topografia i canvis de coberta)?

Per respondre aquestes qüestions ens plantegem els objectius següents: caracteritzar la dinàmica dels incendis (1995-2023) al POCC —freqüència, estacionalitat, causes i superfície cremada— i contextualitzar-la respecte al patró general de Catalunya; cartografiar i quantificar els canvis d'usos i cobertes del sòl (1993-2022) mitjançant matrius de transició, amb una atenció especial a l'emboscament i a l'emmatollament; caracteritzar les unitats de paisatge combinant-hi incidència d'incendis, topografia i dinàmiques de canvi de coberta, i elaborar un mapa de context territorial favorable a l'afectació d'ignicions com a eina de prioritització.

L'ús de variables com ara l'ocurrència històrica d'incendis, els canvis en els usos i les cobertes del sòl, les característiques topogràfiques i les unitats de

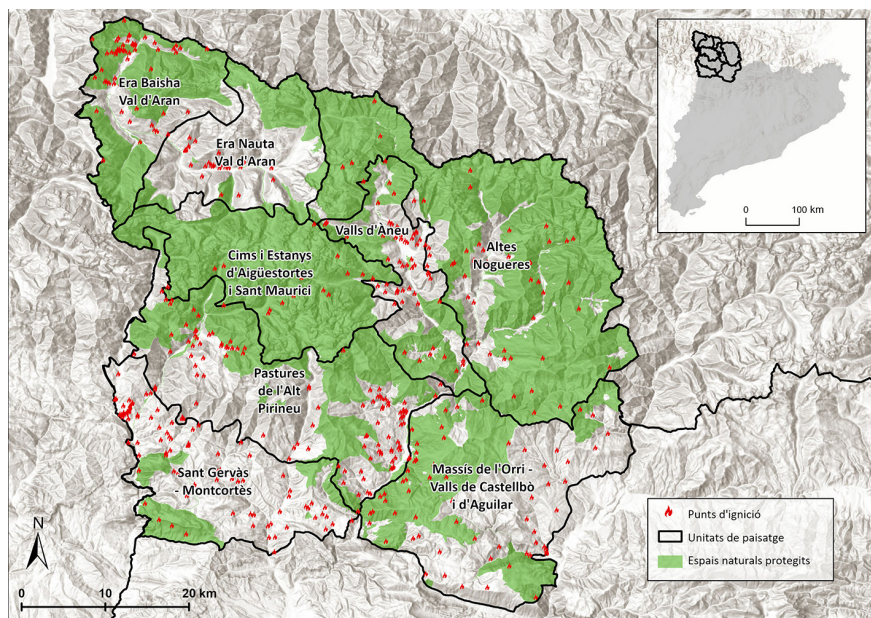
paisatge permeten descriure les condicions territorials que poden influir en la dinàmica de les cremes. Tanmateix, amb aquest conjunt d'indicadors no n'hi ha prou per realitzar una avaluació completa del risc ni de la vulnerabilitat, ja que aquests conceptes requereixen incorporar unes altres dimensions, com ara factors socioeconòmics, climàtics i de capacitat de resposta (Duane et al., 2015; Costa et al., 2020; Chuvieco et al., 2023). Per aquest motiu, s'opta per la denominació *mapa de context territorial*, que reflecteix la intenció d'oferir una visió integrada dels factors físics i paisatgístics associats als incendis. Aquest enfocament evita confusions conceptuals i proporciona una base sòlida per a futures anàlisis més complexes que incorporin dimensions socials, econòmiques i climàtiques. A més, la integració d'aquestes variables en un únic mapa permet identificar patrons espacials i unitats de paisatge amb condicions potencialment més favorables a la propagació del foc, constituint així una eina útil per a la planificació territorial i la gestió preventiva.

2. Àrea d'estudi

En aquest estudi, el Pirineu occidental català (POCC) (figura 1) no s'estableix a partir de límits administratius, sinó que es defineix com una delimitació funcional basada en les unitats de paisatge definides per l'Observatori del Paisatge de Catalunya. Aquesta aproximació permet analitzar el territori a partir de la combinació d'elements naturals, culturals i simbòlics que configuren un caràcter propi, diferenciat de la resta, i socialment reconegut com a tal per la població (Observatori del Paisatge de Catalunya, 2026). Per aquest motiu, l'anàlisi s'ha dut a terme a escala de les unitats de paisatge (UP), que constitueixen no només un àmbit de descripció, sinó també un marc rellevant per a la gestió, l'ordenació i la intervenció territorial (Observatori del Paisatge de Catalunya, 2025).

L'elecció del Pirineu occidental català (POCC) com a àrea d'estudi respon a la necessitat d'analitzar un territori que es troba en un punt d'inflexió. Tot i que històricament aquesta regió no s'ha caracteritzat per patir grans incendis forestals, l'escenari actual de canvi ambiental global pot incrementar-ne la susceptibilitat, tant per l'evolució de les condicions climàtiques i meteorològiques com per les transformacions socioeconòmiques. En el present treball ens centrem en aquesta segona dimensió: l'abandonament progressiu dels sistemes agroramaders i la reducció de la gestió tradicional del mosaic que han afavorit processos d'emboscament i emmatollament, la qual cosa ha augmentat la biomassa i la continuïtat del combustible. Aquestes dinàmiques no determinen necessàriament el lloc d'origen de les ignicions, però sí que en poden condicionar la capacitat de propagació i, en conseqüència, l'afectació potencial (superfície cremada) dels incendis un cop iniciats. L'àrea d'estudi, situada al nord-est de Catalunya, té una extensió aproximada de 3.000 km², la qual cosa representa el 10% de la superfície total del territori català. Presenta un rang altitudinal que oscil·la entre els 1.000 i els 3.000 m i amb un 57% de la superfície sota alguna figura de protecció.

Figura 1. Àrea d'estudi



Font: elaboració pròpia a partir de la Generalitat de Catalunya i d'ESRI.

Les UP de l'àmbit d'estudi són les següents: Era Baisha Val d'Aran, Era Nauta Val d'Aran, Cims i Estanys d'Aiguestortes i Sant Maurici, Altes Nogueres, Valls d'Àneu, Massís de l'Orri - Valls de Castellbò i d'Aguilar, Pastures de l'Alt Pirineu i Sant Gervàs - Montcortès, que comprenen íntegrament les comarques de la Val d'Aran, l'Alta Ribagorça, el Pallars Sobirà i parcialment les del Pallars Jussà i l'Alt Urgell.

3. Dades i mètodes

Per tal d'analitzar l'ocurrència dels incendis entre 1995 i 2023, com també els canvis d'usos i cobertes del sòl en tres moments temporals (1993, 2009 i 2022) al POCC, s'han utilitzat bases de dades espacials i alfanumèriques de procedències diferents.

- *UP*. Per tal de delimitar-ne l'àmbit, les UP han estat la base territorial per fer-ne l'anàlisi, amb l'objectiu de superar les limitacions de les demarcacions administratives (com ara els municipis o les comarques) i reflectir millor les característiques del territori. Aquesta base es descarrega de forma lliure al Departament de Territori (2026), Habitatge i Transició Ecològica de la Generalitat de Catalunya.

- *Històric d'incendis*. Es va emprar la base de dades procedent del Servei de Planificació per a la Prevenció d'Incendis Forestals, Direcció General de Boscos i Gestió del Medi, del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya, sota demanda al mateix servei. La base es va subministrar en format XLSX i contenia la informació següent: identificador, data, comarca, municipi, paratge, hora d'inici, coordenada x , coordenada y , causa i superfície cremada (ha arbrades, ha no arbrades, ha forestal i ha total). A partir d'aquesta informació, es van generar gràfics comparatius per identificar diferències de les dinàmiques d'incendis entre el POCC i el conjunt del territori català.
- *Cobertes i usos del sòl*. Es van utilitzar els mapes de cobertes del sòl de l'any 1993 (CREAF, 24 categories, resolució 2 m) i els mapes del 2009 i del 2022 (ICGC, 41 categories, resolució 1 m). El mapa del 2009, originàriament del CREALF, va ser harmonitzat per l'ICGC, amb la qual cosa es van reduir les 241 categories originals a 41, per fer-lo comparable amb el mapa de 2022. A fi de garantir-ne la comparabilitat, es va realitzar una reclassificació: en primer lloc, les 41 categories dels mapes de 2009 i 2022 es van adaptar a les 24 categories del mapa de 1993; posteriorment, es va generar una llegenda simplificada de set categories per facilitar-ne l'anàlisi, amb atenció especial als prats i als herbassars, als matollars, a les masses boscoses i als conreus.
- *Model digital d'elevacions (MDE)*. S'hi va incorporar el MDE de l'ICGC (resolució 5 m) i els seus derivats per caracteritzar les UP i els incendis en relació amb la topografia.

Totes les operacions de geoprocessament, és a dir, totes aquelles relacionades amb la manipulació i l'anàlisi de les diferents capes, es van realitzar mitjançant els sistemes d'informació geogràfica (SIG) QGIS i ArcGis Pro. Les funcions aplicades principals incloïen:

- Retalls i mosaic de capes per delimitar-ne l'àrea d'estudi.
- Ajust de resolució per harmonitzar-ne les fonts cartogràfiques.
- Reclassificació i simplificació de llegendes per fer-ne l'anàlisi comparativa.
- Càlcul de matriu de canvis (transicions de bosc a matollar; de matollar a bosc; de bosc a prats i herbassars, i de prats i herbassars a matollar).
- Combinació analítica de capes per identificar-hi zones amb canvis d'ús i coberta i la relació amb la distribució espacial dels incendis.
- Combinació analítica de canvis per caracteritzar els incendis i les UP.

L'anàlisi es va estructurar en quatre fases:

- Estadístiques bàsiques dels incendis del POCC i comparació amb el conjunt de Catalunya.
- Quantificació dels canvis d'usos i cobertes del sòl i relació amb els incendis ocorreguts.
- Caracterització de les UP segons el nombre d'incendis i els CUCS.
- Elaboració d'un mapa del context territorial favorable als incendis.

