



EBC
2030

ESTRATÈGIA
DE LA BIOECONOMIA
DE CATALUNYA 2030

CARBONI AL SÒL

Millora de la
qualitat dels sòls
i de l'embornal
de carboni



**Coneixement compartit
per millorar la salut
del sòl a Catalunya**

 **Generalitat
de Catalunya**

**El Govern de
tOTHONI**

Carboni al sòl: coneixement compartit per millorar la salut del sòl a Catalunya

El projecte Carboni al sòl vol posar en relleu la importància del sòl com a recurs clau per al territori. A partir del treball conjunt entre la recerca i l'administració, el projecte analitza com les pràctiques agrícoles i forestals influeixen en la salut del sòl i en la seva capacitat d'emmagatzemar carboni. Aquest coneixement permet millorar la sostenibilitat de l'agricultura i la gestió forestal, reforçar la resiliència davant el canvi climàtic i donar suport al sector agroforestal i a l'administració en la presa de decisions.



El carboni al sòl: una oportunitat estratègica per a Catalunya

Els sòls són molt més que un suport físic per a l'activitat agrària o forestal: són una infraestructura natural clau per al funcionament del territori. Quan un sòl conserva o incrementa el seu carboni orgànic, millora l'estructura, la fertilitat, la capacitat de retenir aigua i nutrients i la seva activitat biològica. Això es tradueix en agroecosistemes i sistemes naturals més sans, més productius, més resilients i millor preparats davant els impactes del canvi climàtic.

Vetllar pel carboni al sòl connecta de manera directa quatre grans prioritats de país: contribueix a la mitigació climàtica perquè els sòls poden actuar com a embornal de carboni; és una eina d'adaptació perquè els sòls sans responen millor a la sequera i a fenòmens meteorològics extrems; afavoreix la biodiversitat i els serveis ecosistèmics, que depenen en gran part de la qualitat del sòl, i és

determinant per a la sostenibilitat econòmica del sector primari, ja que la millora del sòl reforça la base productiva de l'agricultura i la gestió forestal.

A Catalunya, aquesta aposta s'inscriu plenament en l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya (EBC2030), que situa els sòls com un element central per avançar cap a processos productius més sostenibles i renovables.

És un enfocament que, a més, s'alineja amb l'agenda europea de sòls. La Directiva (UE) 2025/2360 del Parlament Europeu i del Consell, de 12 de novembre de 2025, relativa a la vigilància i la resiliència del sòl, estableix per primera vegada un marc jurídic comú a escala de la Unió Europea per a la protecció, el seguiment, la gestió

sostenible i la millora de la salut del sòl, amb l'objectiu d'assolir sòls sans i més resilients l'any 2050, reduir la contaminació del sòl a nivells segurs i reforçar de manera harmonitzada la protecció i l'abandonament dels sòls degradats.

Per a Catalunya, el carboni al sòl representa molt més que un repte tècnic o ambiental: és una qüestió estratègica de país. Millorar la salut dels sòls significa protegir un recurs fonamental per a la producció d'aliments, la gestió sostenible del paisatge i la resiliència del sector agroforestal. També vol dir preparar millor el territori davant els reptes climàtics i reforçar unes polítiques públiques més eficaces en un àmbit clau per a la competitivitat.



Punt de partida: per què calia actuar

Catalunya disposava ja de coneixement, experiència i iniciatives rellevants en l'àmbit dels sòls, fruit tant de la tasca dels centres de recerca com de l'acció de l'administració, sovint desenvolupades de manera coordinada en diferents projectes i iniciatives. Tanmateix, aquest bagatge s'havia estructurat principalment a través de marcs de treball específics i sectorials. En aquest context, es considerava necessari avançar cap a una aproximació més global i integrada, que permetés reforçar la coordinació, compartir objectius, generar una visió comuna i alinear capacitats sobre la salut dels sòls i el carboni al sòl.

També era important reunir, ordenar i donar utilitat al coneixement acumulat. Es comptava amb estudis, assajos, cartografia, projectes i materials tècnics valuosos, però de vegades dispersos i sense prou connexió entre si. El repte no era només disposar d'informació, sinó convertir-la en una base més coherent, comparable i útil per orientar actuacions i decisions.

Al mateix temps, era necessari reforçar la transferència d'aquest coneixement perquè el sector agroforestal demanda informació clara i eines útils, i a l'administració li calen criteris sòlids per dissenyar polítiques públiques en un àmbit cada vegada més rellevant per a la mitigació i l'adaptació climàtiques, la gestió del territori i la salut dels ecosistemes

Objectiu del projecte Carboni al sòl

Contribuir a un model agroforestal més sostenible mitjançant la **millora de la qualitat dels sòls** i el reforç del seu paper com a **embornal de carboni**, amb impactes positius sobre la productivitat, el clima i la resiliència del territori.

