



EBC 2030

ESTRATÈGIA
DE LA BIOECONOMIA
DE CATALUNYA 2030

Pràctiques agrí- coles i incidència en els sòls de Catalunya

Maig 2026

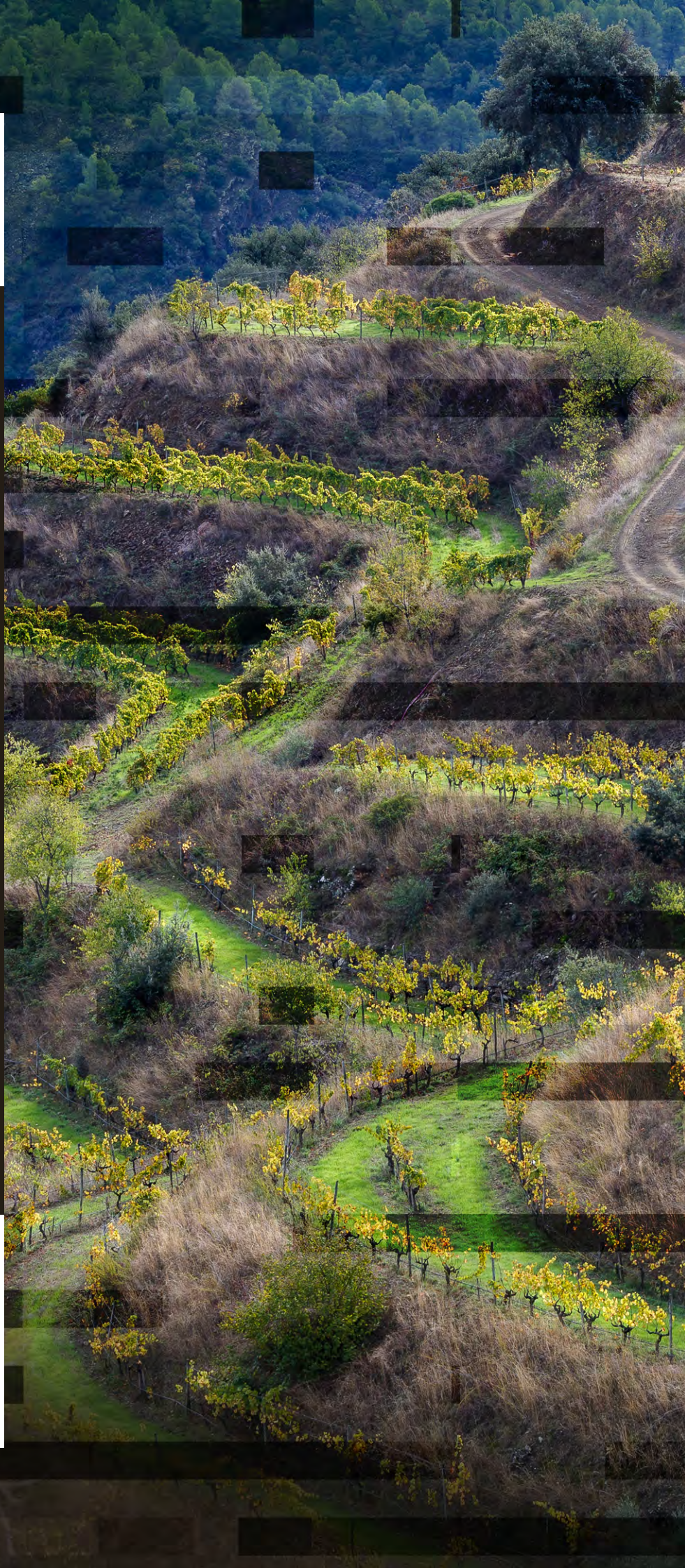
GRUP DE TREBALL

**CARBONI
AL SÒL**



Generalitat
de Catalunya

El Govern de
Tot Hom



Pràctiques agrícoles i incidència en els sòls de Catalunya

Maig 2026

Aquest document forma part dels resultats del projecte Carboni al sòl (2024-2025) finançat pel Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya. Els resultats complets del projecte estan disponibles a Ruralcat: <https://ruralcat.gencat.cat/web/guest/bioeconomia/carboni-al-sol>

© Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

© Imatges: imatges lliures de drets de Adobe Stock.