Aquesta aproximació permet identificar patrons territorials i UP més vulnerables als incendis en funció dels canvis recents. És a partir d'aquestes quatre fases que se n'ha estructurat l'anàlisi dels resultats i la discussió.

L'elaboració del mapa de context territorial és una primera aproximació útil, metodològicament acurada i prou informativa per orientar la identificació i la prioritització d'unitats sensibles. S'ha elaborat a partir d'una matriu, les files de la qual contenen les UP, i les columnes, les variables que caracteritzen aquestes unitats. A partir d'aquí s'assignen diferents pesos, en una escala d'1 a 4, a cadascuna de les variables. Els pesos es detallen a la taula 1, essent 4 el valor amb més predisposició a la recurrència d'incendis sobre el territori.

Taula 1. Definició dels pesos per al mapa de context territorial. Probabilitat d'afectació d'incendis

Probabilitat	Pes
Baixa: territoris poc favorables a incendis.	1
Moderada: territoris amb condicions moderades.	2
Alta: territoris favorables a incendis.	3
Molt alta: territoris molt favorables a incendis.	4

Font: elaboració pròpia.

El mapa de context territorial busca representar exclusivament la predisposició estructural del territori davant dels incendis. Per aquest motiu, com a indicadors del context territorial, s'hi inclouen variables físiques i de canvi d'usos amb estabilitat temporal i consistència cartogràfica a l'escala d'anàlisi: nombre d'incendis, superfície cremada acumulada, altitud, pendent, percentatge d'emboscament i percentatge d'emmatollament. Se n'exclouen variables meteorològiques i d'estrès de la vegetació, ja que descriuen condicionants dinàmics i estacionals d'episodi (fortament variables interanualment). Amb això es reforça la replicabilitat del mapa com a base territorial. En aplicacions operatives, aquest mapa pot (i ha de) creuar-se amb capes climàtiques i d'humitat de combustible per avaluar el risc conjuntural. Els intervals de classificació de les variables s'han definit amb la finalitat d'obtenir-ne classes equilibrades. S'ha prioritzat una aproximació basada en la detecció de llindars naturals en la distribució de les dades, similar al mètode de Natural Breaks (Esri Support, 2025), tot evitant tant la fragmentació excessiva com la concentració de valors extrems en una sola classe.

- *Nombre d'incendis.* El nombre d'incendis registrats per unitat de paisatge és un indicador de la recurrència històrica d'ignicions i, per tant, de la predisposició relativa del territori a experimentar episodis de foc. Per classificar-la en quatre nivells, s'han establert els intervals següents: menys de 25 incendis (essent territoris poc favorables a la recurrència d'incendis); entre 25 i 50 incendis; entre 50 i 70 incendis, i més de 75 incendis.
- *Superfície cremada.* El nombre d'hectàrees cremades totals ens diferencia territoris que resulten més o menys òptims en referència a la propagació i a

- la magnitud dels incendis. Els intervals definits són els següents: < 500 ha; entre 500 i 1.500 ha; entre 1.500 i 3.000 ha, i > 3.000 ha.
- *Altitud.* L'altitud mitjana per unitat del paisatge s'ha considerat una variable que condiciona el règim d'incendis a través de la seva influència indirecta en la temperatura, la precipitació, la durada de la neu i la pressió antròpica (Pepin et al., 2025). Tot i que les zones més elevades mostren una freqüència més baixa d'incendis, són considerades especialment problemàtiques a causa de la difícil accessibilitat que presenten, la complexitat topogràfica, el procés d'emmatollament i d'emboscament i, per tant, la limitació operativa en l'extinció d'aquests incendis. Així doncs, en aquests punts més elevats la probabilitat d'afectació d'incendis resultarà ser més crítica. Els intervals definits són: < 1.000 (probabilitat molt alta); entre 1.200 i 1.500 (probabilitat alta); entre 1.500 i 2.000 (probabilitat moderada), i > 2.000 (probabilitat alta).
 - *Pendent.* El pendent (mitjà per unitat del paisatge) no actua com a factor causal directe del foc, sinó com a element estructural que condiciona els processos previs de transformació del paisatge (Vacquie et al., 2015). Així mateix, els pendents més suaus són més probables als canvis d'usos i cobertes del sòl i, per tant, més favorables a l'aparició d'incendis. Tanmateix, els pendents pronunciats faciliten més la propagació del foc, per la qual cosa la probabilitat d'afectació d'incendis també hauria de ser elevada. En aquest estudi han prevalgut els intervals següents: < 20° (probabilitat alta); entre 20° i 25° (probabilitat moderada); entre 25° i 30° (probabilitat baixa), i > 30° (probabilitat alta).
 - *Percentatge d'emboscament.* Les UP que han experimentat més canvis en els usos i les cobertes del sòl, especialment aquells referents a les transicions cap a una massa boscosa, mostren més predisposició envers la recurrència d'incendis forestals, ja que són susceptibles de presentar inflamabilitat (Parente et al., 2023). En aquest context, el grau d'emboscament s'ha quantificat segons el percentatge de superfície de cada unitat del paisatge que hagi evolucionat cap a bosc sobre la totalitat de la superfície de la unitat: < 5% de canvi; entre 5% i 7%; entre 7% i 10%, i > 10%.
 - *Percentatge d'emmatollament.* Les UP que han experimentat més canvis pel que fa a l'ús i la coberta del sòl, especialment aquelles referents a les transicions cap a una massa arbustiva, mostren més predisposició envers la recurrència d'incendis forestals, ja que són susceptibles de presentar inflamabilitat. En aquest context, el nivell d'emmatollament s'ha quantificat segons el percentatge de superfície de cada unitat del paisatge que ha evolucionat cap a matoll sobre la totalitat de la superfície de la unitat: < 5% de canvi; entre 5% i 7%; entre 7% i 10%, i > 10%.

La taula 2 recull, per a cada unitat del paisatge, els valors de les variables utilitzades per construir el mapa de context territorial favorable a l'afectació d'incendis. A partir d'aquests valors, la taula 3 presenta els intervals de classificació definits per a cada variable i la seva correspondència amb els pesos establerts a la taula 1.

Taula 2. Característiques de les UP segons les variables territorials definides

Unitats de paisatge	Nombre d'incendis	Hectàrees cremades	Altitud mitjana	Pendent mitjà (°)	Percentatge d'emboscament	Percentatge d'emmatollament
Altes Nogueres	53	1.859,1	1.706,8	26,6	7,6	7,0
Cims i Estanys d'Aigüestortes i Sant Maurici	20	76,6	2.142,1	31,5	4,0	2,8
Era Baisha Val d'Aran	58	4.117,2	1.191,7	30,6	6,1	6,2
Era Nauta Val d'Aran	27	1.976,7	1.429,9	27,7	5,9	8,7
Massís de l'Orri-Valls de Castellbò i d'Aguilar	63	614,6	1.296,1	22,1	11,0	5,1
Pastures de l'Alt Pirineu	112	2.166,6	1.332,5	24,4	6,0	7,7
Sant Gervàs-Montcortès	87	869,8	1.087,3	19,1	10,6	7,4
Valls d'Àneu	55	581,7	1.312,6	27,7	7,3	6,5

Font: elaboració pròpia.

Taula 3. Pesos de cadascuna de les variables segons els intervals definits

Unitats de paisatge	Nombre d'incendis	Hectàrees cremades	Altitud mitjana (m)	Pendent mitjà (°)	Percentatge d'emboscament	Percentatge d'emmatollament
Altes Nogueres	50-75	1.500-3.000	1.500-2.000	25-30	7-10	> 7
Cims i Estanys d'Aigüestortes i Sant Maurici	< 25	< 500	> 2.000	> 30	< 5	< 5
Era Baisha Val d'Aran	50-75	> 3.000	< 1.200	> 30	5-7	5-7
Era Nauta Val d'Aran	25-50	1.500-3.000	1.200-1.500	25-30	5-7	> 7
Massís de l'Orri-Valls de Castellbò i d'Aguilar	50-75	500-1.500	1.200-1.500	< 25	> 10	5-7
Pastures de l'Alt Pirineu	> 75	1.500-3.000	1.200-1.500	< 25	5-7	> 7
Sant Gervàs-Montcortès	> 75	500-1.500	< 1.200	< 20	> 10	7-10
Valls d'Àneu	50-75	500-1.500	1.200-1.500	25-30	7-10	5-7

Font: elaboració pròpia.

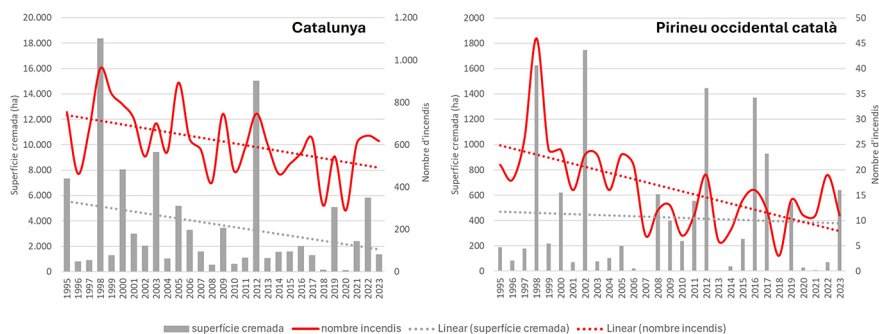
4. Resultats i discussió

4.1. Estadístiques bàsiques d'incendis als Pirineus occidentals catalans (en comparació amb Catalunya)

Les dades mostren una tendència clarament descendent en el nombre d'incendis, tant a Catalunya com al Pirineu occidental català (POCC) (figura 2). Aquesta reducció és especialment notable a escala catalana, on la superfície cremada també disminueix de manera sostinguda al llarg del període analitzat. En canvi, al POCC, tot i que el nombre d'incendis segueix una trajectòria similar, la superfície cremada es manté en un equilibri relatiu, sense una disminució tan marcada. Aquesta divergència suggereix que el territori pirinenc continua presentant una vulnerabilitat estructural diferent del conjunt de Catalunya. En zones d'alta muntanya, el relleu, la dificultat d'accés i la configuració dels combustibles condicionen la capacitat de contenció dels incendis, cosa que pot explicar aquesta estabilitat en la superfície afectada malgrat la menor recurrència de foc. A més, la reducció d'incendis no sempre implica una disminució del risc. La menor freqüència de cremes afavoreix l'acumulació i la continuïtat del combustible, especialment en paisatges en procés d'emboscament derivats de l'abandonament rural i la davallada de la pressió agroforestal. Aquest increment de la biomassa disponible pot generar les condicions necessàries per provocar l'aparició d'incendis menys freqüents però potencialment més intensos i extensos, especialment en un context de canvis en l'ús del sòl i d'episodis meteorològics més extrems.