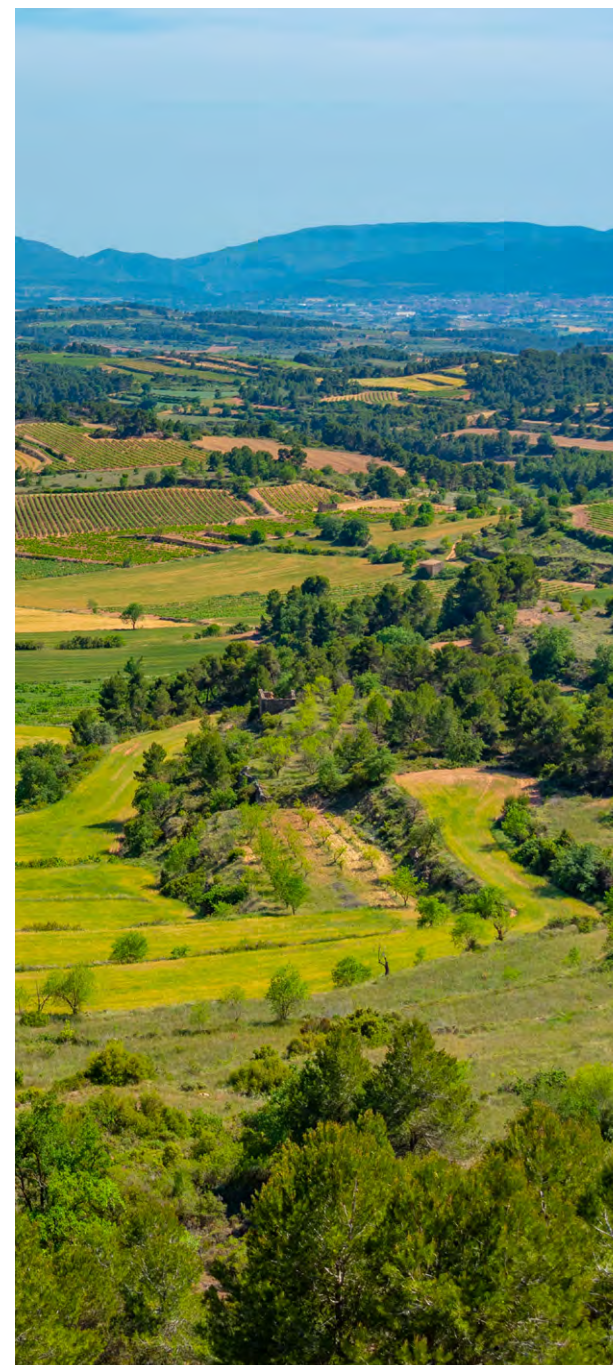
Línies d'acció principals



Ordenar, integrar i posar en valor el **coneixement científic existent** sobre salut dels sòls i segrest de carboni generat pels centres de recerca de Catalunya.



Traduir aquest coneixement en **pràctiques de gestió i polítiques públiques concretes**, adreçades al sector agroforestal i a l'administració.



Què hem fet

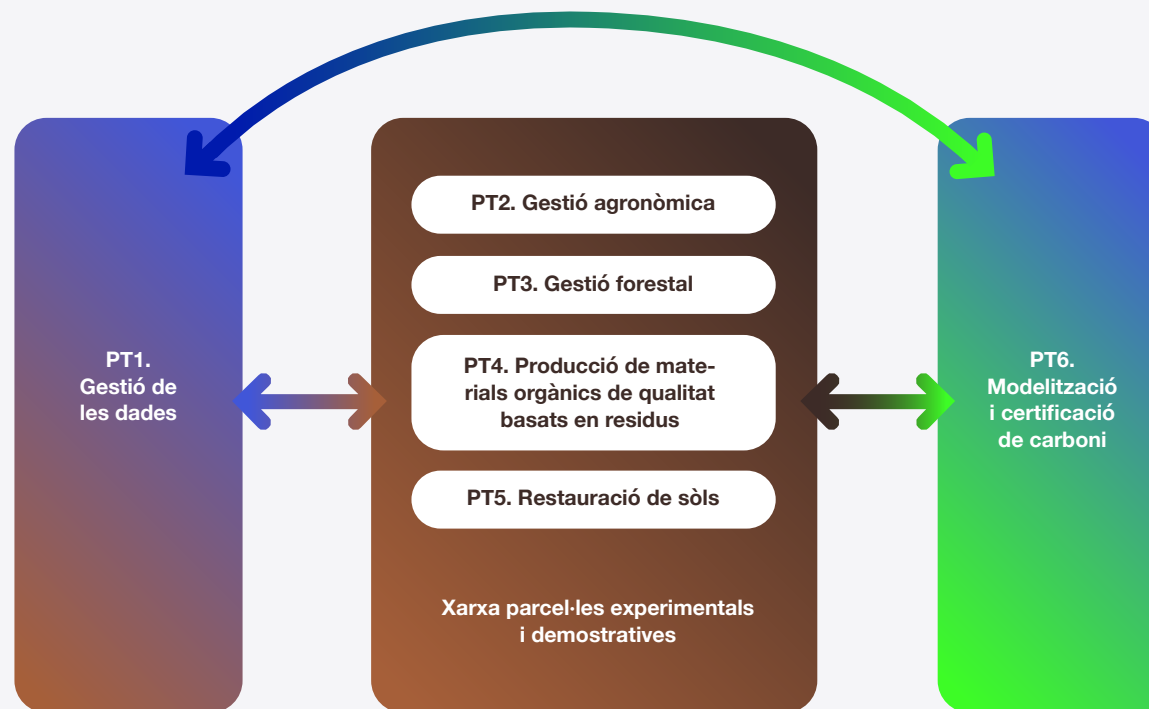
Per desplegar els objectius, el Govern de la Generalitat ha impulsat el **Grup de Treball de Carboni al Sòl** com un **espai estable de col·laboració** entre els centres de recerca i les unitats de l'administració amb competències en sòls, agricultura, boscos, residus i canvi climàtic. Aquest grup neix amb la voluntat d'articular una visió compartida i coordinada sobre la salut dels sòls i el paper del carboni al sòl a Catalunya, més enllà de projectes concrets.

En aquest marc, el Grup de Treball ha desenvolupat el **projecte Carboni al sòl**, que ha comptat amb el finançament del Fons Climàtic i s'ha desenvolupat al llarg dels anys 2024 i 2025. Hi han participat cinc centres de recerca –l'IRTA, el CREAF, el CTFC, AGROTECNIO i el CRAG–, conjuntament amb el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARPA), el Departament de Territori, Habitatge i Transició Ecològica (DTER), l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, l'Agència de Residus de Catalunya i l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, entre d'altres.

La **metodologia de treball** ha estat un dels principals valors del projecte. El grup ha apostat per equips mixtos, formats per personal investigador dels diferents centres i personal tècnic de l'administració. Aquests equips han definit conjuntament les preguntes clau, les prioritats i els criteris d'anàlisi, i han facilitat una mirada compartida i assegurat que el coneixement generat sigui rellevant i útil tant per al territori i per als sectors agrícola i forestal, així com per a la presa de decisions públiques.

