

Actuació del Pla estratègic de la PAC 2023-2027 cofinançada per:



MANUAL DE BONES PRÀCTIQUES

Un cas d'estudi al Pla de la Calma, Parc Natural del Montseny

Crems prescrits per a la recuperació de pastures i la millora de la salut del sòl (**CREPASOL**)

Codi del projecte: ACC_2023_EXP_SIA001_41_0000127



Índex

1. Les pastures de muntanya i la colonització per espècies llenyoses	3
2. Declaració del Massís del Montseny com a Parc Natural i Reserva de la Biosfera	5
3. Les cremes prescrites	8
3.1. Efecte de les cremes prescrites sobre la salut del sòl	8
4. Efectes del foc controlat en la salut del sòl: resultats del cas del Montseny	9
4.1. Resultats sobre la qualitat fisicoquímica del sòl	10
4.2. Resultats sobre les propietats biològiques del sòl	12
4.3. Efectes de la vegetació en la dinàmica del sòl	14
5. Conclusions	15
6. Referències bibliogràfiques	16

1. Les pastures de muntanya i la colonització per espècies llenyoses

Les pastures constitueixen un dels ecosistemes més rellevants per a la conservació de la biodiversitat en els paisatges mediterranis i de muntanya, ja que allotgen una elevada diversitat d'espècies vegetals i animals, proporcionen recursos alimentaris per al bestiar i actuen com a mecanisme natural de prevenció d'incendis (Grau et al., 2009; Hopkins; Holz, 2016). Aquests espais oberts, mantinguts històricament per la combinació de pasturatge, aprofitament forestal i cremes tradicionals, formen part d'un mosaic agroforestal que ha estat essencial per a la funcionalitat ecològica i socioeconòmica de moltes zones de muntanya. En el cas del Montseny, aquest mosaic inclou el bruguerar més extensiu de la part oriental de la Península Ibèrica, un hàbitat d'alt valor ecològic que depèn directament de la presència de pastures i de la gestió activa del territori.

Tanmateix, en les darreres dècades, les pastures han patit un procés accelerat de regressió a causa de profunds canvis en l'ús del sòl. L'abandonament de l'activitat agroramadera, la reducció de la demanda de llenya i la desaparició de pràctiques tradicionals de maneig han afavorit l'expansió d'espècies llenyoses més competitives, com brucs, ginebres, pins joves o alzines (Bartolomé et al., 2005; Usher, 2008). Aquest procés de colonització, sovint anomenat emboscament, genera una simplificació del paisatge i una pèrdua d'hàbitats oberts, reduint la diversitat vegetal i animal associada a les pastures. A més, la substitució de comunitats herbàcies per matollars densos incrementa la quantitat de biomassa inflamable, augmentant el risc d'incendis de gran intensitat, un problema especialment crític en zones mediterrànies afectades pel canvi climàtic (Pausas & Keeley, 2019).

La colonització per espècies llenyoses no només té implicacions ecològiques, sinó també socioeconòmiques. La reducció de pastures limita la viabilitat de la ramaderia extensiva, que necessita espais oberts i productius per mantenir-se. Quan les pastures es tanquen, els ramaders han de recórrer a farratges externs, incrementant costos i dificultant la continuïtat de l'activitat. Alhora, es perd un paisatge cultural que ha estat modelat durant generacions i que forma part de la identitat de territoris com el Montseny. La desaparició d'aquestes pràctiques tradicionals també implica la pèrdua de coneixements locals vinculats a la gestió del foc, el pasturatge i el manteniment del mosaic agroforestal (Hanson & Fogelfors, 2000).

Malgrat la seva importància, pocs estudis han aportat informació quantitativa sobre la taxa, la dinàmica i els patrons de colonització per espècies llenyoses en pastures seminaturals com a conseqüència dels canvis en l'ús del sòl, fet especialment rellevant en zones protegides on la conservació de la diversitat ecològica és prioritària (Bartolomé et al., 2005; Usher, 2008). Aquest buit de coneixement dificulta la planificació de mesures de gestió eficaces i posa de manifest la necessitat de recuperar pràctiques tradicionals que havien demostrat ser funcionalment útils. Entre aquestes pràctiques, les cremes controlades realitzades pels pastors, normalment en petites clapes d'algunes hectàrees i en cicles aproximats de deu anys, jugaven un paper fonamental en el manteniment de les pastures i en el control del matollar. Aquestes cremes, però, van ser prohibides quan el Montseny va ser declarat Parc Natural el 1977 i Reserva de la Biosfera el 1978, interrompent un cicle de gestió que havia mantingut l'equilibri entre espècies herbàcies i llenyoses durant segles.

En conjunt, les pastures són ecosistemes clau per a la biodiversitat, la prevenció d'incendis, la sostenibilitat de la ramaderia i la conservació del paisatge cultural. La seva regressió per colonització llenyosa representa un dels principals reptes de gestió en zones protegides com el Montseny. La recuperació d'activitats tradicionals, pasturatge, desbrossades, cremes prescrites, combinades amb criteris científics actuals, es presenta com una eina imprescindible per mantenir la funcionalitat ecològica i social d'aquests espais en un context de canvi global.