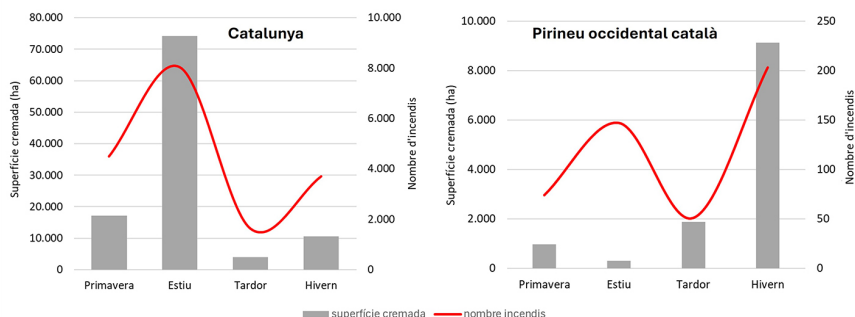
Mentre que els incendis del conjunt de Catalunya es concentren notablement a l'estiu, atès que estan causats majoritàriament pel règim estival imposat per un estrès hídric de la vegetació, les dades de la zona pirinenca mostren una clara concentració a l'hivern (figura 3). Aquesta dinàmica hivernal del POCC, amb pics recurrents d'activitat els anys 1998, 2002 i 2012 (figura 5), respon a lògiques socioeconòmiques, més que no pas purament climàtiques, vinculades

Figura 2. Nombre d'incendis i de superfície cremada 1993-2023 a Catalunya i al POCC



Font: elaboració pròpia.

Figura 3. Nombre d'incendis i superfície cremada per estacions de l'any a Catalunya i al POCC



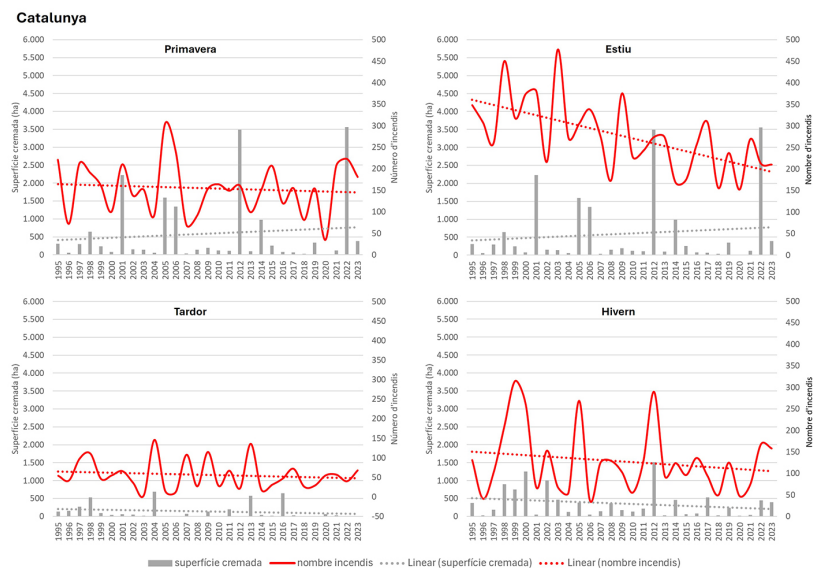
Font: elaboració pròpia.

històricament al foc com a eina de gestió de pastures i al manteniment d'hàbitats oberts (García-Ruiz et al., 2015).

A Catalunya s'observa una tendència general a la disminució del nombre d'incendis durant el període estival, mentre que al POCC aquesta reducció es manifesta principalment durant els mesos d'hivern (figures 4 i 5).

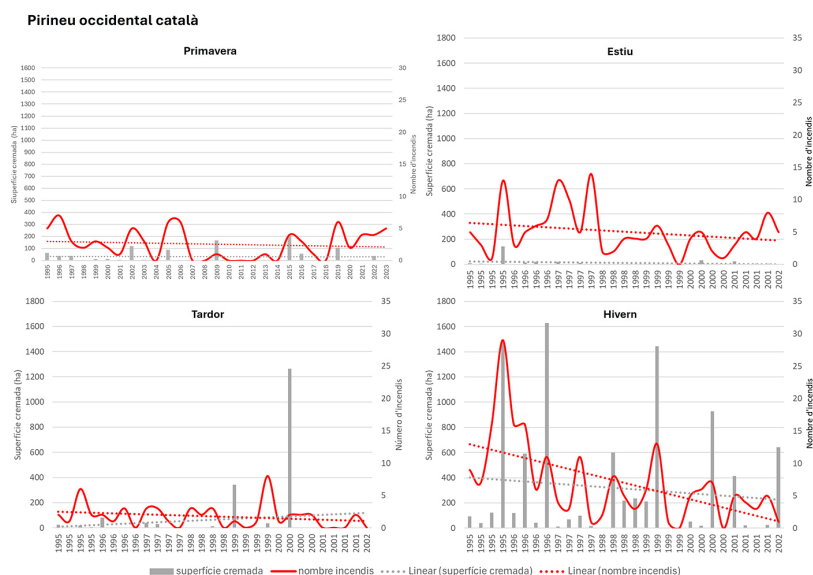
Tot i que es detecta un lleuger increment de la superfície cremada durant la tardor en àrees pirinenques i durant la primavera i l'estiu al conjunt del territori

Figura 4. Nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya per estacions de l'any des del 1993 fins al 2023



Font: elaboració pròpia.

Figura 5. Nombre d'incendis i de superfície cremada al POCC per estacions de l'any des del 1993 fins al 2023



Font: elaboració pròpia.

català, aquestes variacions no són prou significatives per parlar d'un procés de desestacionalització dels incendis forestals, ja que el període estival en continua concentrant els episodis més rellevants en termes de magnitud i d'impacte.

En aquest context, els grans incendis registrats durant la primavera i, especialment, l'estiu a Catalunya poden associar-se a l'augment de les condicions de sequera estructural i a l'increment de l'estrès hídric de la vegetació, fenòmens àmpliament relacionats amb el canvi climàtic (Badia et al., 2019; Chuvieco et al., 2023; Pyne, 2021). Per contra, els grans incendis del Pirineu tendeixen a aparèixer com a pics puntuals i irregulars que no segueixen una tendència clara i que sovint estan justificats per episodis concrets d'origen antròpic, com ara cremes agrícoles o forestals no ben gestionades, combinades amb condicions meteorològiques específiques (vents intensos, períodes de sequera, etc.) (Plana, 2011), més que no pas per una dinàmica estacional consolidada.

Les causes, tant en referència a l'origen dels incendis com en l'impacte que exerceixen en superfície cremada, mostren diferències entre el conjunt de Catalunya i al POCC (taula 4). A Catalunya hi destaquen els incendis intencionats com la causa principal en el nombre d'incendis i en les hectàrees cremades, seguit de les línies elèctriques i les burilles, sobretot en l'impacte que exerceixen en la superfície cremada. Al POCC, en canvi, el patró s'associa a factors agroforestals i naturals. Aquesta diferència quant a la causalitat s'ha de tenir en compte a l'hora de gestionar el territori.

Taula 4. Causes més freqüents quant al nombre d'incendis i de superfície cremada a Catalunya i al POCC

	Catalunya		Pirineus occidentals	
	Percentatge del nombre d'incendis	Percentatge del nombre d'hectàrees cremades	Percentatge del nombre d'incendis	Percentatge del nombre d'hectàrees cremades
Desconeguda	12,3	5,1	11,6	9,9
Crema agrícola	13	4,6	17,1	8,2
Crema de pastures	1,4	2,6	15,3	36,2
Crema de matollars	0,6	0,1	0,7	1,2
Cremes forestals	3,4	2,2	1,5	0,3
Intencionats	25	29,1	11,8	10,8
Línies elèctriques	5,7	18,4	6,7	13,6
Llamps	10,5	5	21,7	10,9
Burilles	5,8	13,6	2,6	0,4
Altres	22,3	19,2	10,9	8,5

Font: elaboració pròpia.