El treball s'ha estructurat en **grans blocs temàtics o paquets de treball (PT)**, que aborden els principals àmbits on el carboni al sòl té un paper clau a Catalunya: la gestió agronòmica, la gestió forestal, els materials orgànics i la restauració de sòls degradats. A més, s'ha comptat amb dos blocs transversals: la incorporació de la informació a la Geobase de dades de sòls de Catalunya (GBSC) i l'anàlisi de models de dinàmica de carboni en sòl existents i dels diferents programes i metodologies de certificació del carboni al sòl agrari. En cadascun d'aquests sis àmbits, s'ha dut a terme una revisió sistemàtica del coneixement disponible –projectes de recer-

Figura 1: Estructura del projecte en paquets de treball (PT)



ca, assajos experimentals, informes tècnics, cartografia i bases de dades– amb l'objectiu d'ordenar-lo, fer-lo comparable i extreure'n aprenentatges clars.

La tasca realitzada ha permès generar bases de dades integrades, informes de síntesi i documents metodològics que identifiquen les pràctiques amb més evidència científica, posen de manifest les incerteses existents i assenyalen els buits de coneixement que caldrà

abordar en el futur. Paral·lelament, s'han definit indicadors i protocols comuns per a l'avaluació del carboni al sòl, alineats amb els marcs europeus, que estableixen una base tècnica compartida i robusta.

En conjunt, el treball realitzat ha permès construir, per primera vegada, un **marc integrat, coherent i operatiu** per abordar el carboni al sòl com una oportunitat estratègica per al país.

Què hem après: principals resultats del projecte Carboni al sòl

A continuació, es recullen els resultats assolits en cada paquet de treball, amb voluntat d'oferir una visió resumida del projecte. Els documents complets es poden consultar a la web de [Ruralcat](#), com a espai de referència per ampliar i aprofundir en el coneixement generat.

PT1.

Recopilació, estructuració i integració de dades de sòls

Objectiu /

Millorar la gestió, estructuració i disponibilitat de la informació de sòls existent a Catalunya.

Resultats /

Base de dades de sòls de Catalunya S'ha creat a partir de recerca bibliogràfica i inclou informació general dels punts mostrejats, com la ubicació geogràfica, l'altitud, el material parental, el pendent, la vegetació i l'ús del sòl. També recull les dades dels horitzons del sòl, amb les propietats físiques i químiques rellevants (textura, pH, contingut de carboni orgànic, nitrogen, fòsfor i salinitat). Incorpora informació complementària dels perfils, útil per a la interpretació dels processos d'edafogènesi, i documenta les fonts bibliogràfiques i l'origen de les dades, garantint-ne la traçabilitat i la qualitat. Aquesta informació s'integrarà a la Geobase de dades de sòls de Catalunya (GBSC).

La informació de sòls s'ha recopilat principalment a partir de literatura grisa, com informes tècnics, memòries de tesis, tesines i treballs de fi de màster, i en menor mesura a partir d'articles publicats en revistes científiques, mitjançant el contacte directe amb departaments universitaris, equips de recerca i responsables dels estudis, així com a partir de repositoris accessibles en línia.



Estructura del nou portal web de coneixement de sòls L'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) desenvoluparà un nou portal web de coneixement de sòls per facilitar l'accés, la consulta i la comprensió de la informació sobre sòls disponible a Catalunya. Aquest portal es construirà a partir de l'harmonització de dades històriques recollides a la base de dades, per garantir la coherència, la qualitat i la interoperabilitat de la informació. El nou entorn web es concep com una eina oberta i accessible, adreçada tant a professionals i investigadors com a administracions i ciutadania interessada, per tal d'afavorir la transferència de coneixement i l'ús dels sòls en la planificació territorial, la gestió ambiental i la recerca científica.

PT2.

Sistemes agraris, pràctiques agrícoles i qualitat del sòl

Objectiu /

Avaluar les pràctiques agrícoles dels sistemes agraris de Catalunya en relació amb la qualitat i la salut dels sòls, amb especial atenció a la capacitat de fixació i segrest de carboni.

Resultats /

Caracterització dels sistemes agrícoles i els sistemes de producció vegetal a Catalunya S'ha fet una anàlisi global del context agrícola i climàtic mediterrani, marcat per una elevada variabilitat pluviomètrica i una clara predominança dels sistemes de secà, que representen aproximadament el 70-80% de la superfície agrícola. Els sòls agrícoles catalans es caracteritzen majoritàriament per baixos continguts de matèria orgànica (1-2%), pH bàsic i capacitat limitada de retenció d'aigua, factors que condicionen tant la productivitat com el potencial de millora del carboni del sòl.

Es descriuen els sistemes de producció més rellevants: cultius herbacis de secà i de regadiu, arròs, vinya, olivera, fruita seca, fruita dolça, horticultura i sistemes agroforestals. I es detallen, per a cadascun, les pràctiques agràries habituals: maneig del sòl (conreu intensiu, mínim i sembra directa), fertilització orgànica i mineral, gestió de residus, rotacions, reg i rendiments. Aquesta caracterització es basa en informació tècnica, estadística i sectorial a escala de país, sense entrar en mesures experimentals directes.

L'anàlisi qualitativa posa de manifest que determinades pràctiques encara predominants, com ara el conreu intensiu, els guarets tradicionals, l'extracció de residus de collita o una fertilització poc



ajustada, limiten la millora de la qualitat del sòl, especialment en condicions de secà. Alhora, s'han identificat pràctiques clau amb potencial de millora de la qualitat del sòl, com l'agricultura de conservació, la diversificació de cultius, les cobertes vegetals i els sistemes agroforestals.

Avaluació de la capacitat de segrest de carboni i la qualitat del sòl dels sistemes agraris de Catalunya, a partir de dades experimentals i evidència científica generada al territori.