2. Declaració del Massís del Montseny com a Parc Natural i Reserva de la Biosfera

Des de la seva declaració com a Parc Natural l'any 1977, el Montseny ha experimentat una transformació profunda en la manera com es gestiona el territori, especialment pel que fa a les pràctiques tradicionals de gestió del paisatge, entre les quals destaquen les cremes prescrites (Boada & Saurí, 2002; Diputació de Barcelona, 2017). Abans de la protecció oficial, el Montseny era un espai on la ramaderia extensiva, l'aprofitament forestal i les cremes controlades formaven part del mosaic agroforestal que havia modelat el paisatge durant segles, un patró comú en moltes zones de muntanya mediterrània (Casals et al., 2009; Debussche & Lepart, 1992). Aquestes cremes, realitzades de manera periòdica per pastors i propietaris, tenien com a finalitat mantenir obertes les pastures, controlar l'expansió del bosc i afavorir la renovació de la vegetació herbàcia, un ús tradicional del foc àmpliament documentat en la literatura sobre ecologia mediterrània (Pausas & Keeley, 2019; Fernandes, 2015). Amb la declaració del parc, però, es va imposar una normativa molt més restrictiva que, amb la voluntat de protegir els ecosistemes, va prohibir pràctiques que fins aleshores havien estat habituals (Diputació de Barcelona, 2017). Aquest canvi va comportar una reducció dràstica de les cremes i, paral·lelament, un progressiu abandonament de l'activitat ramadera extensiva, que va deixar de tenir el suport d'un paisatge gestionat activament, un fenomen observat també en altres zones de muntanya europees (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009). Com a conseqüència, moltes zones que havien estat històricament pasturades van començar a colonitzar-se per matollars i boscos joves, incrementant la densitat de combustible vegetal i reduint la diversitat d'hàbitats oberts, que són essencials per a moltes espècies de flora i fauna (Bartolomé et al., 2005; Grau et al., 2009). Aquest procés d'"emboscament" ha estat un dels factors que ha augmentat la vulnerabilitat del Montseny als incendis forestals, ja que la continuïtat del combustible i la manca de discontinuïtats paisatgístiques faciliten la propagació del foc en cas d'incendi no controlat (Vega et al., 2013; Pausas & Keeley, 2019).

En aquest context, les cremes prescrites han tornat a aparèixer com una eina de gestió forestal i pastoral altament valuosa. Una crema prescrita és una crema planificada i executada per professionals qualificats, que es duu a terme sota condicions meteorològiques, topogràfiques i de combustible molt estrictament controlades (Fernandes, 2015). L'objectiu és utilitzar el foc com una eina de gestió que permeti reduir la càrrega de combustible, prevenir incendis de gran intensitat i recuperar espais oberts que han anat desapareixent, tal com demostren nombrosos estudis sobre gestió del foc en ecosistemes mediterranis (Pausas & Keeley, 2019; Vega et al., 2013) (Figura 1). A diferència de les cremes tradicionals, que sovint es feien amb menys control tècnic, les cremes prescrites actuals es basen en protocols científics, models de comportament del foc i seguiments posteriors que permeten avaluar-ne els efectes ecològics (Fernandes, 2015). En el cas del Montseny, aquestes cremes tenen una doble funció: d'una banda, reduir el risc d'incendis en un parc natural amb una elevada pressió humana i una vegetació cada vegada més contínua; de l'altra, afavorir la regeneració de pastures i la recuperació d'espècies herbàcies que havien retrocedit a causa de l'avanç del bosc, un procés àmpliament documentat en estudis sobre restauració de prats de muntanya (Casals et al., 2009; Hanson & Fogelfors, 2000). Aquesta recuperació és especialment rellevant per al sector ramader, que necessita espais oberts i productius per mantenir la seva activitat, i per a la biodiversitat, ja que moltes espècies d'insectes, ocells i plantes depenen d'aquests ambients oberts (Grau et al., 2009; Hopkins; Holz, 2016).



Figura 1. Realització d'una crema prescrita al PN del Montseny. Font: Diba 2019

Els efectes de les cremes prescrites sobre el sòl són un dels aspectes més estudiats i, alhora, més determinants per entendre la seva utilitat ecològica. Quan es realitza una crema de baixa intensitat, com les que s'apliquen en gestió prescrita, la capa superficial de vegetació es redueix i es genera una aportació de cendres que alliberen nutrients com nitrogen, fòsfor i potassi, incrementant temporalment la fertilitat del sòl (Vega et al., 2013; Merino et al., 2013). Aquest procés pot afavorir l'establiment de plantes herbàcies, que aprofiten la major disponibilitat de llum i nutrients, i reduir la competència de les espècies llenyoses, facilitant la recuperació de les pastures (Casals et al., 2009; Girona-García et al., 2018). Tanmateix, els efectes no són uniformes i depenen de factors com la intensitat de la crema, el tipus de sòl, la pendent o la meteorologia posterior, aspectes àmpliament descrits en la literatura sobre ecologia del foc (Fernandes, 2015; Alcañiz et al., 2018; Pausas & Keeley, 2019). Si la crema és massa intensa, pot provocar pèrdua de matèria orgànica, disminució de la capacitat d'infiltració i augment del risc d'erosió, especialment en zones de fort pendent (Vega et al., 2013). També pot alterar temporalment les comunitats microbianes del sòl, que són essencials per al cicle de nutrients, tot i que aquests efectes solen ser transitoris quan la crema és de baixa intensitat (Merino et al., 2013). En conjunt, els estudis indiquen que, quan les cremes es realitzen de manera adequada, els beneficis per a la regeneració de pastures i la reducció del risc d'incendis són significatius i superen els possibles impactes negatius.