Avís legal

Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons del tipus reconeixement d'autoria i usos no comercials. La llicència es pot consultar a: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.ca>



Membres del Grup de treball Carboni al sòl



Índex

Introducció.....	2
Maneig del sòl: com i quant es treballa la terra	3
Intensificació: diversificació de cultius i reducció del guaret.....	4
Fertilització i ús d'esmenes orgàniques.....	5
Maneig de les restes de collita	6
Encoixinament (<i>mulching</i>) amb restes vegetals	7
Ús de cobertes vegetals.....	8
Sistemes agroforestals.....	9
Bibliografia.....	10

Aquest document és una síntesi de l'article "Identificació de les diferents pràctiques agràries que poden incidir en el segrest de C i la qualitat del sòl" dins el document "Sistemes agrícoles i sistemes de producció de Catalunya: Qualitat del sòl i fixació de Carboni", elaborat en el marc del Grup de treball de Carboni al sòl.

Autoria

Carlos Cantero-Martínez, Jesús Fernández-Ortega, Gonçalo Nascimento, Evan Marks (Fundació Centre de Recerca Agrotecnio)

Gemma Murillo-Busquets (Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Generalitat de Catalunya).

Pau Solé Boronat, Elena González Llinàs, Francesc Domingo Olivé, Maite Martínez-Eixarch, Mar Català, Inmaculada Funes, Glòria Àvila, Hongmei Quer, Carme Biel i Rafaela Cáceres (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries)

Sílvia Cufí (Universitat de Girona)

Antoni Sanchez Ortiz (Universitat Rovira i Virgili)

Lluís Giralt (Institut Català de la Vinya i el Vi)

Stefania Maris, Jaime Coello i Eduardo Collado (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya)

Revisió i síntesi

Ramon Serra Roca i Jordi Tugues Tarragona (Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Generalitat de Catalunya).

Carlos Cantero-Martínez, Evan Marks (Fundació Centre de Recerca Agrotecnio)

Introducció

El sòl agrícola no és només un suport per als cultius. És un sistema viu que emmagatzema carboni en forma de matèria orgànica i que, segons com es gestioni, pot **perdre'n, conservar-ne o augmentar-ne**. Aquest carboni està directament relacionat amb la fertilitat, la capacitat de retenir aigua, l'estabilitat del sòl davant l'erosió i la seva resiliència davant episodis climàtics extrems.

Aquest document resumeix i explica **quines pràctiques agràries influeixen de manera més clara en el carboni del sòl i en la seva qualitat**, a partir de la informació generada dins el [Grup de treball de Carboni al sòl](#). No es tracta de receptes universals, sinó d'entendre **com funciona el sòl** i com les decisions de maneig poden influir sobre el seu estat i inclinar la balança.

Maneig del sòl: com i quant es treballa la terra

El maneig del sòl és una de les pràctiques agrícoles que **més influeix en la qualitat del sòl i en la capacitat de retenir carboni**. Quan es treballa el sòl, es fa amb els objectius de descompactar i airejar el sòl, preparar el camp per sembrar, controlar les males herbes, les plagues i les malalties o gestionar les restes vegetals, però també s'afecten directament la matèria orgànica, l'estructura del sòl, la vida microbiana i la pèrdua o la conservació de carboni.

El **conreu intensiu**, basat en llaurades profundes i repetides, ha estat històricament una pràctica molt estesa. Aquest tipus de treball del sòl, fet amb la intenció de procurar nutrients als cultius, va generar inicialment un augment dels rendiments gràcies al bon estat de salut del sòl. Tanmateix, a llarg termini, s'ha vist que **aquest sistema accelera la descomposició de la matèria orgànica**, augmenta l'entrada d'oxigen al sòl i facilita que el carboni s'alliberi cap a l'atmosfera en forma de CO₂, la qual cosa afecta negativament la seva estructura i el deixa més exposat a l'erosió, especialment en episodis de pluja intensa.