L'anàlisi es basa en una recopilació exhaustiva d'informació, que inclou 35 articles científics, 6 tesis doctorals i 46 projectes de recerca i transferència, així com dades procedents de 31 projectes d'investigació amb assaigs de camp, desenvolupats en 24 ubicacions de Catalunya. En conjunt, s'ha generat una base de dades que integra 674 registres corresponents a diferents cultius, sistemes productius, pràctiques de maneig i períodes temporals (1990-2025). Aquestes són les principals conclusions per tipus de cultiu:

- Cultius extensius herbacis de secà i regadiu. Els cereals d'hivern per a gra són els cultius dominants al secà i solen conrear-se en rotació amb crucíferes com la colza i la camelina o llegumino-

ses com el favó i el pèsol. El sistema de cultiu predominant en regadiu és el blat de moro amb rotació amb l'alfals. Els resultats indiquen que la resposta del segrest de carboni davant la fertilització orgànica no és uniforme, sinó que depèn de la dosi.

Al seu torn, la reducció en la intensitat del conreu i el no conreu a la zona occidental i central de Catalunya augmenta el contingut de carboni al sòl amb una taxa de segrest de 0,3-0,5 Mg C/ha/any com a mitjana. En el cas de sistemes de regadiu com el blat de moro i l'alfals, es podria arribar a taxes de segrest de 0,8-1,0 Mg C/ha/any. Aquest augment té lloc fins que s'assoleix la saturació de carboni al sòl, habitual després de 8-12 anys d'implementació. Tanmateix, les millores en els indicadors de qualitat del sòl es mantenen, per la qual cosa es recomana mantenir aquesta pràctica més enllà de l'assoliment de la saturació.

A la Catalunya Oriental, la pràctica més estudiada ha estat l'ús de fertilitzants orgànics, biocarbó (*biochar*) i fangs de depuradora, que permeten millorar el contingut de carboni en sòl a una taxa entre 0,13 Mg C/ha (purins de porc) i 0,6 Mg C/ha (*biochar* + purins), sense observar efectes nocius en la qualitat del sòl ni el creixement del cultiu. No es detecten canvis en indicadors de la

qualitat del sòl, tot i que els fangs de depuradora augmenten el contingut d'alguns metalls pesants, però sense superar els límits de seguretat.

- **Cultiu de l'arròs.** El cultiu de l'arròs amb inundació durant el cultiu i la fase hivernal i amb la incorporació anual del rostoll pot segrestar entorn d'1 Mg C/ha/any. La fertilització amb gallinassa afavoreix el segrest de carboni, però no ho fan els purins. Els cultius d'hivern amb veça tendeixen a millorar l'estoc de carboni en sòl i en milloren la seva estructura. Tanmateix, aquests resultats es basen en assajos en una única localització i caldria cobrir la variabilitat de les zones arrosseres de Catalunya per extrapolar-ne els resultats.

- **Cultius llenyosos.** La vinya és el cultiu que mostra estocs de carboni més baixos, entre 35 i 50 Mg C/ha, perquè acostuma a estar en sòls pobres i pedregosos. L'ús de cobertes vegetals en aquest conreu, sobretot quan estan ben establertes, dona lloc a estocs de carboni més elevats i estables que la gestió convencional basada en la llaurada. A més, les cobertes vegetals milloren la salut del sòl en ampliar la capacitat de retenció dels nutrients i protegir-lo de l'erosió. No obstant, en episodis de sequera, poden reduir la producció per la competència que exerceixen pels recursos hídrics.

En fruita dolça, concretament en pomera, existeixen resultats basats en dos anys d'estudi que indiquen que la fertilització orgànica

afavoreix el segrest de carboni. La durada de l'experiment impedeix treure conclusions robustes. No s'han identificat experiències amb altres estratègies en aquest cultiu ni tampoc estudis en altres fruiters i en olivera.

- **Cultius d'horta.** El sistema agrícola de l'horta consisteix en múltiples rotacions al llarg de l'any. El no conreu del sòl acompanyat de l'aplicació d'un encoixinat de xips de fusta augmenta el carboni orgànic al sòl després de dos anys de rotació, però no varia significativament respecte al tractament convencional.

- **Sistemes agroforestals.** A Catalunya existeix una gran diversitat de sistemes silvoarables que combinen arbres amb cultius agrícoles en la mateixa parcel·la, gestionats de manera conjunta. Es disposa d'una base de dades de dotze anys a partir d'un assaig que inclou noguera híbrida i freixe en combinació amb cereals d'hivern. Aquests sistemes presenten una taxa de segrest de carboni al sòl que varia entre 0,67 i 2,17 Mg C/ha/any, un 7% superior al sistema de monocultiu de cereals d'hivern. Quant a la qualitat del sòl, la millora del carboni orgànic s'associa a una millor estructura del sòl, més capacitat de retenció d'aigua, menor risc d'erosió i augment de l'activitat biològica i de la fertilitat del sòl.

Guia de recomanacions de pràctiques per millorar el segrest de carboni i la qualitat dels sòls agraris a Catalunya A partir de l'anàlisi de tretze sistemes de producció agrícoles, que inclouen cultius herbacis de secà i regadiu, arròs, vinya, olivera, fruita

seca, fruita dolça, horticultura i sistemes agroforestals silvoarables, el manual recull i sintetitza els coneixements científics disponibles i identifica pràctiques agrícoles que han demostrat ser efectives per mantenir i millorar la qualitat del sòl.

Entre les pràctiques més destacades hi ha la reducció de la llaurada, l'ús de cobertes vegetals, la diversificació de cultius i rotacions, la gestió adequada dels residus vegetals, l'aplicació d'esmenes orgàniques com el compost i, en alguns casos, l'ús de *biochar* o la integració de bestiar mitjançant pastura controlada. Aquestes pràctiques poden contribuir a augmentar la matèria orgànica del sòl, reduir l'erosió, millorar l'estructura i afavorir l'activitat biològica en funció del clima, el tipus de sòl, el pendent i el sistema productiu.

La guia vol ser una eina útil per a tècnics, pagesos i gestors públics, amb l'objectiu de facilitar la presa de decisions i avançar cap a una agricultura catalana amb majors beneficis ambientals i productius a mig i llarg termini.