Pel que fa a la recuperació de pastures, en eliminar la biomassa acumulada i reduir la presència de matollars i arbres joves, el foc crea un escenari favorable perquè les llavors de gramínies i lleguminoses germinin amb més facilitat, un patró observat en nombrosos estudis de restauració ecològica (Casals et al., 2009; Hanson & Fogelfors, 2000). Aquestes espècies, moltes d'elles adaptades històricament a règims de perturbació com el foc i el pasturatge, responen ràpidament i formen cobertes vegetals que estableixen el sòl i ofereixen aliment de qualitat per al bestiar. A més, la combinació de crema prescrita i pasturatge posterior és especialment efectiva, ja que el bestiar ajuda a mantenir el paisatge obert i evita que el matollar torni a colonitzar l'espai (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009). D'aquesta manera, les cremes prescrites no només recuperen pastures, sinó que reactiven un cicle de gestió tradicional que havia quedat interromput durant dècades, especialment al Parc Natural del Montseny.

En conjunt, la reintroducció de les cremes prescrites al Parc Natural del Montseny representa un canvi de paradigma en la gestió del territori. Allò que durant anys es va considerar una pràctica incompatible amb la conservació, avui es reconeix com una eina essencial per mantenir la biodiversitat, reduir el risc d'incendis i recuperar paisatges culturals que formen part de la identitat del massís (Boada & Saurí, 2002; Diputació de Barcelona, 2017). La clau, però, és aplicar-les amb criteri científic, coordinació entre gestors, bombers i ramaders, i un seguiment rigorós que permeti ajustar les actuacions a les particularitats de cada indret.

3. Les cremes prescrites

3.1. Efecte de les cremes prescrites sobre la salut del sòl

Els sòls són considerats un recurs no renovable a escala humana, ja que la seva formació es produeix a una velocitat extremadament lenta, comparable a la dels processos geològics. Per aquest motiu, la degradació del sòl pot tenir conseqüències irreversibles, amb la pèrdua de funcions essencials per al manteniment dels ecosistemes. Els sòls regulen processos clau com la retenció i infiltració hídrica, la provisió d'aliments, el reciclatge de nutrients, la regulació climàtica i el suport físic per a la vegetació, entre molts altres serveis ecosistèmics fonamentals (Mataix-Solera, 1999; Alcañiz et al., 2018). En sistemes forestals mediterranis, els processos de degradació més rellevants inclouen l'erosió, la desforestació, la compactació, la pèrdua de matèria orgànica i els incendis forestals, que poden alterar profundament les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl. En aquest context, el foc és un dels agents de canvi més determinants, tant per la seva capacitat de transformar la vegetació com per la seva influència directa sobre el cicle dels nutrients, la disponibilitat d'aigua i l'activitat microbiana.

A la regió mediterrània, el foc forma part de la dinàmica natural dels ecosistemes i ha estat un element estructurador de la vegetació durant mil·lennis. Els incendis influeixen en el cicle dels nutrients, la composició i l'estructura de la vegetació, i en la distribució i comportament dels herbívors, que sovint es veuen afavorits per l'aparició de brots tendres després del pas del foc (Augustine et al., 2014). El foc allibera nutrients continguts en la biomassa vegetal, especialment nitrogen, fòsfor i potassi, que passen temporalment a formes més disponibles per a les plantes. Aquest impuls de fertilitat pot afavorir la regeneració de comunitats herbàcies i la recuperació de pastures, especialment quan el foc és de baixa intensitat i no destrueix completament la matèria orgànica superficial.

Tanmateix, els efectes del foc sobre el sòl són altament variables i depenen de la intensitat i durada de l'incendi, del contingut d'humitat del sòl, de la pendent i de les condicions meteorològiques posteriors. Incendis d'alta intensitat poden provocar la combustió total de la matèria orgànica, la formació d'una capa hidrofòbica que redueix la infiltració, l'augment del risc d'erosió i la pèrdua de nutrients per volatilització (Mataix-Solera, 1999; Alcañiz et al., 2018).

En aquesta línia, Chowdhury et al. (2022) van observar que després de cremes prescrites en el Montseny es produeix una redistribució de les fraccions de carboni i nitrogen del sòl, amb un augment inicial de les fraccions més làbils i una tendència posterior cap a formes més estabilitzades. Aquest procés reflecteix una activació temporal del cicle biogeoquímic, seguida d'una reorganització progressiva del sistema edàfic. Paral·lelament, Ibáñez et al. (2025) evidencien que aquests canvis en la dinàmica del carboni i del nitrogen estan estretament relacionats amb la recuperació de la vegetació i amb la seva capacitat de modular l'activitat microbiana del sòl.

4. Efectes del foc controlat en la salut del sòl: resultats del cas del Montseny

Dins del marc del projecte europeu OPEN2PRESERVE, finançat pel programa Interreg SUDOE i desenvolupat entre 2018 i 2021, es va dur a terme una experiència pilot al Parc Natural del Montseny centrada en la combinació de cremes prescrites i pastoreig dirigit, una estratègia que el projecte anomena herbivorisme píric. L'objectiu general del projecte era desenvolupar models de gestió sostenible per preservar els espais oberts de muntanya, especialment aquells afectats per processos d'emboscament i acumulació de combustible vegetal, que incrementen el risc d'incendis i provoquen la pèrdua de biodiversitat associada als paisatges en mosaic .

L'experiència pilot del Montseny es va plantejar com una actuació demostrativa per mostrar com la combinació de quema controlada de matollar i pastoreig posterior amb ramats autòctons pot contribuir a recuperar pastures, reduir la càrrega de combustible i frenar l'expansió d'espècies llenyoses. Les cremes prescrites es van utilitzar com a tècnica inicial per reduir el combustible acumulat i obrir clarianes en zones dominades per matollars densos, especialment brucs i altres espècies que havien colonitzat antics prats a causa de l'abandonament ramader. Aquest tipus d'intervenció és coherent amb els objectius del projecte, que destaca la necessitat de reproduir, de manera controlada, els règims naturals d'incendis i herbivorisme que històricament havien mantingut els paisatges oberts europeus (Figura 2).