En contraposició, les pràctiques d'**agricultura de conservació**, com el **mínim conreu** i la **sembra directa**, redueixen la pertorbació del sòl. En aquests sistemes, el sòl es remou poc o gens, es manté part de la coberta vegetal o de les restes de cultiu a la superfície, i es conserva millor l'estructura i la microbiologia natural del sòl. Aquestes pràctiques **afavoreixen la conservació del carboni**, milloren l'estabilitat dels agregats del sòl i redueixen l'erosió. A més, s'ha vist que tenen un efecte positiu en l'acumulació de l'aigua i en l'ús que en fan el cultius en els sistemes mediterranis de secà (Cantero-Martínez *et al.*, 2003; Cantero-Martínez *et al.* 2007; Lampurlanés *et al.* 2016, Cantero-Martínez *et al.* 2025), en què la conservació de l'aigua al sòl és clau per a la producció dels cultius.

En els cultius extensius d'hivern i d'estiu de Catalunya, moltes explotacions estan adoptant aquestes pràctiques, i en molts casos **els rendiments són similars o lleugerament superiors** als del conreu intensiu. Això indica que deixar de treballar el sòl de forma intensiva no implica necessàriament perdre productivitat, especialment en sistemes ben adaptats.

En cultius llenyosos, la reducció de la llaurada pot ser beneficiosa per al carboni del sòl, però **cal adaptar el maneig a cada situació**, ja que en sòls amb risc de compactació o amb forta pressió de males herbes pot ser necessari adaptar-lo. En aquest context, la combinació de la reducció del treball del sòl amb altres pràctiques com ara les cobertes vegetals, l'adició d'esmenes com el compost o l'encoixinament (*mulching*) pot ser eficaç per al segrest i l'estabilització del carboni orgànic i del nitrogen a llarg termini.

Remoure menys el sòl ajuda a conservar el carboni, però el maneig ha d'estar adaptat al cultiu, al sòl i a les condicions de cada finca.

Intensificació: diversificació de cultius i reducció del guaret

La manera com es distribueixen els cultius al llarg del temps té un paper clau en la qualitat del sòl. Els sistemes basats en **monocultius repetits** tendeixen a generar sòls més pobres en matèria orgànica i amb menys biodiversitat, mentre que la **diversificació de cultius** afavoreix la incorporació de carboni i la salut del sòl.

Les **rotacions de cultius** permeten aportar al sòl diferents tipus de biomassa (arrels, restes vegetals i residus de collita) i ajuden a trencar cicles de plagues, malalties i males herbes. En la producció de cereals, per exemple, el paper de les lleguminoses, les crucíferes o els cultius farratgers aporta biomassa i, en alguns casos, nitrogen, la qual cosa contribueix indirectament a millorar la fertilitat del sòl (Nascimento *et al.*, 2023, 2024).

Un altre aspecte clau és la **reducció del guaret llarg**, especialment quan aquest es gestiona amb treballs intensius del sòl. Històricament, el guaret s'utilitzava per acumular aigua i recuperar fertilitat, tot i que, en molts casos, **els guarets treballats intensament afavoreixen l'erosió i la pèrdua de carboni i limiten l'emmagatzematge de l'aigua al sòl**. A més, en escurçar els períodes de guaret, s'incrementa la producció de biomassa, la principal font de matèria orgànica al sòl.

En aquest context, cal posar en valor alternatives com la **introducció de cultius coberta** o rotacions més diverses, que permeten mantenir el sòl protegit i actiu durant més temps, o fins i tot, el **doble cultiu** en els sistemes agrícoles de regadiu (Fernández-Ortega *et al.*, 2023, 2025), tot i que representa un desafiament per a l'agricultor, ja que la finestra entre la fi d'un cultiu i la sembra del següent és molt estreta.

Les rotacions de cultius són freqüents en cultius extensius i també en horta, on es poden realitzar dos i fins a cinc cultius hortícoles per any en les nostres condicions climàtiques.

- Un sòl amb més diversitat de cultius acostuma a rebre més biomassa i perdre menys carboni que un sòl sotmès a monocultiu o guaret nu.
- L'èxit de les pràctiques de diversificació dependrà principalment de l'adaptabilitat dels cultius seleccionats a les condicions del maneig i de l'entorn.

Fertilització i ús d'esmenes orgàniques

La reposició de nutrients és essencial per mantenir els nivells de productivitat dels sistemes agrícoles. Aquesta fertilització no només condiciona la producció del cultiu, sinó també l'evolució del carboni i la matèria orgànica del sòl, gràcies a l'efecte positiu sobre el creixement vegetal.