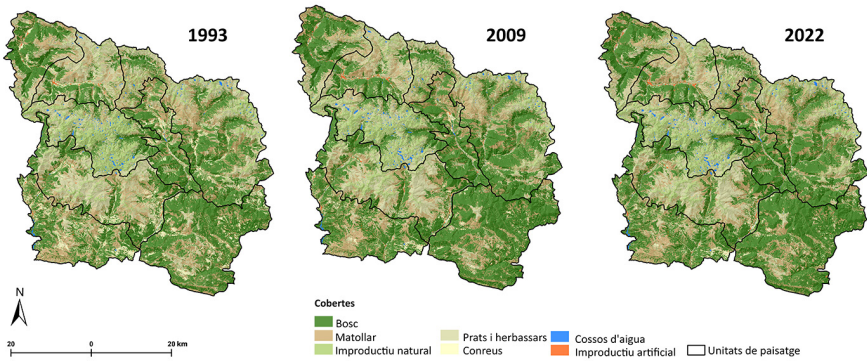
La crema de pastures no és només una de les causes més freqüents d'incendi al POCC, seguit del llamp i la crema agrícola, sinó que és també la que presenta un impacte territorial més elevat, ja que concentra el 36,2% de la superfície cremada amb només el 15,3% de les ignicions. Aquest desajust entre freqüència i superfície cremada posa de manifest el rol clau del foc cultural com a impulsor principal del règim de foc en àrees de muntanya, en contraposició a l'origen eminentment climàtic i intencional dels incendis estivals a la resta del territori català (Plana, 2011). En aquest sentit, les cremes tradicionals, si més no històricament, han tingut un paper rellevant en la configuració del paisatge del Pirineu. I és així com la disminució d'aquestes pràctiques usals també pot obrir les portes a l'acumulació de combustible, incrementant-ne la continuïtat i la vulnerabilitat respecte als incendis.

4.2. Els canvis en els usos i les cobertes del sòl (1993, 2009 i 2022)

Els paisatges del POCC han estat marcats històricament per l'agricultura i la ramaderia extensiva, amb una forta presència de prats de dall, pastures d'estiu i conreus en fons de vall i feixes, combinats amb bosc i matollar a les vessants (figura 6). En els darrers anys, el territori pirinenc ha experimentat canvis considerables en els processos socioeconòmics que han modificat els usos i les cobertes del sòl. Així doncs, entre el 1993 i el 2022 s'hi evidencien canvis en l'estructura del territori, amb una tendència més marcada en el període 1993-2009 (taula 5).

Destaca l'augment de la coberta forestal, que passa de 124.463 ha (un 39,76% del total) a 143.316 ha (un 45,78% sobre el total). Només el període

Figura 6. Mapa de cobertes dels anys 1993, 2009 i 2022 al POCC



Font: elaboració pròpia a partir dels mapes de cobertes del CREAL i de l'ICGC.

1993-2009 ja és de fins al 45,56% (taula 5). Aquesta dinàmica a la densificació i expansió del bosc està vinculada sobretot a l'abandonament que dona lloc a una fase de transició forestal de matollar a bosc. Aquest fenomen està relacionat amb causes socioeconòmiques, com ara el despoblament rural, els canvis d'activitat i la redistribució de recursos laborals fora del sector primari (Badia et al., 2014). El matollar disminueix lleugerament en termes relatius, del 19,48% (1993) al 18,29% (2022), la qual cosa suggereix en certa manera un tancament del paisatge i una continuïtat estructural més elevada de la vegetació, que pot suposar un increment potencial de la incidència dels grans incendis forestals, especialment en episodis de sequera. Els prats i els herbassars es mantenen relativament estables al llarg del període analitzat, un resultat que apunta a la voluntat de mantenir àrees obertes per facilitar-ne la continuïtat d'usos extensius (Vacquie et al., 2015), especialment vinculats a la ramaderia, com ara la presència de condicions edàfiques i geomorfològiques que limiten l'expansió forestal, o règims de pertorbació (com ara incendis o pastura) que interrompen la successió vegetal i impedeixen la tancada total del paisatge (García-Ruiz et al., 2010).

Taula 5. Superfície i percentatge de les cobertes al POCC (1993, 2009 i 2022)

	1993		2009		2022	
	ha	%	ha	%	ha	%
Bosc	124.462,86	39,76	142.931,30	45,65	143.315,91	45,78
Matollar	60.977,63	19,48	59.017,33	18,85	57.247,99	18,29
Prats i herbassars	71.200,03	22,75	68.928,74	22,02	70.195,53	22,42
Improductiu natural	35.832,39	11,45	35.337,40	11,29	35.828,24	11,45
Cossos d'aigua	1.885,88	0,60	2.230,44	0,71	2.297,22	0,73
Conreus	17.175,20	5,49	2.927,06	0,93	2.460,15	0,79
Improductiu artificial	1.493,83	0,48	1.717,93	0,55	1.700,69	0,54

Font: elaboració pròpia.

Taula 6. Matriu de canvis 1993-2022 (%)

		2022						
		1	2	3	4	5	6	7
1993	1	78,73	10,95	4,89	3,74	8,15	7,58	13,19
	2	12,17	53,45	13,65	8,83	1,99	2,45	5,00
	3	4,89	25,74	57,74	23,98	6,43	2,72	6,96
	4	1,60	5,38	10,85	62,90	9,77	0,19	4,28
	5	0,05	0,02	0,17	0,13	70,71	0,11	0,86
	6	2,34	4,19	12,37	0,33	2,23	85,62	27,37
	7	0,21	0,27	0,33	0,09	0,74	1,31	42,33

1. Bosc. 2. Matollar. 3. Prats i herbassars. 4. Improductiu natural. 5. Cossos d'aigua. 6. Conreus. 7. Improductiu artificial.

Font: elaboració pròpia.

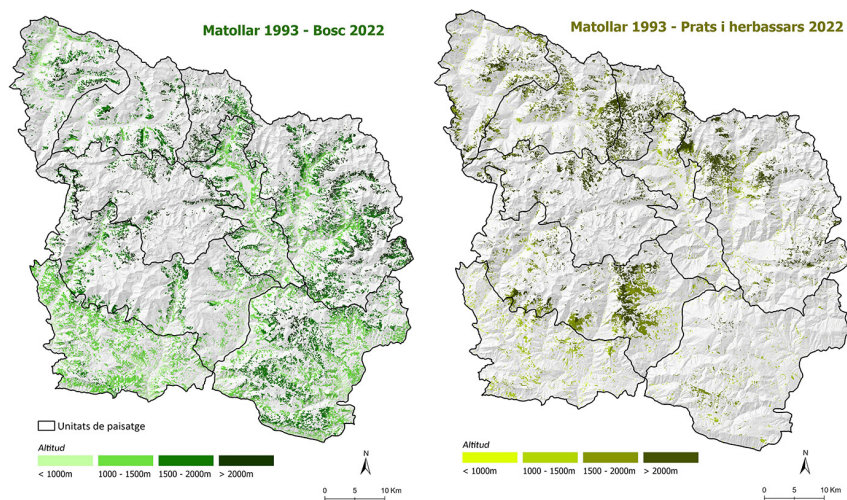
El canvi més acusat correspon als conreus, que es redueixen de manera significativa, del 5,49% (1993) al 0,79% (2022). Aquest descens tan marcat encaixa amb la narrativa de despoblament rural, reforestació espontània i abandonament agrari descrita anteriorment. Resulta ser una de les causes principals de l'emmatollament i de l'augment de la superfície forestal. En termes generals, durant l'interval de temps que va de l'any 1993 al 2009 es van efectuar transformacions significatives en els usos i les cobertes del sòl. Contràriament, les transicions entre usos i cobertes del sòl registrades durant el període 2009-2022 són quantitativament molt més reduïdes. Aquesta observació indica una relativa estabilització del paisatge i, per tant, resulta poc significatiu centrar-nos en aquesta etapa temporal en el nostre estudi, ja que els canvis d'ús i de coberta ja s'havien produït majoritàriament en dècades anteriors.

Els canvis entre cobertes que recull la taula 6 mostren una dinàmica de transició notable dels prats i dels herbassars (3) cap a unes altres cobertes. En concret, un 25,74% d'aquesta superfície l'any 1993 passa a matollars (2) l'any 2022, mentre que un 24% evoluciona cap a superfícies d'improductiu natural (4). A més a més, aproximadament un 27% de les superfícies classificades com a improductiu artificial (7) l'any 2022 provenen de cultius, la qual cosa evidencia un procés rellevant d'abandonament de l'activitat agrària i de pasturatge. Aquestes dinàmiques posen sobre la taula factors clau en l'expansió de cobertes arbustives i forestals, fruit de l'abandonament rural lligat a la reducció de les pràctiques tradicionals de gestió del territori (Badia et al., 2014; Viedma et al., 2006).

Els canvis d'usos i cobertes més notables esdevinguts entre 1993 i 2022 corresponen al pas de matollar a bosc i es concentren especialment a la franja compresa entre els 1.000 i els 1.500 m d'altitud, i en menor mesura entre els 1.500 i els 2.000 m (figures 7, 8 i 9).

Les transicions cap a l'emboscament (figures 7 i 8) es concentren sobretot a les unitats del Massís de l'Orri - Valls de Castellbò i d'Aguilar, i les Valls d'Àneu i Sant Gervàs - Montcortès. Es concentren fora de les valls, instal·lant-se a les

Figura 7. Canvi de cobertes 1993-2022; de matollar a bosc, i de matollar a prats i herbassars



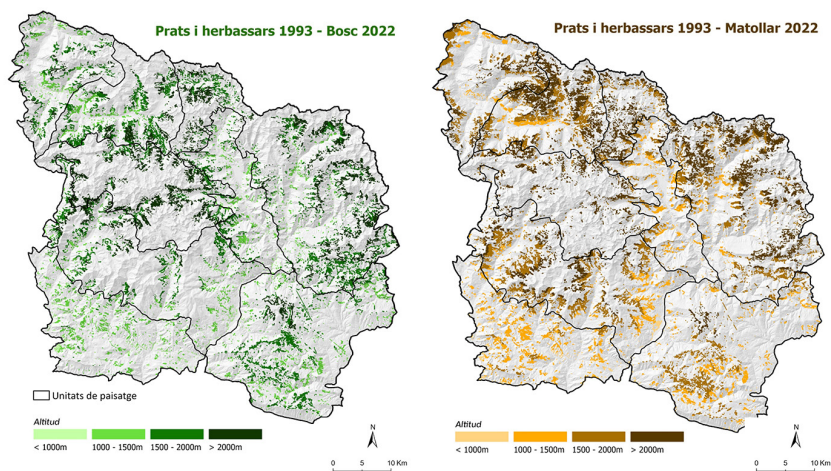
Font: elaboració pròpia a partir dels mapes de cobertes del CREAL i de l'ICGC.

seves vessants, i amb un context d'abandonament agroramader que acaba afavorint una successió natural cap a masses forestals contínues (Observatori del Paisatge de Catalunya, 2025). En canvi, els processos d'emmatollament (figures 8 i 9) s'instal·len en cotes una mica més elevades i en zones menys accessibles, especialment si provenen d'una coberta de prat i herbassar. L'abandonament de zones de pastura genera grans extensions de bosquines i de bosc jove poc dens, on aquests espais encara s'estan transformant progressivament en matollars. Aquestes dinàmiques s'inscriuen en les tendències descrites per Vacquie et al. (2015) per al conjunt del Pirineu. Els processos d'expansió arbustiva i forestal es concentren simultàniament als fons de vall i als vessants d'alta altitud, on les terres agropastorals tendeixen a evolucionar cap a matollars i posteriorment cap a formacions forestals. Aquest fenomen esdevé especialment evident en les UP de les Altes Nogueres, el Massís de l'Orri o les Pastures de l'Alt Pirineu, on els matollars actuen com una fase intermèdia a les formacions forestals.