Figura 2. Herbivorisme píric. Herbívors i foc controlat a Galícia. Font: Canals, R.M (2015)

La crema prescrita al Montseny es va realitzar seguint protocols estrictes de seguretat i sota condicions meteorològiques favorables, amb la participació de tècnics especialitzats en ecologia del foc i gestió forestal. L'actuació consistia en cremar superfícies reduïdes de matollar per reduir-ne la densitat i generar un mosaic de discontinuïtats que dificultés la propagació d'incendis futurs. Un cop efectuada la crema, la zona es va integrar en un programa de pastoreig dirigit, utilitzant ramats de races autòctones adaptades al medi. Aquest pasturatge posterior tenia la funció de mantenir a ratlla el rebrot del matollar, afavorir la implantació d'espècies herbàcies i consolidar la recuperació de les pastures. Aquesta combinació de foc i herbivorisme és un dels pilars metodològics del projecte OPEN2PRESERVE, que la identifica com

una estratègia clau per garantir la viabilitat ecològica i econòmica de la gestió dels espais oberts de muntanya .

A més de la intervenció sobre el terreny, l'experiència pilot del Montseny va formar part d'un conjunt d'accions de seguiment i difusió. El projecte va organitzar una jornada tècnica amb l'objectiu de mostrar els resultats preliminars i la metodologia emprada, destacant la importància de les cremes prescrites com a eina de gestió i la necessitat de recuperar pràctiques tradicionals adaptades al context actual de canvi climàtic i risc d'incendis. En la jornada de transferència es va posar especial èmfasi en el paper del Montseny com a cas d'estudi representatiu de les problemàtiques dels espais oberts mediterranis i en el potencial de l'herbivorisme píric com a model replicable en altres territoris de muntanya .

En aquest manual, a continuació, es presentaran els resultats de les cremes prescrites sobre la salut del sòl, analitzant com aquestes actuacions han afectat les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl i fins a quin punt han contribuït a la recuperació de les pastures, objectiu principal del projecte.

4.1. Resultats sobre la qualitat fisicoquímica del sòl

Sis anys després de l'aplicació de les cremes prescrites, els resultats obtinguts indiquen que l'efecte del foc sobre les propietats del sòl és clarament heterogeni i depèn del paràmetre analitzat, amb respostes diferenciades tant en intensitat com en escala temporal.

Com es va observar a Ibáñez et al., 2025, a curt termini (fins a 18 mesos), es van detectar canvis significatius en diverses propietats edàfiques, reflectint una resposta inicial del sistema al pertorbació tèrmica. En aquest sentit, el pH va experimentar una lleugera disminució immediata després de la crema, probablement associada a la baixa intensitat del foc i a processos com la pèrdua de la coberta orgànica superficial, la deshidratació de col·loides i l'oxidació de compostos orgànics. Tot i aquest descens inicial, el sistema va mostrar una capacitat de recuperació progressiva, amb una tendència a l'estabilització del pH i la recuperació de valors similars als previs a la crema, especialment en les capes més profundes del sòl, menys exposades directament a l'impacte tèrmic (Figura 3).

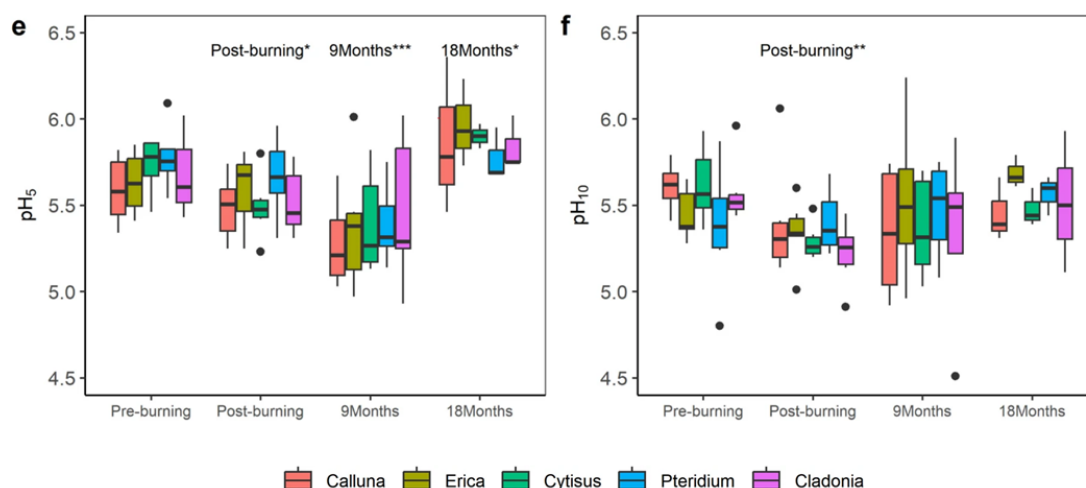


Figura 3. Evolució del pH a dues profunditats de sòl durant l'experiment, i segons el tipus de vegetació. Font: Ibáñez et al., 2025

Pel que fa a la dinàmica del nitrogen, es va observar un increment inicial de les formes inorgàniques (NH_4^+ i NO_3^-), coherent amb processos de mineralització accelerada de la matèria orgànica i amb l'entrada de nutrients procedents de les cendres (Figura 4). Aquesta fase inicial de disponibilitat ràpida de nitrogen va anar seguida d'una evolució temporal diferenciada entre formes nitrogenades: es va detectar

una disminució progressiva de l'amoni i un augment del nitrat, indicant l'activació de processos de nitrificació. En termes generals, l'amoni va retornar a valors similars als precrema, mentre que el nitrat va mantenir una tendència més elevada, suggerint un possible canvi en la dinàmica del cicle del nitrogen a mitjà termini (Ibáñez et al., 2025).