Xarxa de parcel·les experimentals i demostratives (XPED)

Hi ha un consens sobre la necessitat de disposar d'assaigs a llarg termini que permetin captar processos lents, com l'estabilització de la matèria orgànica i els efectes acumulatius de les pràctiques agràries, especialment en un context de gran variabilitat climàtica. Alhora, una major homogeneïtzació metodològica facilitaria la comparació de resultats i el desenvolupament de models predictius més fiables. El document posa de manifest àmbits en els quals generar coneixement segons el sistema de cultiu: calen estudis sobre *biochar* i maneig del sòl en cultius herbacis, més dades en arròs i també en vinya, i un nombre major d'estudis en horticultura, olivera i fruiters. Els sistemes agroforestals mostren resultats prometedors, però requereixen ser més estudiats.

Per abordar la variabilitat territorial i la necessitat d'estudis a llarg termini, és clau disposar d'una xarxa de parcel·les experimentals i demostratives. En el marc del projecte, s'ha creat la XPED, un inventari georeferenciat amb més de quaranta parcel·les que representen diversos sistemes agrícoles i pràctiques de gestió del territori, i s'ha definit un protocol comú per harmonitzar les metodologies aplicades. Aquesta infraestructura permetrà avaluar diferents estratègies de maneig agrícola, cobrir la variabilitat agronòmica i edafoclimàtica de Catalunya i aplicar un mateix protocol metodològic, fet que garantirà resultats comparables, consistents i útils per fer prediccions a gran escala.



PT3.

Gestió forestal i dinàmica del carboni del sòl

Objectiu /

Conèixer millor l'efecte de les diferents opcions de gestió forestal en el carboni del sòl i establir parcel·les demostratives per fer-ne un seguiment.

Resultats /

Pràctiques forestals amb incidència en el carboni del sòl i freqüència d'aplicació

L'anàlisi mostra que l'extracció de biomassa (estassades, aclarides) és una de les pràctiques forestals més esteses i, a més, es preveu que augmenti en els pròxims anys. Tanmateix, en general, no contribueix a incrementar el carboni del sòl a curt ni a mitjà termini. Pel que fa a altres tipus de gestió, destaca la **selecció d'espècies**, en què és més habitual promoure els planifolis que les coníferes. Quant als canvis d'**ús del sòl**, la tala arreu és molt més freqüent que l'aforestació, tot i que aquesta última permet augmentar el contingut de carboni al sòl, just al contrari del que passa amb la tala.

En la **gestió de les restes forestals**, la pràctica més comuna és deixar-les sobre el sòl, mentre que la seva retirada o crema són opcions menys habituals. En aquest àmbit, es preveu un increment de la trituració de restes, una pràctica positiva per a la conservació del carboni del sòl. En la **gestió postincendi**, és clau evitar la pèrdua de sòl, però sovint es retiren els arbres morts, tot i que aquests podrien tenir un paper beneficiós en la regeneració natural dels ecosistemes.

En el cas de les **pastures**, predominen l'abandonament o la recuperació de pastures emmatades mitjançant treballs mecànics, mentre que les cremes prescrites són poc freqüents. La gestió orientada específicament a la **conservació** encara és minoritària, tot i que podria créixer en el futur. D'altra banda, l'**ús de maquinària** pesada i l'obertura de pistes forestals, pràctiques habituals i possiblement en augment, han estat poc estudiades, però podrien tenir un impacte rellevant sobre el carboni del sòl. En canvi, l'aplicació de **fertilitzants o altres agents** químics és molt poc comuna i no s'espera que augmenti.

Cerca bibliogràfica sobre els efectes de la gestió forestal en el carboni del sòl en l'àmbit mediterrani

Fer **aclarides** és el tipus de gestió forestal més habitual tant a l'àrea mediterrània com als boscos temperats. El seu efecte sobre els estocs de carboni del sòl depèn de la intensitat de l'actuació i de la gestió de les restes, i sovint és temporal, ja que es reverteix a mitjà o llarg termini. Entre els efectes positius, destaquen la reducció de la competència per l'aigua i els nutrients, que pot augmentar la productivitat i afavorir l'acumulació de carboni a llarg termini. L'escampada de restes llienyoses fins pot contrarestar la pèrdua de carboni que sovint té lloc a curt i mitjà termini degut a la reducció de biomassa i d'aportacions de matèria orgànica al sòl. També permet millorar el contingut de nutrients del sòl, protegir-lo de l'erosió i afavorir l'activitat biològica.

L'**aforestació** incrementa l'aportació de matèria orgànica al sòl i habitualment augmenta l'acumulació de carboni edàfic, raó per la qual millora la qualitat del sòl. A Catalunya, s'ha documentat que plantacions de diverses espècies del gènere *Pinus* en antics sòls agrícoles han permès acumular entre 10 i 41 gC m⁻² any⁻¹, amb valors sovint superiors als de la successió secundària natural.

Pel que fa a les **cremes prescrites**, el carboni contingut en els horitzons orgànics superficials és el més vulnerable a les cremes, atès que pot ser parcialment o totalment consumit, depenent de la intensitat de la crema. En canvi, no és fàcil detectar canvis significatius en el carboni dels horitzons minerals del sòl. Ara bé, aquestes cremes incorporen al sòl materials orgànics amb diferents graus de carbonització, sovint molt resistents a la descomposició, que poden quedar al sòl durant molt de temps i contribuir a la conservació del carboni.

Finalment, l'efecte de les pertorbacions causades per l'**ús de maquinària pesada** en treballs forestals està poc estudiat, però sembla que es relaciona més amb el nombre de passades que amb el pes de la maquinària. En general, provoquen una reducció de la protecció física de la matèria orgànica i, per tant, una major vulnerabilitat a la pèrdua de carboni, amb disminucions reportades de fins al 25% del contingut de matèria orgànica del sòl.

S'han establert **parcel·les demostratives** per al seguiment de l'efecte de la gestió forestal sobre el carboni del sòl en rodals de pi roig (*Pinus sylvestris*) situats al terme municipal de Soriguera (Pallars Sobirà). Les actuacions inclouen dos tipus d'aclarida: una d'aclarida convencional, homogènia a tota la superfície i amb una fracció de cabuda coberta del 50%, i una aclarida molt intensa, en què els arbres es deixen agrupats en clapes de 4 a 8 peus, amb una cabuda coberta del 30%. En cada tractament, a la meitat de la superfície, s'hi va aplicar una crema prescrita de les restes durant la tardor de 2025.