En general, la concentració de l'activitat humana als fons de vall per a ús residencial i lúdic, com s'observa a l'Era Nauta Val d'Aran i les Valls d'Àneu, contrasta amb l'abandonament agropastoral dels vessants i les valls laterals (Observatori del Paisatge de Catalunya, 2025).

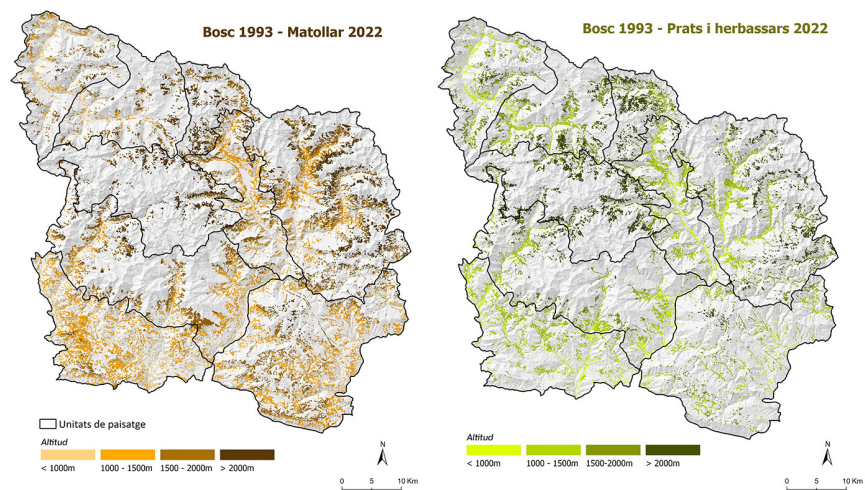
Paral·lelament, s'ha analitzat si els punts d'ignició s'han produït en àrees que han experimentat una transició de coberta del sòl o bé en zones que han mantingut una coberta estable. Per analitzar la relació entre punts d'ignició i canvis de coberta del sòl, cal que el canvi sigui anterior a l'incendi. Per aquest motiu, tot i disposar de 475 punts d'ignició per al període 1995-2023, la figura 10 es construeix amb el subconjunt d'incendis 2010-2022 ($n = 162$), ja que permet relacionar-los amb el canvi de coberta observat en el primer

Figura 8. Canvi de cobertes 1993-2022; de prats i herbassars a bosc, i de prats i herbassars a matollar



Font: elaboració pròpia a partir dels mapes de cobertes del CREAL i de l'ICGC.

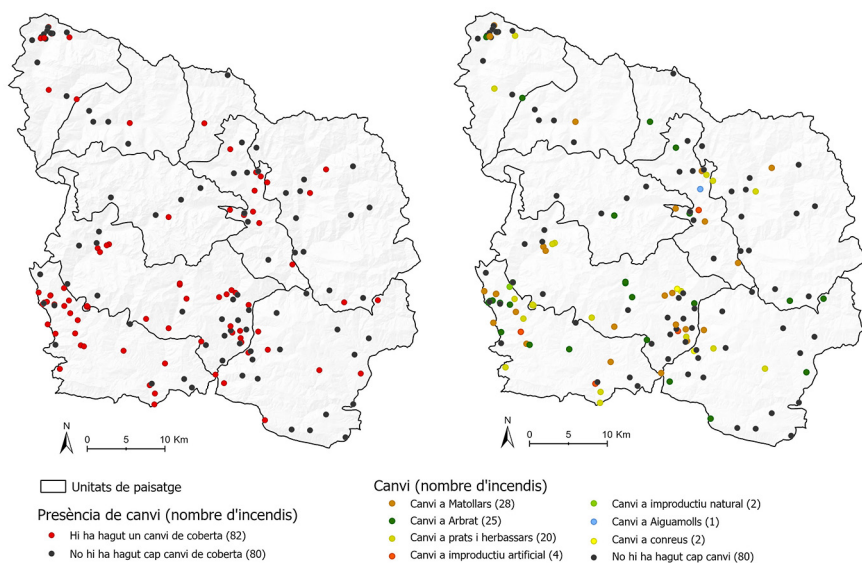
Figura 9. Canvi de cobertes 1993-2022; de bosc a matollar, i de matollar a prats i herbassars



Font: elaboració pròpia a partir dels mapes de cobertes del CREAL i de l'ICGC.

interval cartogràfic disponible (1993-2009). En concret, cada punt d'ignició (2010-2022) s'ha superposat amb el mapa de canvi 1993-2009 per classificar-lo en dues categories: *a*) punts situats en àrees que han experimentat una transició de cobertura (amb canvi) i *b*) punts situats en àrees amb cobertura

Figura 10. Distribució espacial dels punts d'ignició en relació amb els canvis de coberta (2010-2022)



Font: elaboració pròpia a partir de les bases cartogràfiques de la Generalitat de Catalunya, el CREAF i l'ICGC.

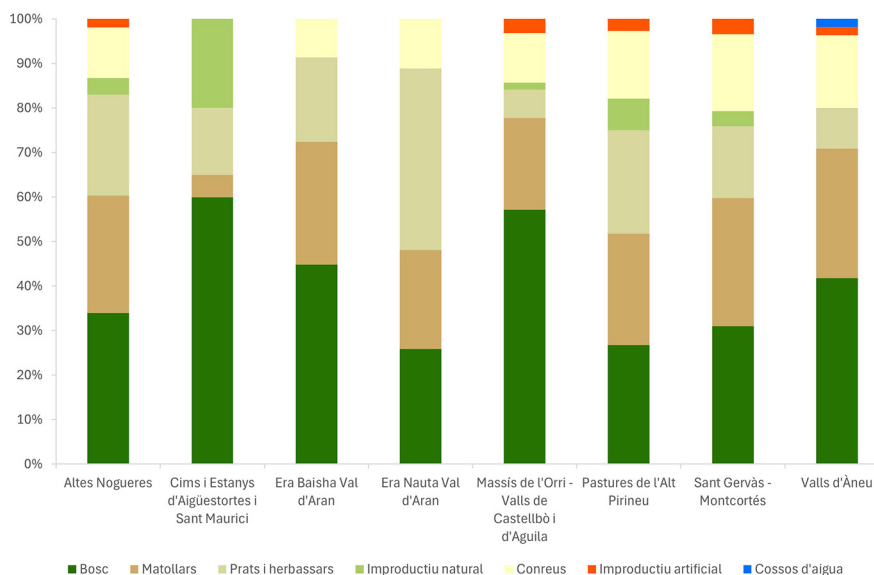
estable (sense canvi). Aquesta classificació dona lloc a 82 punts en zones amb canvi i 80 punts en zones estables (total: 162). Aquest resultat suggereix que la presència prèvia d'una transició de coberta o ús del sòl no constitueix, per si mateixa, un factor determinant en la localització dels punts d'ignició, i que hi ha uns altres condicionants, com ara l'accessibilitat, l'activitat socioeconòmica o factors meteorològics, que poden tenir un pes igual o superior en l'origen dels incendis. El que sí que és interessant de tenir en compte és la potencialitat d'aquestes ignicions en relació amb l'emmatollament i l'emboscament de què s'ha parlat.

Pel que fa al tipus de canvi observat, en destaquen, en primer terme, les transicions cap a matollars i, en segon terme, cap a cobertes boscoses. Aquest fet alimenta les dinàmiques d'emboscament progressiu i d'expansió arbustiva descrites en apartats anteriors, i reforça el procés d'abandonament agroramader que afavoreix la substitució de prats i conreus per formacions arbustives i forestals.

4.3. Caracterització de les UP segons els CUCS i el nombre d'incendis

L'anàlisi per unitats de paisatge de l'Alt Pirineu revela una transformació estructural del territori en què el règim d'incendis, els usos i les cobertes del sòl, com també les característiques orogràfiques de cada unitat visibilitzen els processos d'embos-

Figura 11. Distribució dels punts d'ignició per CUCS a les diferents UP



Font: elaboració pròpia.

cament i els canvis socioeconòmics associats a l'abandonament de les activitats agràries. Malgrat que no s'ha fet una anàlisi estadística que correlacioni el nombre d'incendis amb la superfície cremada, semblaria que no existeix una relació directa entre el nombre d'incendis i la superfície cremada, per la qual cosa la freqüència d'ignicions no seria, per si sola, un bon indicador de la severitat del fenomen. En aquest sentit, mentre que les pastures de l'Alt Pirineu concentren el nombre més elevat de punts d'ignició, amb 112 sobre un total de 475, la unitat que registra l'afectació superficial més elevada és l'Era Baisha Val d'Aran, amb 4.117,25 ha cremades, tot i que presenta un nombre d'incendis sensiblement inferior.