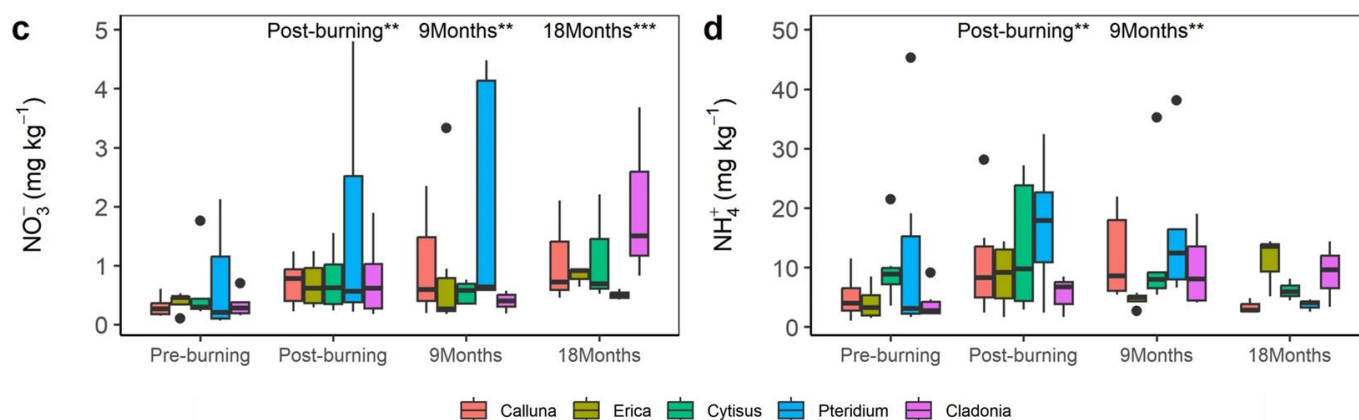


Figura 4. Evolució del del nitrat i l'amoni durant l'experiment, i segons el tipus de vegetació. Font: Ibáñez et al., 2025

Els cations intercanviables van mostrar una reducció significativa immediatament després de la crema, possiblement relacionada amb processos de volatilització parcial, exportació per escorrentia o canvis en la capacitat d'intercanvi catiónic del sòl. Malgrat això, la recuperació d'aquests elements va ser relativament ràpida, indicant una certa resiliència del sistema edàfic davant aquesta pertorbació. En canvi, el fòsfor disponible (P Olsen) va disminuir després de la crema i no va mostrar una recuperació clara al llarg del temps, fet que podria estar relacionat amb processos de fixació en formes menys disponibles o amb pèrdues en sistemes edàficament àcids, on la seva mobilitat és més limitada (Figura 5).

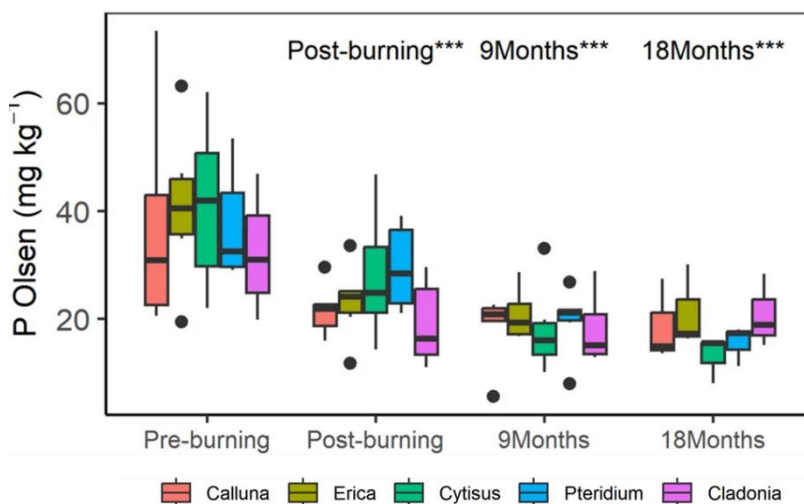


Figura 5. Evolució del fòsfor Olsen durant l'experiment, i segons el tipus de vegetació. Font: Ibáñez et al., 2025

Chowdhury et al. (2022) van analitzar els efectes de les cremes prescrites sobre les diferents fraccions de carboni i nitrogen del sòl al Montseny i van observar que el foc genera una resposta ràpida però transitòria en la dinàmica biogeoquímica. Concretament, immediatament després de la crema es produeix un augment de les fraccions més làbils de carboni i nitrogen, associat a la combustió parcial de la matèria orgànica i a l'aportació de cendres, fet que incrementa temporalment la disponibilitat de nutrients.

Aquest efecte inicial es tradueix en una major activitat microbiana i en una acceleració dels processos de mineralització. Tanmateix, a mesura que avança el temps, aquestes fraccions làbils tendeixen a disminuir i el sistema evoluciona cap a formes més estables de carboni i nitrogen, indicant una reorganització progressiva del sòl després de la pertorbació. Els autors destaquen que, malgrat aquests canvis, no es produeix una pèrdua significativa de carboni total a llarg termini, cosa que suggereix que les cremes prescrites de baixa intensitat poden mantenir l'estabilitat del reservori de carboni del sòl mentre modulen temporalment la seva disponibilitat i dinàmica interna.