Els resultats de la caracterització inicial del sòl indiquen uns estocs de carboni entre 8,5 i 9,0 kgC/m² en els primers 30 cm del sòl, dels quals aproximadament el 33% es troba als horitzons orgànics i el 67% al sòl mineral. Com era esperable, no s'han detectat diferències significatives entre tractaments, atès que aquestes dades corresponen a l'estat inicial, que servirà de base per al seguiment a llarg termini de l'evolució del carboni segons el tipus de gestió aplicada.

A més, es va realitzar un mostreig específic per avaluar l'impacte a curt termini en els 5 cm superficials del sòl de la crema prescrita. A causa del retard per motius meteorològics en l'execució de la crema i, consegüentment, del mostreig, les mostres es processaran i analitzaran a posteriori.

PT4.

Materials orgànics amb capacitat de segrest de carboni

Objectiu /

Avaluar el potencial de diversos materials orgànics per contribuir al segrest de carboni al sòl i millorar-ne la qualitat física, fisicoquímica i biològica.

Resultats /

Recerca bibliogràfica sobre tipologies de materials orgànics, indicadors i assajos recollida en un informe resum, que també ha servit com a base d'un article científic enviat a la revista *Biology and Fertility of Soils*.

Inventari de materials orgànics que inclou 88 materials diferents, agrupats en 55 tipologies amb potencial per al segrest de carboni i classificats en tres grans grups: materials orgànics, lignocel·lulòsics i *biochar* o biocarbó. L'inventari recull informació sobre el seu origen, sector, estat i quantificació del volum generat, tot i que la seva heterogeneïtat en composició, estabilitat i nutrients en condiciona l'ús i requereix una avaluació específica segons l'aplicació que estigui prevista.

Aquest recull ha permès redactar un informe de síntesi amb valors i rangs que nodreixen la tasca d'interpretació i transferència dels resultats. Així, s'ha construït una base de dades a partir de gairebé 3.300 mostres aportades per les institucions participants en el projecte i s'han caracteritzat vora 40 paràmetres descriptors. La base de dades aporta els valors fisicoquímics necessaris per interpretar la variabilitat entre tipologies, identificar els materials prioritaris i establir referències sòlides per a la seva gestió i valorització posteriors. D'aquesta manera, l'informe de síntesi actua d'element de validació



tècnica entre les tasques d'inventari i recopilació de materials i la definició de criteris i metodologies comunes.

Quantificació de la disponibilitat de materials orgànics a Catalunya amb capacitat de contribuir a la matèria orgànica del sòl. L'anàlisi indica que els principals volums provenen del sector ramader, seguit del forestal, especialment rellevant per la seva aportació de carboni recalcitrant, i dels materials d'origen municipal i agroalimentari, com ara compost, fangs de depuradores i digestats.

Caracterització dels materials orgànics Entre els descriptors dels materials analitzats, es proposa la relació entre el contingut de matèria orgànica total (MOT) i resistent (MOR) com a indicadors de potencial de segrest de carboni. Una primera anàlisi basada en la MOT i la MOR indica que les restes vegetals són els materials amb major potencial de segrest de carboni, tot i la seva elevada variabilitat. El compost i les dejeccions sòlides presenten valors intermedis, mentre que els materials líquids i pastosos (com purins i digestats) mostren els nivells més baixos. Per valorar adequadament el potencial de segrest, cal complementar aquestes dades amb paràmetres específics, com el carboni recalcitrant, el carboni làbil, els àcids húmics i fúlvics, el carboni inorgànic, el carboni orgànic total i proves d'estabilitat, maduresa i fibra crua. Aquesta tasca s'ha acompanyat

d'un inventari de mètodes analítics dels materials per als tres grans grups: materials orgànics, lignocel·lulòsics i *biochar* o biocarbó.

Document recopilatori de materials orgànics i les seves propietats per posar en valor els resultats obtinguts i establir les bases per a futures accions que consolidin la gestió sostenible dels materials orgànics com a eina per a la mitigació del canvi climàtic. En aquest informe, es destaca la importància d'optimitzar la gestió, el tractament i l'aplicació dels materials, així com de considerar-ne la proximitat territorial i l'anàlisi del cicle de vida.

Els inventaris elaborats són la premissa per a una futura base de dades global i han posat de manifest la importància d'iniciatives col·laboratives com aquest projecte, que permeten optimitzar la informació existent i maximitzar-ne la capacitat d'extrapolació i implementació dels resultats, cosa que incrementa l'eficiència de la inversió realitzada en cada projecte individual. L'anàlisi de la informació també mostra que persisteixen buits d'informació que fan necessari donar continuïtat al projecte, completar la caracterització i definir criteris i estratègies clares. La col·laboració entre institucions ha estat un element clau i es considera essencial mantenir-la en el futur.

PT5.

Restauració de sòls degradats i segrest de carboni

Objectiu /

Avaluar el potencial de segrest de carboni de la restauració de sòls degradats a Catalunya.

Resultats /

Mapa de sòls vulnerables a la degradació a Catalunya (DegSolCat), organitzat en quatre mòduls: general, ús del sòl agrari, ús forestal i zones altament antropitzades. Dona informació per diferents fonts de degradació, que inclouen erosió hídrica, erosió eòlica, excés de nitrats, coberta vegetal defectiva, activitats extractives i abocadors, construcció d'infraestructures de transport i segellat i decapatge del sòl. El diagnòstic inicial mostra que més de la meitat del territori català presenta una certa vulnerabilitat a la degradació del sòl, amb un 7% amb un grau de degradació greu i gairebé un 5% amb sòls segellats. El mapa és una primera aproximació que caldrà afinar en el futur amb variables que ara no disposen de prou resolució espacial.