D'altra banda, la distribució percentual dels usos i les cobertes del sòl als punts d'ignició per unitats de paisatge (figura 11) reforça la interpretació de les dinàmiques d'emboscament i emmatollament prèviament descrites. En totes les unitats s'observa un clar predomini dels incendis iniciats en coberta boscosa i de matollar, especialment evident al Massís de l'Orri - Valls de Castellbò i d'Aguila, l'Era Baisha Val d'Aran i a les Valls d'Àneu.

Les pastures de l'Alt Pirineu i Sant Gervàs - Montcortès destaquen per un nombre elevat d'incendis, però amb una superfície cremada relativament reduïda, la qual cosa permet afirmar la predominança d'ignicions de petita o mitjana extensió. És precisament per aquest comportament que els incendis es produeixen en entorns relativament oberts o en fase de transició, on la vinculació humana hi és fortament present i, per tant, incrementa les oportunitats d'ignició, però on la fragmentació del combustible limita la capacitat

de propagació del foc. La fase de transició d'aquestes dues unitats també es veu palesa en els pendents i en les altituds moderades, en comparació amb les altres unitats de paisatge, per la qual cosa són més sensibles als CUCS i, per tant, incentiven processos d'abandonament del sector primari (Vacquie et al., 2015).

La dinàmica observada a l'Era Baisha Val d'Aran és, en canvi, totalment contrària. La combinació d'una superfície cremada molt elevada i amb un nombre moderat d'incendis indica una capacitat més alta dels focs per assolir grans dimensions. Més d'un 70% dels punts d'ignició s'han iniciat en coberta forestal i matollar, per la qual cosa es tractaria d'un procés de tancament del bosc i d'homogeneïtzació del paisatge, amb una expansió notable d'aquestes cobertes sobre antics espais gestionats. A més, aquestes dinàmiques coincideixen amb una altitud mitjana intermèdia i amb pendents elevats, condicions que afavoreixen la propagació del foc i, en conseqüència, incrementen la severitat dels incendis, més que no pas la seva freqüència.

Finalment, en destaca els Cims i Estanys d'Aigüestortes i Sant Maurici. Espai que, si bé presenta l'altitud mitjana més elevada (2.142 m) i el pendent mitjà més accentuat (32°), factors que potencialment podrien afavorir la propagació del foc, aquesta unitat registra la freqüència d'incendis més baixa (20) i una reduïda superfície cremada (76,63 ha). Aquest cas s'explica per la combinació d'una baixa densitat d'usos productius, amb la pràctica absència de conreus i d'altres activitats antròpiques, i podria veure's afavorit per l'aplicació de polítiques de protecció estricta pròpies del Parc Nacional d'Aigüestortes i Sant Maurici, que limiten tant les ignicions com el desenvolupament dels incendis.

4.4. Mapa de context territorial favorable a l'afectació dels incendis

El mapa de context territorial de les unitats de paisatge favorables a l'afectació d'incendis (figura 12) és el resultat sintètic de les anàlisis desenvolupades en els apartats anteriors. El nombre d'incendis i la superfície cremada per cada unitat de paisatge, corresponent als 475 punts d'ignició registrats entre els anys 1995 i 2023, permeten identificar patrons espacials recurrents en l'ocurrència d'incendis forestals. A partir d'aquestes dades, n'avaluem la contingència basant-nos en la manera com els factors purament estructurals del territori, com ara el pendent, l'altitud i, de manera especialment rellevant, els CUCS associats als processos d'emmatollament i d'emboscament, condicionen la predisposició del territori, tant per a l'aparició (nombre d'incendis) com per a la propagació (superfície cremada) d'incendis futurs, independentment de factors meteorològics conjunturals. La taula 7 sintetitza la reclassificació de les diferents variables, transformant els intervals de la taula 3 en una escala ordinal de quatre nivells: baixa (1), moderada (2), alta (3) i molt alta (4), que permet calcular la probabilitat final i comparar les UP. La puntuació total de les diferents variables dona un valor mínim de 8 i un màxim de 20. El mapa final s'ha simbolitzat seguint el mètode de Natural Breaks (ArcGis

Figura 12. Mapa de context territorial de les unitats de paisatge favorables a l'afectació d'incendis. Classificació de les UP segons la puntuació final (baixa, moderada, alta i molt alta). Aquestes categories corresponen als criteris definits a la taula 1 de l'article



Font: elaboració pròpia.

Pro), amb la classificació següent: valor 1, ≤ 8 ; valor 2, de 9 a 16; valor 3, de 17 a 19, i valor 4, ≥ 20 .

En aquest context, els incendis forestals estan estretament vinculats als processos de transformació socioeconòmica i paisatgística, ja que, tal com assenyala l'Observatori del Paisatge de Catalunya (2025), el POCC ha patit un procés d'abandonament de les activitats primàries a favor del sector turístic, explicat per l'envelliment i la manca de relleu generacional dels actuals explotadors

Taula 7. Ponderacions finals de les variables del mapa de context territorial

Unitats de paisatge	Nombre d'incendis	Hectàrees cremades	Altitud mitjana (m)	Pendent mitjà (°)	Percentatge d'emboscament	Percentatge d'emmatollament	Puntuació total
Altes Nogueres	3	3	2	1	3	3	15
Cims i Estanys d'Aigüestortes i Sant Maurici	1	1	3	3	1	1	10
Era Baisha Val d'Aran	3	4	4	3	2	2	18
Era Nauta Val d'Aran	2	3	3	1	2	3	14
Massís de l'Orri - Valls de Castellbò i d'Aguilar	3	2	3	2	4	2	16
Pastures de l'Alt Pirineu	4	3	3	2	2	3	17
Sant Gervàs - Montcortès	4	2	4	3	4	3	20
Valls d'Àneu	3	2	3	1	3	2	14

Font: elaboració pròpia.

agro-silvo-ramaders i per la menor viabilitat econòmica del sector primari en comparació amb els ingressos aportats pel sector terciari. Aquest canvi en els usos i les cobertes del sòl ha incidit notablement en la configuració dels paisatges, diluint el mosaic agroforestal i homogeneïtzant el paisatge pirinenc en grans superfícies forestals que sovint arriben fins a les portes dels nuclis urbans, on la probabilitat d'ignició augmenta.

Dins d'aquest marc general, Sant Gervàs - Montcortès és la unitat de paisatge més favorable a l'afectació d'incendis, qualificada com a «molt alta». Tal com s'ha exposat anteriorment, es tracta d'una unitat que destaca per un nombre elevat d'incendis (89) i per una superfície cremada moderada (870 ha) al llarg dels últims 30 anys. Es tracta d'incendis que majoritàriament són de petita o mitjana extensió, però altament recurrents en el temps. La facilitat amb què el foc s'hi origina de manera reiterada respon a una combinació singular de factors territorials, entre els quals destaquen una topografia accidentada amb pendents mitjans i elevats (15°-25°), una altitud intermèdia (1.000-1.500 m) i uns percentatges alts d'emboscament i d'emmatollament, que en conjunt superen el 18% de la superfície de la unitat. L'Observatori del Paisatge de Catalunya descriu aquesta modificació del paisatge de la manera següent: «progressivament la unitat passa a ser un lloc de petites serres pelades [...] envoltades d'un dens i atapeït forest». A diferència d'altres unitats, Sant Gervàs - Montcortès combina una elevada acumulació de combustible, derivada de l'abandonament de l'aprofitament forestal, que havia estat molt important fins a mitjan segle xx, amb una certa fragmentació espacial associada a la presència d'assentaments urbans dispersos en contacte directe amb grans masses forestals, la qual cosa incrementa la probabilitat d'ignició, però en límit, en molts casos, la propagació. Aquest patró es comporta de manera similar amb la unitat de paisatge Pastures de l'Alt Pirineu, amb una puntuació mitjana en referència a la probabilitat d'afectació d'incendis, tot i

que, a diferència de Sant Gervàs - Montcortès, el percentatge d'emboscament és més moderat (5%-7%).

L'Era Baisha Val d'Aran, tot i que presenta una capacitat potencial de propagació del foc —tan aviat derivada d'una superfície cremada acumulada molt superior a la resta d'UP (>3000 ha) com de la presència de pendents pronunciats (>30°)—, obté una puntuació global una mica més baixa que Sant Gervàs - Montcortès. Els processos recents de transformació de les cobertes del sòl cap a bosc o matollar han estat menys intensos que en altres UP, amb un percentatge conjunt de canvi al voltant del 12% de la superfície total. Sense obviar la tendència general a abandonar el sector primari, el paisatge agroramader continua sent encara visible i l'explotació forestal es manté activa en una part significativa dels boscos actuals.

Finalment, els Cims i Estanys d'Aigüestortes i Sant Maurici resulta ser l'excepció dins l'àmbit d'estudi, amb una puntuació «baixa». La poca recurrència d'incendis i la reduïda superfície cremada s'associen a un territori d'elevades pendents i altituds, on, a més, el règim de protecció estricta del Parc Nacional ha limitat de manera efectiva els canvis recents en les cobertes del sòl. En conseqüència, les dinàmiques d'emboscament i d'emmatollament són molt reduïdes, amb valors inferiors al 7% del conjunt de la unitat.

5. Conclusions

Aquest treball analitza, des d'una perspectiva espaciotemporal, l'evolució dels usos i les cobertes del sòl (1993-2022), com també la dinàmica dels incendis (1995-2023) a les unitats de paisatge del POCC. L'objectiu ha estat construir una diagnosi del context territorial estructural (topografia; canvis d'usos i cobertes, i incidència històrica) a escala d'UP. Per aquest motiu, l'estudi s'ha limitat deliberadament a contemplar variables amb més estabilitat temporal i coherència cartogràfica, i s'han deixat fora factors d'episodi, com ara les variables meteorològiques, que requeririen un enfocament específic amb resolució temporal fina. Aquesta limitació s'assumeix explícitament i s'apunta com a línia prioritària de treball futur, on el mapa de context territorial es pugui creuar amb indicadors meteorològics per estimar-ne el risc conjuntural.