En concret, sis anys després de la crema es detecten valors significativament diferents en el fòsfor disponible (P Olsen), el nitrogen total i diversos cations bàsics com el calci, el potassi i el sodi, mentre que el magnesi no mostra canvis significatius (Figura 6). Aquests resultats indiquen que els efectes del foc poden persistir de manera subtil però rellevant en determinats components del sòl, especialment en aquells relacionats amb els cicles biogeoquímics més sensibles. En aquest context, és important remarcar la importància de dur a terme estudis a llarg termini per comprendre plenament la dinàmica del sòl després d'una crema prescrita, ja que els efectes inicials poden no reflectir les trajectòries reals de recuperació o canvi del sistema edàfic.

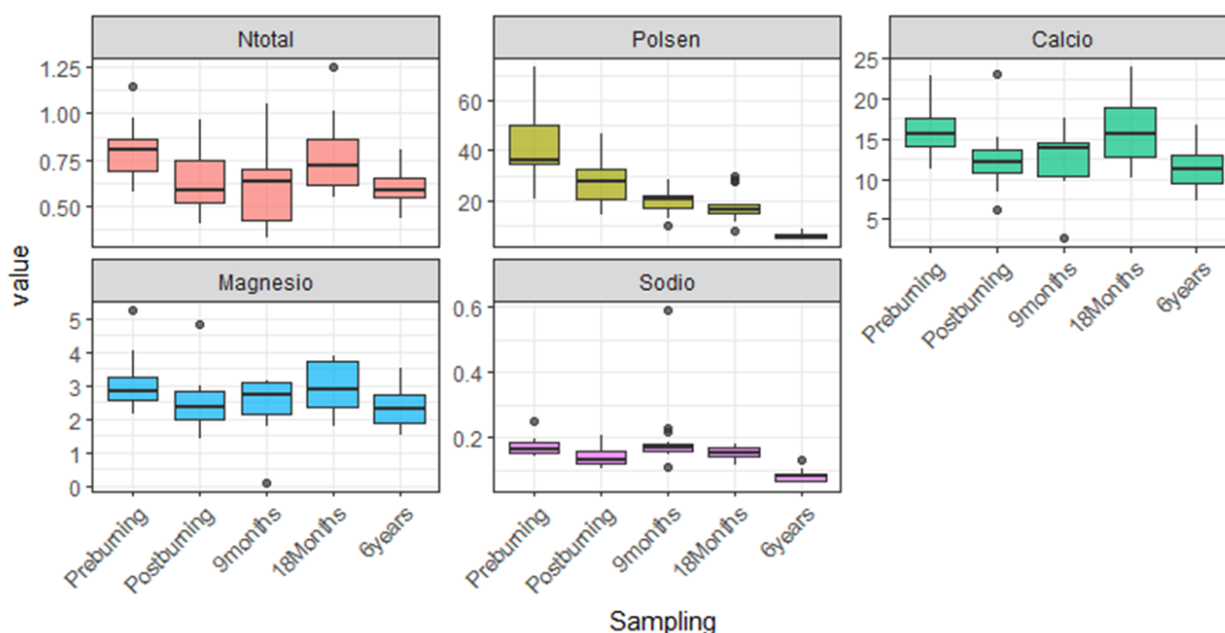


Figura 6. Evolució de les propietats del sòl que mostren diferències significatives 6 anys després de la crema prescrita

4.2. Resultats sobre les propietats biològiques del sòl

La biomassa microbiana del sòl va experimentar una reducció inicial després de la crema, com a conseqüència directa de l'efecte tèrmic sobre els microorganismes i la reducció de substrats orgànics disponibles. Tanmateix, aquesta variable va mostrar una recuperació significativa al cap de 18 mesos, evidenciant la capacitat de regeneració del component microbià i la reactivació progressiva de les funcions biogeoquímiques del sòl.

A nivell microbiològic, la comunitat fúngica no va mostrar canvis immediats destacables després del foc, fet que podria indicar una certa resistència inicial o una resposta latent. No obstant això, sí que es

van observar canvis significatius a mitjà i llarg termini (18 mesos i 6 anys), tant en riquesa com en composició funcional (Figura 7).