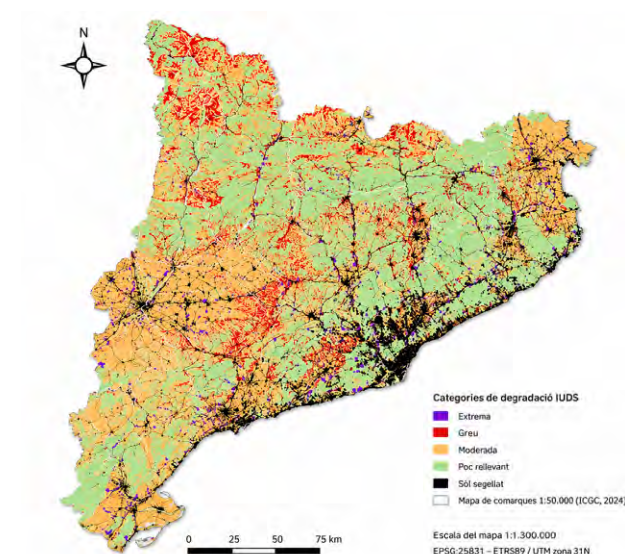
Metodologia per prioritzar la restauració de sòls degradats a partir d'onze factors de prioritat que s'agrupen en cinc tipologies: vulnerabilitat a la degradació del sòl, risc per a persones i infraestructures, factors ecològics, factors socials i potencial de segrest de carboni. Com a resultat, s'ha definit l'Índex Unificat de Prioritat de Restauració (IUPRS), que estableix quatre nivells de prioritat –sense prioritat, baixa, mitjana i alta– i proporciona una base objectiva per orientar les polítiques públiques de restauració del sòl.

Base de dades sobre restauració i segrest de carboni al sòl a Catalunya amb informació de 147 projectes i parcel·les de restauració distribuïts arreu del territori. Aquesta base inclou dades sobre el grau de degradació, els tipus de restauració aplicats i les característiques del sòl i de la vegetació. Les primeres anàlisis mostren increments progressius del carboni orgànic del sòl i de la riquesa vegetal a mesura que avança el procés de restauració.

Revisió dels indicadors de segrest de carboni i qualitat del sòl en processos de restauració, alineada amb la nova Directiva europea de vigilància i resiliència del sòl [Directiva (UE) 2025/2360]. S'ha prioritzat l'ús d'indicadors multifuncionals i s'han definit cinc descriptors clau per a la certificació del carboni (carboni orgànic del sòl, densitat aparent, erosió, pedregositat i biodiversitat vegetal), així com quinze descriptors addicionals orientats a la recerca, que inclouen indicadors microbiològics, contaminants emergents i paràmetres fisicoquímics. Aquest treball es completa amb diversos annexos i bases de dades que sistematitzen la informació bibliogràfica i la prioritització dels indicadors.



Figura 2: Mapa provisional de vulnerabilitat a la degradació de sòls de Catalunya (DegSolCat) en base als factors de degradació disponibles.



PT6.

Models, certificació i mercats de carboni

Objectiu /

Analitzar els models de carboni orgànic al sòl existents i valorar si poden aplicar-se en el context mediterrani i proporcionar suport tècnic per desenvolupar un sistema de certificació de carboni al sòl adaptat al context català.

Resultats /



Avaluació de la modelització de la dinàmica del carboni orgànic del sòl (COS)

en sistemes agrícoles, forestals i agroforestals de Catalunya. Aquest exercici de diagnòstic ha permès veure tant el potencial d'aplicació dels models segons els sistemes productius com les principals barreres, necessitats i mancances que en condicionen l'ús, especialment pel que fa a l'absència parcial, per als sistemes agrícoles i agroforestals, o total, per als sistemes forestals, de dades de sòl, de sèries temporals i de variables clau (com ara la densitat aparent, estimacions de l'erosió, etc.) o de caracterització del maneig. La conclusió és que es fa imprescindible respondre de manera coordinada a tres dimensions clau: el reforç i l'harmonització de les dades, el calibratge i la validació dels models en condicions mediterrànies i el desenvolupament d'un marc legal específic que reguli l'accés, l'ús i la reutilització de les dades. D'aquesta manera, la modelització podrà transcendir l'àmbit de la recerca exploratòria i esdevenir una eina operativa, estratègica i fiable per a la gestió del sòl agrari al camp, la certificació i les polítiques.

Revisió dels programes actuals de certificació de carboni al sòl

L'informe presenta una revisió en profunditat de metodologies de certificació de carboni en sòls agraris actives a escala internacional. En total, s'han analitzat 25 metodologies pertanyents a 18 programes de certificació d'abast internacional, nacional i regional. L'anàlisi comparativa s'ha estructurat a partir dels criteris de qualitat que indica el Reglament (UE) 2024/3012 del Parlament Europeu i del Consell, de 27 de novembre de 2024, pel qual s'estableix un marc de certificació de la Unió per a les absorcions permanents de carboni, la carbonocultura i l'emmagatzematge de carboni en productes (CRCF), i avaluada de manera sistemàtica com cada programa aborda aspectes clau, com ara les condicions d'elegibilitat, la permanència, la quantificació del carboni al sòl, l'addicionalitat, la gestió del risc i la sostenibilitat ambiental i socioeconòmica.

Els resultats mostren un ventall metodològic heterogeni i dinàmic, amb diferències substancials en terminologia, enfocament, rigor tècnic i grau d'alineació amb els principis del CRCF. L'estudi evidencia la necessitat d'avançar cap a més harmonització metodològica i terminològica, en línia amb el marc de certificació de la Unió Europea, però amb una adaptació a les especificitats territorials, agròniques i socioeconòmiques de Catalunya. Els criteris i subcriteris sistematitzats en aquest informe proporcionen una base tècnica per avaluar la compatibilitat, robustesa i aplicabilitat dels programes existents en el context català. A més, poden donar suport al desen-

volupament d'un sistema de certificació de carboni en sòls agraris ajustat al context mediterrani i a l'evolució normativa europea.