Els resultats mostren una dinàmica d'incendis diferenciada al POCC del conjunt de Catalunya: les ignicions es concentren preferentment a l'hivern i responen en una mesura més elevada a usos culturals del foc, mentre que al conjunt de Catalunya el pic estival hi és dominant i està més fortament condicionat per l'estrès hídric i les onades de calor. Aquesta especificitat territorial podria explicar, en part, la desconexió entre el nombre d'incendis i la superfície cremada que s'observa al POCC.

La combinació metodològica aplicada, les matrius de canvi per identificar transicions, la caracterització dels incendis i l'anàlisi de les relacions espaciotemporals entre foc i dinàmiques territorials són essencials per entendre els processos que condicionen la vulnerabilitat del Pirineu envers els incendis. En un territori fortament modelat per l'activitat humana i immers en

processos d'abandonament agroramader, les dinàmiques d'emmatollament i d'emboscament només poden ser detectades i quantificades amb eines capaces de captar tant la dimensió temporal com l'estructura espacial del paisatge. Conèixer on, com i quan canvia el territori, permet entendre la generació i la continuïtat del combustible, i analitzar el comportament dels incendis en relació amb aquestes transformacions, possibilita anticipar-ne escenaris de propagació. Aquest enfocament integrat és fonamental per desenvolupar estratègies de prevenció i gestió adaptativa, especialment en un entorn com el pirinenc, on la reducció de la gestió tradicional i l'augment de la biomassa poden convertir episodis de foc aparentment menors en incendis d'alta intensitat, si no es disposa d'un coneixement precís de les dinàmiques territorials i ecològiques.

Pel que fa als canvis d'usos i cobertes, s'hi constata una transició sostinguda cap a una continuïtat més elevada de masses boscoses i processos d'emmatollament, especialment intensos entre 1.000 i 1.500 metres, que contribueixen a reduir el mosaic agroforestal històric. Tot i que aquesta dinàmica no determina necessàriament la localització de les ignicions, sí que incrementa la disponibilitat i la connectivitat del combustible, augmentant-ne el potencial de propagació i la severitat quan coincideixen condicions meteorològiques adverses. Per això, la relació entre canvi de coberta i incendis s'expressa sobretot en el comportament i la magnitud dels episodis, més que no pas en la simple distribució dels punts d'ignició.

Des d'una perspectiva de gestió, les dades no indiquen una situació alarmanant, però sí un escenari que recomana alerta i acció preventiva. La desaparició de pràctiques agroramaderes i la disminució del foc recurrent han afavorit l'acumulació de biomassa i la continuïtat del combustible, generant paisatges més predisposats a patir incendis menys freqüents però potencialment més intensos. En aquest context, el foc ha de ser reconsiderat com a eina de gestió. És a dir, el foc prescrit i les cremes controlades, dissenyades amb criteris biofísics i operatius rigorosos i combinades amb la pastura dirigida i les aclarides estratègiques, poden contribuir a mantenir espais oberts, reduir l'emmatollament i trencar la continuïtat del combustible, tot reforçant la resiliència del mosaic pirinenc. En aquesta mateixa línia, iniciatives transfrontereres com ara el projecte europeu Interreg POCTEFA Desbosiguem! (2024-2027) impulsen solucions integrades per a la reobertura del paisatge i el manteniment d'espais oberts al Pirineu, incloent-hi desbrossada, silvopastoralisme, aclarides i foc prescrit, com també desenvolupament d'eines de suport a la decisió i als models de simulació d'incendis per orientar-hi la prevenció. A Catalunya, aquesta línia ha esdevingut operativa mitjançant el programa de cremes prescrites dels Bombers de la Generalitat, impulsat pel GRAF i amb la participació dels Equips de Prevenció Activa Forestal (EPAF), orientat a reduir combustible en punts estratègics i a contenir grans incendis, entre altres objectius. Això exigeix reconèixer la dimensió cultural del foc i integrar els sabers locals en la planificació, democratitzant la prevenció mitjançant la corresponsabilitat d'ajuntaments, ADF, propietaris, ramaders i usuaris del territori, com també promovent la transparència de dades i la generació de cartografies operatives compartides.

Finalment, la caracterització de les unitats de paisatge no només hi aporta una contextualització necessària, sinó que és també una eina operativa per anticipar riscos, entendre trajectòries de canvi i proposar una gestió del territori més precisa. En aquest sentit, el mapa de context territorial hi ofereix una base sòlida, però no substitueix una avaluació integral del risc. Futurs treballs haurien d'avançar en la caracterització dels incendis (tipologia, intensitat, severitat, dinàmica de propagació); incorporar indicadors climàtics i de combustible a gran escala, i simular escenaris de gestió per quantificar-ne el guany preventiu esperable. Només així serà possible ajustar, amb rigor, les estratègies de gestió del paisatge i del foc a les especificitats del POCC i al nou context de canvi ambiental global.

Finançament

Aquesta recerca s'ha dut a terme en el marc dels projectes següents: AGAUR. 2023 CLIMA 00085, *(Re)pensar la gestió dels espais oberts i de la ramaderia extensiva a l'Alt Pirineu en el context del canvi climàtic (RePiCa)*. Ajuts per al finançament de projectes de recerca per a la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic 2023. Generalitat de Catalunya. SGR-Cat 2021 00522, *Geografia Aplicada*. Generalitat de Catalunya. PID2023-151124NB-I00, *Los fuegos holocenos en la configuración de los espacios abiertos de la montaña del Norte peninsular: Herramientas para la gestión de los incendios en áreas protegidas (CALIB-FIRE)*. Projectes de Generació de Coneixement, AEI.

Referències bibliogràfiques

- BADIA, Anna; PALLARÈS-BARBERÀ, Montserrat; VALLDEPERAS, Natàlia i GISBERT, Meritxell (2019). «Wildfires in the wildland-urban interface in Catalonia: Vulnerability analysis based on land use and land cover change». *Science of the Total Environment*, 673, 184-196.
<<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.012>>
- BADIA, Anna; PÈLACHS, Albert; VERA, Ana; TULLA, Antoni. F. i SORIANO, Joan Manuel (2014). «Cambios en los usos y cubiertas del suelo y los efectos en la vulnerabilidad en las comarcas de montaña de Cataluña: Del rol del fuego como herramienta de gestión a los incendios como amenaza». *Pirineos*, 169, e001.
<<https://doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169001>>
- BOWMAN, David M. J. S.; BALCH, Jennifer K.; ARTAXO, Paulo; BOND, William J.; CARLSON, Jean M.; COCHRANE, Mark A.; D'ANTONIO, Carla M.; DEFRIES, Ruth S.; DOYLE, John C.; HARRISON, Sandy P.; JOHNSTON, Fay H.; KEELEY, Jon E.; KRAWCHUK, Meg A.; KULL, Christian A.; MARSTON, J. Brad; MORITZ, Max A.; PRENTICE, I. Colin; ROOS, Christopher I.; SCOTT, Andrew C.; SWETNAM, Thomas W.; VAN DER WERF, Guido R. i PYNE, Stephen J. (2009). «Fire in the Earth system». *Science*, 324(5926), 481-484.
<<https://doi.org/10.1126/science.1163886>>
- CASTELLNOU, Marc; KRAUS, Daniel; MIRALLES, Marta i DELOGU, Giuseppe (2010). «Suppression fire use in learning organizations». A: *Towards Integrated Fire Management: Outcomes of the European Project Fire Paradox*. EFI Report 23.

- CHAS-AMIL, María-Luisa; PRESTEMON, Jeffrey P.; MCCLEAN, Colin J. i TOUZA, Julia M. (2015). «Human-ignited wildfire patterns and responses to policy shifts». *Applied Geography*, 56, 164-176.
<<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.025>>
- CHUVIECO, Emilio; YEBRA, Marta; MARTINO, Simone; THONICKE, Kirsten; GÓMEZ-GIMÉNEZ, Mario; SAN-MIGUEL, Jesús; OOM, Duarte; VELEA, Roxana; MOUILLOT, Florent; MOLINA, José Ramón; ... i VIEGAS, Domingos (2023). «Towards an Integrated Approach to Wildfire Risk Assessment: When, Where, What and How May the Landscapes Burn». *Fire*, 6, 215.
<<https://doi.org/10.3390/fire6050215>>
- COSTA, Hugo; DE RIGO, Daniele; LIBERTÀ, Giorgio; HOUSTON DURRANT, Tracy i SAN-MIGUEL-AYANZ, Jesús (2020). *European wildfire danger and vulnerability in a changing climate: Towards integrating risk dimensions*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 59.
- COSTA, Pau; CASTELLNOU, Marc; LARRAÑAGA, Asier; MIRALLES, Marta i KRAUS, Daniel (2011). *La Prevenció dels Grans Incendis Forestals adaptada a l'Incendi Tipus*. Cerdanyola del Vallès: Unitat Tècnica del GRAF. Divisió de Grups Operatius Especials. Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya.
- COUGHLAN, Michael R. (2014). «Farmers, flames, and forests: Historical ecology of pastoral fire use and landscape change in the French Western Pyrenees, 1830-2011». *Forest Ecology and Management*, 312, 55-66.
<<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.021>>
- DEPARTAMENT DE TERRITORI, HABITATGE I TRANSICIÓ ECOLÒGICA. GENERALITAT DE CATALUNYA. (2026). *Mapa d'unitats de paisatge*. Recuperat de <https://territori.gencat.cat/ca/06_territori_i_urbanisme/observatori_territori/paisatge/cartografia/mapa_unitats_paisatge/index.html> [Data de consulta: 17/04/2026].
- DUANE, Andrea; PIQUÉ, Míriam; CASTELLNOU, Marc i BROTONS, Lluís (2015). «Predictive modelling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes». *International Journal of Wildland Fire*, 24(3), 407-418.
<<https://doi.org/10.1071/WF14040>>
- «Els Pirineus poden cremar sencers». *El País* (28 d'agost de 2019). Recuperat de <https://elpais.com/cat/2019/08/27/catalunya/1566929083_631102.html> [Data de consulta: 17/04/2026].
- «Emergència climàtica: Els incendis del segle XXI podrien arrasar els Pirineus». *Públic* (26/07/2020). Recuperat de <<https://www.diaripublic.cat/els-incendis-segle-xxi-podrien-arrasar-els-pirineus.html>> [Data de consulta: 17/04/2026].
- ESRI SUPPORT (2025). *FAQ: What is the Jenks Optimization Method?* Recuperat de <<https://support.esri.com/>> [Data de consulta: 17/04/2026].
- ESTOQUE, Ronald C.; GOMI, Kei; TOGOWA, Takuya; Ooba, Makoto; HIJIOKA, Yasuaki; AKIYAMA, Chiaki M.; NAKAMURA, Shogo; YOSHIOKA, Akira i KURODA, Keisuke (2019). «Scenario-based land abandonment projections: Method, application and implications». *Science of the Total Environment*, 692, 903-916.
<<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.204>>
- FERNANDES, Paulo M.; BARROS, Ana M. G.; PINTO, António i SANTOS, João A. (2016). «Characteristics and Controls of Extremely Large Wildfires in the Western Mediterranean Basin». *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121(8), 2141-2157.
<<https://doi.org/10.1002/2016JG003389>>