Cada tipus de fertilitzant presenta unes característiques que cal conèixer per adaptar-ne el maneig i aprofitar els nutrients per tal de reduir els efectes adversos al medi. Els fertilitzants orgànics (les dejeccions ramaderes o el compost, entre d'altres) presenten una menor concentració de nutrients i els alliberen lentament amb el temps, mentre que els fertilitzants químics en tenen una concentració més elevada i amb una disponibilitat més immediata, però amb un risc més alt de lixiviar-se.

Els fertilitzants minerals aporten els nutrients de forma directa i ràpida, però **no aporten carboni** al sòl, cosa que sí aporten els productes orgànics, els quals poden contribuir directament a augmentar la matèria orgànica del sòl. Ara bé, **l'aplicació d'adobs orgànics no garanteix automàticament un augment del carboni del sòl**. Quan les dosis són excessives o estan mal gestionades, una part important del carboni es pot mineralitzar ràpidament i no quedar retinguda al sòl.

És essencial planificar correctament la fertilització i ajustar-la a les necessitats reals del cultiu per maximitzar-ne els beneficis, tant per al rendiment com per al medi ambient, i, alhora, minimitzar els possibles efectes negatius derivats d'un ús inadequat.

En zones amb una concentració ramadera elevada, pot existir risc de sobrefertilització. Tanmateix, s'observa una tendència positiva: cada cop hi ha més consciència i una millor formació entre els agricultors, que valoren més les dejeccions ramaderes com a fertilitzant i en fan un ús més adequat. Al mateix temps, també augmenta la disponibilitat d'eines i informació que permeten conèixer millor la composició dels productes orgànics i aplicar-los amb una dosificació més precisa.

L'aplicació d'adobs orgànics pot aportar millores significatives en la qualitat física, química i biològica del sòl. En canvi, els fertilitzants minerals es limiten principalment a subministrar nutrients, tot i que de manera indirecta també poden contribuir a incrementar la matèria orgànica gràcies a un augment de la producció de biomassa del cultiu.

Una fertilització ajustada millora el rendiment del cultiu i pot ajudar a augmentar el carboni del sòl.

Maneig de les restes de collita

Les restes de collita —com la palla, els rostolls o altres residus vegetals— són una de les **principals fonts de carboni per al sòl agrícola**. La seva gestió condiona directament la capacitat del sòl per mantenir o augmentar el seu contingut en matèria orgànica.

Quan les restes de cultiu **es deixen al camp i s'incorporen progressivament al sòl**, aporten carboni i nutrients, milloren l'estructura del sòl i afavoreixen l'activitat dels microorganismes. Aquest carboni no queda tot fixat de manera permanent, però una part pot passar a formar part de la matèria orgànica del sòl, contribuint a millorar-ne la qualitat.

Un dels principals factors que intervenen en la quantitat de carboni que finalment és fixat al sòl és la relació carboni-nitrogen d'aquestes restes. Els residus amb una alta relació carboni-nitrogen, com els rostolls de cereals, es descomponen més lentament i afavoreixen l'augment del carboni al sòl. D'altra banda, els residus amb una baixa relació carboni-nitrogen, com els de lleguminoses, es descomponen ràpidament i alliberen nutrients, però contribueixen menys al segrest de carboni a llarg termini (Chen *et al.*, 2014; Coppens *et al.*, 2007; Fang *et al.*, 2018).

En canvi, la **retirada sistemàtica de la palla** —ja sigui per a la venda o per a ús ramader— redueix de manera significativa l'entrada de carboni al sòl. Aquesta pràctica, molt habitual en alguns sistemes extensius, **limita la capacitat del sòl per recuperar matèria orgànica** i pot accentuar-ne la degradació a mitjà i llarg termini.

Per la seva banda, la biomassa radicular també contribueix significativament a la reposició de matèria orgànica a causa de les seves altes concentracions de carboni. Aquest fet es fa evident amb els sistemes de pastura. Les pastures solen tenir nivells més alts de matèria orgànica, principalment pel creixement i la renovació contínua d'arrels perennes, que romanen sense pertorbació i amb una cobertura constant del sòl (Sollenberger *et al.*, 2019).

En els sistemes d'agricultura de conservació, el maneig de les restes de collita és un element clau. És important **repartir bé la palla sobre la superfície** i evitar acumulacions irregulars, la qual cosa es pot aconseguir elevat el tall de collita i amb el picat de la palla i el rostoll. Això facilita una descomposició més equilibrada, protegeix el sòl de l'impacte directe de la pluja i ajuda a reduir l'erosió.