La situació econòmica dels agricultors i les particularitats del territori fan necessari **impulsar a Catalunya un programa públic de certificació de carboni al sòl amb una metodologia pròpia**. El desenvolupament d'aquest esquema facilitaria l'accés del sector primari català als sistemes de certificació de carboni i en milloraria la participació, amb l'objectiu de generar noves oportunitats d'ingressos amb una reduïda càrrega administrativa. Al mateix temps, aquest enfocament permetria adaptar la certificació a la realitat agrària catalana i incentivar l'adopció de pràctiques agrícoles més sostenibles dins del sistema alimentari del país.

En aquest sentit, l'ús de dades primàries locals per a la certificació del carboni orgànic del sòl i dels cobeneficis associats, com ara la biodiversitat i els serveis ecosistèmics, pot contribuir a generar certificats d'alta qualitat i amb menor incertesa, fet que en pot incrementar el valor en el mercat. La combinació d'aquest potencial valor afegit amb costos d'accés reduïts podria traduir-se en un major retorn econòmic per als agricultors.

Tanmateix, el coneixement científic actual sobre l'eficàcia d'aquestes pràctiques a Catalunya i al conjunt de la Mediterrània és encara limitat, cosa que introdueix incerteses en la seva implementació i certificació. Per abordar aquesta limitació i reforçar la solidesa del sistema, cal impulsar experiments controlats i a llarg termini que permetin generar evidència robusta sobre l'impacte de diferents pràctiques agrícoles i sistemes de cultiu.

Per tot plegat, l'informe conclou que Catalunya hauria de desenvolupar un sistema públic propi de certificació del carboni al sòl, rigorós des del punt de vista tècnic, alineat amb el marc europeu del CRCF i adaptat a les condicions del territori. Els criteris proposats en aquest treball representen un primer pas sòlid per avançar cap a un sistema català creïble, operatiu i coherent amb la normativa europea.

Del coneixement a l'acció: properes passes necessàries

La creació del Grup de Treball de Carboni al Sòl **ha representat un primer pas estratègic i transcendent per poder aglutinar el principal coneixement existent sobre la salut del sòl a Catalunya**, gràcies al treball col·laboratiu i multidisciplinari de persones expertes en aquest àmbit al país.

L'anàlisi global de les dades existents ha permès quantificar l'estat de salut i la capacitat de segrest de carboni d'una part significativa dels sòls de Catalunya. **Aquest exercici també ha posat de manifest dues necessitats de recerca i transferència:** d'una banda, cal entendre millor com responen els sòls de Catalunya a pràctiques de gestió que han funcionat bé en altres regions, però que encara no s'han estudiat prou en el nostre context; de l'altra, l'elevada heterogeneïtat en la resposta dels sòls a les diferents pràctiques de gestió, condicionada tant pel context climàtic com per l'evolució temporal dels sistemes, requereix un major aprofundiment. Per això, **és important continuar generant coneixement** que ajudi a millorar la salut dels sòls agroforestals i a facilitar la incorporació de pràctiques de gestió més sostenibles per part del sector productiu i dels gestors del territori.

En aquest marc, **es considera clau tant mantenir l'estructura humana del projecte, articulada a través del Grup de Treball de Carboni al Sòl, com la xarxa de parcel·les experimentals i demostratives associada**. Aquesta xarxa permet avaluar, en condicions reals, la capacitat de resposta dels estocs de carboni del sòl i la viabilitat tècnica i econòmica de les diferents pràctiques de gestió. Alhora, **constitueix una infraestructura estratègica** per disposar de dades actualitzades, ampliar el coneixement existent i afavorir l'intercanvi d'informació entre el món científic i tècnic, el sector productiu i els responsables de la presa de decisions. Consolidar aquesta estructura és essencial per impulsar polítiques públiques més eficaces, promoure bones pràctiques en els sòls agroforestals i contribuir tant als objectius climàtics com al desenvolupament rural sostenible de Catalunya.

Impacte estratègic i visió de futur

El carboni al sòl és un indicador clau de la salut dels sòls i un element transversal que connecta productivitat agrària, resiliència climàtica, biodiversitat i serveis ecosistèmics. Incorporar-lo de manera explícita en les polítiques públiques permet avançar cap a una gestió més integrada del territori, basada en sòls vius, funcionals i resilients. Situar la salut dels sòls i el carboni com a element clau de les estratègies agràries, forestals i climàtiques reforça el sòl com a recurs estratègic i posa en valor el paper central del sector agroforestal com a agent clau en la gestió activa del territori.

En aquest marc, **el projecte Carboni al sòl ha evidenciat el valor que té una visió coordinada entre recerca i administració per impulsar polítiques de sòl més eficaces**. La creació del Grup de Treball de Carboni al Sòl ha permès ordenar el coneixement existent i establir una base compartida per transformar l'evidència científica en acció pública. Aquest espai de col·laboració representa una oportunitat estratègica per donar continuïtat als resultats del projecte i avançar cap a una gestió sostenible dels sòls a Catalunya, de la mà del sector agroforestal.



Projecte Carboni al sòl

Centres de recerca participants:

IRTA, CREAF, CTFC, AGROTECNIO i CRAG

Unitats competents de la Generalitat de Catalunya participants:

/ Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARPA):

- Servei de Sòls i Gestió Mediambiental de la Producció Agrària
- Oficina de Fertilització i Tractament de Dejeccions Ramaderes
- Direcció General de Boscos i Gestió del Medi
- Centre de la Propietat Forestal

/ Departament de Territori, Habitatge i Transició Ecològica (DTER):

- Oficina Catalana del Canvi Climàtic
- Agència de Residus de Catalunya
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Coordinació:

IRTA i Gabinet Tècnic del DARPA

Abast: Catalunya. Sòls agraris i forestals, restauració de sòls degradats, gestió de materials orgànics

Temporalitat:

2024-2025

Finançament:

Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya (2,2 M€)



EBC2030
ESTRATÈGIA
DE LA BIOECONOMIA
DE CATALUNYA 2030

GRUP DE TREBALL
**CARBONI
AL SÒL**

On trobar tota
la informació:
**Projecte
Carboni al sòl**



**Generalitat
de Catalunya**

El Govern de
Tot hom