- GARCÍA-RUIZ, José María; LANA-RENAULT, Noemí; BEGUERÍA, Santiago; LASANTA, Teodoro; REGÜÉS, David; NADAL-ROMERO, Estela; SERRANO-MUELA, Pilar; LÓPEZ-MORENO, Juan Ignacio; ALVERA, Benito; MARTÍ-BONO, Carlos i ALATORRE, Luz-Celia (2010). «From plot to regional scales: Interactions of slope and catchment hydrological and geomorphic processes in the Spanish Pyrenees». *Geomorphology*, 120(3-4), 248-257.
<<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.03.038>>
- GARCÍA-RUIZ, José María; LÓPEZ-MORENO, Juan Ignacio; LASANTA, Teodoro; ... i GÓMEZ-VILLAR, Alfredo (2015). «Los efectos geoecológicos del cambio global en el Pirineo central español: Una revisión a distintas escalas espaciales y temporales». *Pirineos: Revista de Ecología de Montaña*, 170.
<<https://doi.org/10.3989/Pirineos.2015.170005>>
- INTERREG POCTEFA. *Desbosiguem! (2024-2027)*. Sant Julià de Lòria: Andorra Recerca + Innovació. Recuperat de <<https://ari.ad/projectes/desbosiguem>> [Data de consulta: 17/04/2026].
- MARTINO, Simone; OCHOA, Clara; MOLINA, Juan Ramón i CHUVIECO, Emilio (2025). «A Methodological Approach to Address Economic Vulnerability to Wildfires in Europe». *Fire*, 8(10), 379.
<<https://doi.org/10.3390/fire8100379>>
- MÉTAILLÉ, Jean-Paul; DAUPRAS, France i FAERBER, Johanne (2020). «“Back fire”: the current place of burning practices in the rural landscapes of the Pyrenees: From pastoral management to ecological debate». *Quaderni Storici*, 55(2), 343-368.
<<https://doi.org/10.1408/99411>>
- MINNICH, Richard, A. (1983). «Fire mosaic in Southern California and Northern Baja California». *Science*, 219, 1287-1294.
- MOREIRA, Francisco; ASCOLI, Davide; SAFFORD, Hugh; ADAMS, Mark A.; MORENO, José M.; PEREIRA, José M. C.; CATRY, Filipe X.; ARMESTO, Juan; BOND, William; GONZÁLEZ, Mauro E.; CURT, Thomas; KOUTSIAS, Nikos; MCCAW, Lachlan; PRICE, Owen; PAUSAS, Juli G.; RIGOLOTT, Éric; STEPHENS, Scott; TAVSANOGU, Cagatay; VALLEJO, V. Ramon; VAN WILGEN, Brian W.; XANTHOPOULOS, Gavriil i FERNANDES, Paulo M. (2020). «Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed». *Environmental Research Letters*, 15(1).
<<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>>
- OBSERVATORI DEL PAISATGE DE CATALUNYA. *Catàlegs de paisatge*. Recuperat de <<https://www.catpaisatge.net/ca/el-paisatge-a-catalunya/catalegs-de-paisatge>> [Data de consulta: 14/04/2026].
- PARENTE, Joana; TONINI, Marco; STAMOU, Zacharias; KOUTSIAS, Nikos i PEREIRA, Miguel (2023). «Quantitative Assessment of the Relationship between Land Use/Land Cover Changes and Wildfires in Southern Europe». *Fire*, 6, 198.
<<https://doi.org/10.3390/fire6050198>>
- PECHONY, O. i SHINDELL, Drew T. (2010). «Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 107(45), 19167-19170.
<<https://doi.org/10.1073/pnas.1003669107>>
- PEPIN, Nick; APPLE, Martha; KNOWLES, John et al. (2025). «Elevation-dependent climate change in mountain environments». *Nature Reviews Earth & Environment*, 6, 772-788.
<<https://doi.org/10.1038/s43017-025-00740-4>>

- PIÑOL, Josep (2004). «Acumulació de combustible i la paradoxa de l'extinció». A: PLANA, Eduard (ed.) (2004). *Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*. Solsona: Xarxa ALINFO.
- PLANA, Eduard (2011). «Cultura del risc i comunicació sobre el foc i els incendis forestals». *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 71-72, 265-282.
- PYNE, Stephen J. (2021). *The Pyrocene: How We Created an Age of Fire, and What Happens Next*. Berkeley: University of California Press.
- REGOS, Adrián; PAIS, Silvana; CAMPOS, João C. i LECINA-DÍAZ, Judit (2023). «Nature-based solutions to wildfires in rural landscapes of Southern Europe: Let's be fire-smart!». *International Journal of Wildland Fire*, 32(6), 942-950.
<<https://doi.org/10.1071/WF22094>>
- RESCO DE DIOS, Víctor; HEDO, Javier; CUNILL CAMPRUBÍ, Àngel; THAPA, Prakash; MARTÍNEZ DEL CASTILLO, Edurne; MARTÍNEZ DE ARAGÓN, Juan; BONET, José Antonio; BALAGUER-ROMANO, Rodrigo; DÍAZ-SIERRA, Rubén; YEBRA, Marta i BOER, Matthias M. (2021). «Climate change induced declines in fuel moisture may turn currently fire-free Pyrenean mountain forests into fire-prone ecosystems». *Science of The Total Environment*, 797, 149104.
<<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149104>>
- SCHRÖTER, Dagmar; CRAMER, Wolfgang; LEEMANS, Rik; PRENTICE, I. Colin; ARAÚJO, Miguel B.; ARNELL, Nigel W.; BONDEAU, Alberte; BUGMANN, Harald; CARTER, Timothy R.; GRACIA, Carlos A.; DE LA VEGA-LEINERT, Anne C.; ERHARD, Markus; EWERT, Frank; GLENDINING, Margaret; HOUSE, Joanna I.; KANKAANPÄÄ, Susanna; KLEIN, Richard J. T.; LAVOREL, Sandra; LINDNER, Marcus; METZGER, Marc J.; MEYER, Jeannette; MITCHELL, Timothy D.; REGINSTER, Isabelle; ROUNSEVELL, Mark; SABATÉ, Santi; SITCH, Stephen; SMITH, Ben; SMITH, Jo; SMITH, Pete; SYKES, Martin T.; THONICKE, Kirsten; THUILLER, Wilfried; TUCK, Gill; ZAEHLE, Sönke i ZIERL, Bärbel (2005). «Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe». *Science*, 310(5752), 1333-1337.
<<http://doi.org/10.1126/science.1115233>>
- SCOTT, Andrew C. (2014). *Fire on Earth: An Introduction*. Seattle: University of Washington Press.
- TAGAREV, Todor i PAPADOPOULOS, George A. (2020). «Integrating the risk management cycle». A: CASAJUS VALLES, A.; MARIN FERRER, M.; POLJANŠEK, K. i CLARK, I. (eds.). *Science for Disaster Risk Management 2020: Acting Today, Protecting Tomorrow*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 49-106.
- TEDIM, Fantina; LEONE, Vittorio i MCGEE, Tara K. (2019). *Extreme wildfire events and disasters: Root causes and new management strategies*. Elsevier.
<<https://doi.org/10.1016/C2017-0-03309-8>>
- VACQUIE, Laure A.; HOUET, Thomas; SOHL, Terry L.; REKER, Ryan i SAYLER, Kristi L. (2015). «Modelling regional land change scenarios to assess land abandonment and reforestation dynamics in the Pyrenees (France)». *Journal of Mountain Science*, 12, 905-920.
<<https://doi.org/10.1007/s11629-014-3405-6>>
- VICENTE-SERRANO, Sergio M.; LASANTA MARTÍNEZ, Teodoro i CUADRAT PRATS, José M. (2000). «Influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en un área de montaña: El ejemplo del valle de Borau (Pirineo aragonés)». *Geographicalia*, 38, 33-58.
<https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2000381382>

VIEDMA, Olga; MORENO, José M. i RIEIRO, María (2006). «Interactions between land use/land cover change, forestfires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain)». *Environmental Conservation*, 33(3), 212-222.
<<https://doi.org/10.1017/S0376892906003122>>