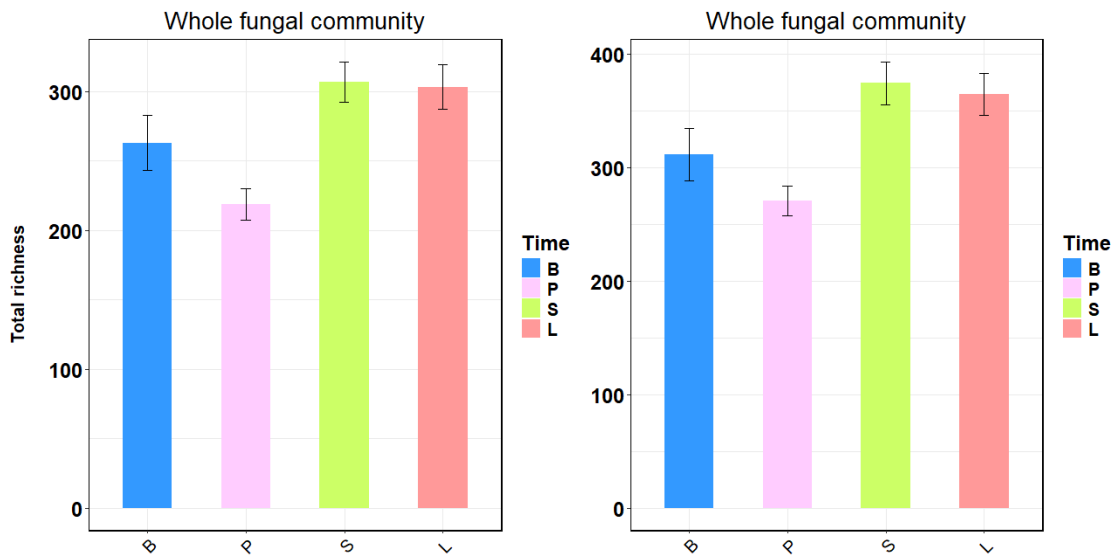


Figura 7. Diferències en riquesa total i en index de Chao en el temps. La llegenda de time fa referència a: B (preburning), P (Postburning), S (short-term, 18 mesos), L (long-term, 6 anys)

En concret, es va detectar un increment progressiu de la diversitat fúngica al llarg del temps, així com una reestructuració funcional de la comunitat, amb un augment destacat dels fongs micorrízics, especialment els ectomicorrízics (Figura 8). Aquest augment s'associa estretament amb els processos de regeneració de la vegetació llenyosa, amb la qual estableixen relacions simbiòtiques clau. En aquest context, variables edàfiques com el fòsfor i el sodi van aparèixer com a factors determinants en l'estructuració de la comunitat fúngica.

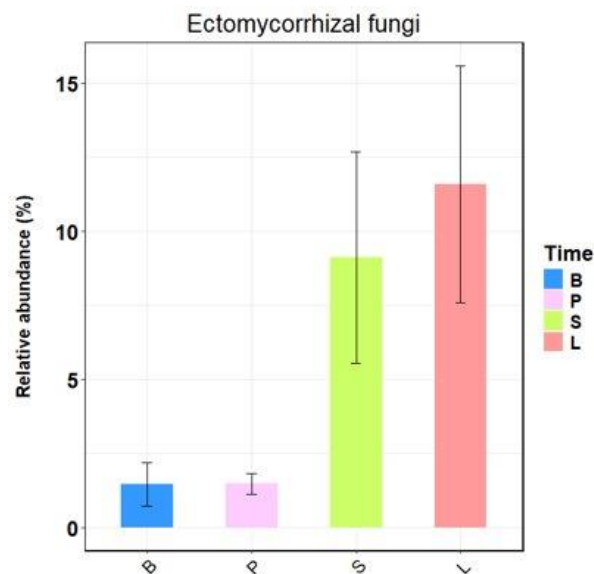


Figura 8. Abundància relativa (%) dels fongs ectomicorrízics en el temps. La llegenda de time fa referència a: B (preburning), P (Postburning), S (short-term, 18 mesos), L (long-term, 6 anys)

En contrast, la comunitat bacteriana va mostrar una estabilitat notable al llarg de tot el període d'estudi, sense diferències significatives ni immediatament després de la crema ni a llarg termini. Aquest resultat suggereix una major resiliència o capacitat d'amortiment de la comunitat bacteriana davant aquest tipus de pertorbacions.

4.3. Efectes de la vegetació en la dinàmica del sòl

Els resultats també evidencien que la resposta del sòl està fortament modulada pel tipus de vegetació present abans de la crema. Inicialment, es van observar continguts més elevats de carboni i nitrogen sota espècies lleguminoses, probablement degut a la seva capacitat de fixació de nitrogen i a una major qualitat de la matèria orgànica aportada. No obstant això, aquest efecte es va diluir amb el temps, indicant una homogeneïtzació progressiva del sistema. En canvi, les espècies rebrotadores van mostrar una major resiliència, mantenint millor l'estructura i funcionalitat del sistema vegetal associat.

5. Conclusions

En conjunt, els resultats d'aquest estudi indiquen que les cremes prescrites constitueixen una pertorbació controlada amb efectes inicials significatius sobre les propietats fisicoquímiques i biològiques del sòl, però amb una elevada capacitat general de recuperació del sistema a mitjà termini. A curt termini, les cremes provoquen alteracions en la disponibilitat de nutrients, en el pH i en la biomassa microbiana, derivades principalment de la mineralització ràpida de la matèria orgànica i de l'impacte tèrmic directe. No obstant això, aquests canvis tendeixen a revertir-se parcialment en els primers mesos, especialment en aquells paràmetres més dinàmics i biològicament actius. A mitjà i llarg termini, el sistema edàfic mostra una recuperació funcional generalitzada, amb restabliment de la biomassa microbiana i estabilització de la majoria de propietats químiques. En aquest context, la comunitat bacteriana es manté notablement estable, mentre que la comunitat fúngica respon de manera més gradual, experimentant canvis estructurals i funcionals associats a la successió vegetal i a la recuperació de la vegetació llenyosa, especialment a través dels fongs micorrízics.

Malgrat aquesta capacitat de recuperació, els resultats també evidencien l'existència d'efectes residuals a llarg termini, especialment en nutrients clau com el fòsfor i el nitrogen total, així com en l'estructura de la comunitat fúngica. Aquests efectes suggereixen que, tot i ser una eina eficient de gestió, les cremes prescrites poden generar modificacions persistents en components ecològics estretament vinculats a la vegetació i al cicle de nutrients.

Des d'un punt de vista de gestió, aquests resultats reforcen la idea que les cremes prescrites poden ser una eina útil per al manteniment i la recuperació de pastures de muntanya, sempre que s'apliquin sota criteris tècnics rigorosos i en combinació amb altres pràctiques de gestió, com el pasturatge extensiu. La seva eficàcia no depèn únicament de l'efecte immediat sobre la vegetació, sinó també de la seva integració dins d'un sistema de gestió adaptativa que consideri els processos edàfics i ecològics a mitjà i llarg termini.

En aquest sentit, la implementació de cremes prescrites ha de ser entesa no com una actuació puntual, sinó com una eina dins d'una estratègia de gestió activa del mosaic agroforestal, capaç de reduir el risc d'incendis, afavorir la biodiversitat associada als espais oberts i contribuir a la sostenibilitat de les activitats ramaderes en zones de muntanya. Finalment, aquest estudi posa de manifest la importància de continuar amb el seguiment a llarg termini dels efectes del foc sobre el sòl, especialment en sistemes mediterranis de muntanya, on la interacció entre clima, vegetació i ús del sòl determina de manera decisiva la trajectòria de recuperació dels ecosistemes.

6. Referències bibliogràfiques

- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Úbeda, X., & Mataix-Solera, J. (2018). Long-term effects of wildfire on soil properties in Mediterranean ecosystems: A review. *Science of the Total Environment*, 615, 944–957.
- Augustine, D. J., Veblen, K. E., Goheen, J. R., Riginos, C., & Young, T. P. (2014). Pathways for positive cattle–wildlife interactions in semiarid rangelands. *Journal of Applied Ecology*, 51(5), 1175–1182.
- Bartolomé, J., Plaixats, J., Fanlo, R., & Boada, M. (2005). Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: Effects of land-use changes in the Montseny Biosphere Reserve (Spain). *Biological Conservation*, 122(1), 81–92.
- Boada, M., & Saurí, D. (2002). *El canvi global*. Rubes Editorial.
- Canals, R. M. (2025). *Herbívoros y fuego controlado: una alianza necesaria para prevenir grandes incendios forestales*. Asociación Forestal de Galicia. Recuperat de <https://asociacionforestal.gal/herbivoros-y-fuego-controlado-una-alianza-necesaria-para-prevenir-grandes-incendios-forestales/>
- Casals, P., Valor, T., Besalú, A., & Molina-Terrén, D. (2009). Understory fuel load and structure eight to nine years after prescribed burning in Mediterranean pine forests. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 1235–1241.
- Chowdhury, S., Manjón-Cabeza, J., Ibáñez, M., Mestre, C., Broncano, M. J., Mosquera-Losada, M. R., Plaixats, J., & Sebastià, M.-T. (2022). Responses in soil carbon and nitrogen fractionation after prescribed burning in the Montseny Biosphere Reserve (NE Iberian Peninsula). *Sustainability*, 14(7), 4232. <https://doi.org/10.3390/su14074232>
- Debussche, M., & Lepart, J. (1992). Establishment of woody plants in Mediterranean old fields: Opportunity in space and time. *Landscape Ecology*, 6(1–2), 133–145.
- Diputació de Barcelona. (2017). *Pla especial del Parc Natural del Montseny*. Diputació de Barcelona.
- Fernandes, P. M. (2015). Empirical support for the use of prescribed burning as a fuel treatment. *Current Forestry Reports*, 1(2), 118–127.
- Girona-García, A., Badía, D., Martí, C., Ortiz-Perpiñá, O., & Mora, J. L. (2018). Effects of prescribed burning on soil properties in Mediterranean forests: A review. *International Journal of Wildland Fire*, 27(8), 577–589.
- Grau, O., Ninot, J. M., & Blanco-Moreno, J. M. (2009). Land-use changes and their effects on habitat and plant species diversity in the Western Mediterranean. *Journal of Vegetation Science*, 20(5), 913–924.
- Hanson, J., & Fogelfors, H. (2000). Management of semi-natural grassland; results from a 15-year-old experiment in southern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 11(1), 31–38.
- Hopkins, A., & Holz, B. (2016). Grassland for agriculture and nature conservation: Production, quality and multi-functionality. *Agronomy Research*, 14(3), 767–785.
- Ibáñez, M., Manjón-Cabeza, J., Chowdhury, S., Broncano, M. J., Plaixats, J., Canals, R. M., & Sebastià, M.-T. (2025). Prescribed burning modifies soil fertility and microbial biomass mediated by vegetation in Mediterranean mountain rangelands. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07441-3>
- Mataix-Solera, J. (1999). Alteraciones físicas, químicas y biológicas del suelo tras incendios forestales. *Ecología*, 13, 47–60.
- Merino, A., Ferreiro, A., Fontúrbel, T., & Fernández, C. (2013). Changes in soil properties after fire in forest ecosystems: A review. *Catena*, 108, 55–67.
- Parcs de la Diputació de Barcelona. (2019, 2–3 de juliol). *Montseny – Curs d'estiu sobre cremes prescrites i pasturatge per a la gestió sostenible i la conservació d'espais oberts de muntanya*. Recuperat de

<https://parcs.diba.cat/es/web/agenda/-/montseny-curs-d-estiu-sobre-cremes-prescrites-i-pasturatge-per-a-la-gestio-sostenible-i-la-conservacio-d-espais-oberts-de-muntanya>

Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295.

Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., & Mosquera-Losada, M. R. (2009). Agroforestry systems in Europe: Productive, ecological and social perspectives. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–3.

Usher, M. B. (2008). Changes in biodiversity in European grasslands. *Biological Conservation*, 141(7), 1821–1832.

Vega, J. A., Fernández, C., Fontúrbel, T., González-Prieto, S., & Jiménez, E. (2013). Testing the effects of prescribed burning on soil fertility in a shrubland ecosystem. *Catena*, 108, 65–73.