En la producció hortícola normalment s'eliminen les restes dels cultius perquè la finestra de temps entre un cultiu i un altre és molt curta i no hi ha prou temps per a la seva descomposició. En altres casos, s'eliminen per evitar la transmissió de malalties o plagues.

En el cas concret del cultiu de l'arròs, la incorporació del rostoll després de la collita té un paper molt rellevant com a aportació de carboni. No obstant això, aquesta pràctica pot tenir implicacions sobre les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, el que fa necessari dur a terme una **gestió acurada i adaptada** del sistema.

Pel que fa als cultius llenyosos, la incorporació de residus de collita al sòl (com pot ser la sansa d'oliva) pot comportar un augment del carboni al sòl, però sense una gestió correcta pot provocar desequilibris a la fertilitat del sòl.

El carboni del sòl depèn en gran mesura de quanta biomassa vegetal hi entra i quanta en surt; les restes de collita són una peça clau d'aquest balanç.

Encoixinament (*mulching*) amb restes vegetals

L'encoixinament, també conegut com a *mulching*, consisteix a **cobrir el sòl amb materials vegetals**, com ara palla, restes de poda triturades o altres residus vegetals.

És una pràctica que pot contribuir a **protegir el sòl i millorar-ne algunes propietats físiques i biològiques**. Una de les funcions principals de l'encoixinament és **reduir l'impacte directe de la pluja** sobre el sòl, cosa que ajuda a disminuir l'erosió i la formació de crostes superficials. A més, aquesta cobertura ajuda a conservar la humitat del sòl, especialment en períodes secs, i crea unes condicions més estables de temperatura i humitat a la superfície.

Des del punt de vista del carboni, l'encoixinament aporta **matèria orgànica que es va descomponent lentament**, mentre allibera nutrients i incorpora carboni al sòl. Aquesta pràctica pot contribuir a mantenir o millorar la qualitat del sòl de forma integrada dins un sistema de maneig adequat.

L'encoixinament és especialment rellevant en **cultius llenyosos i hortícoles**, on el sòl pot quedar descobert durant llargs períodes. En aquests casos, la cobertura vegetal o amb restes orgàniques ajuda a protegir el sòl entre línies o sota els arbres.

Tot i els seus beneficis, aquesta pràctica **requereix gestió**: cal disposar del material, aplicar-lo de manera homogènia i evitar problemes associats a una descomposició desequilibrada.

Cobrir el sòl amb restes vegetals ajuda a protegir-lo i pot contribuir a mantenir el carboni, però és una pràctica que funciona millor integrada amb altres mesures de conservació.

Ús de cobertes vegetals

En els darrers anys s'està afavorint la implantació de cobertes vegetals en plantacions arbòries, per exemple, en fruiters, vinya i fruita seca. Les cobertes vegetals, ja siguin espontànies o sembrades, poden ser una pràctica **rellevant per protegir el sòl i millorar-ne la qualitat**. Aquestes cobertes mantenen el sòl actiu en les zones en què no hi ha cultiu o durant períodes en què no hi és present.

Una de les funcions principals de les cobertes vegetals és **reduir l'erosió**, ja que protegeixen la superfície del sòl davant la pluja i el vent. A més, les arrels de les plantes contribueixen a millorar l'estructura del sòl i augmentar-ne l'estabilitat i la capacitat d'infiltració de l'aigua.

Pel que fa al carboni, les cobertes vegetals **aporten biomassa tant aèria com subterrània**. Les arrels i les restes vegetals que queden al sòl són una font directa de carboni orgànic. Amb el temps, una part d'aquest carboni pot quedar incorporada a la matèria orgànica del sòl.

L'ús de cobertes en **cultius llenyosos** pot jugar un paper clau en la conservació del sòl.

En **cultius herbacis**, les cobertes es poden utilitzar durant els períodes sense cultiu principal, amb la qual cosa es redueix el temps en què el sòl queda nu. En els **cultius hortícoles**, les cobertes vegetals s'utilitzen per instal·lar bandes florals refugi de fauna útil i, en alguns casos, s'estan utilitzant com a encoixinament en xafar-les i tallar-les amb un curro o *roller crimper*.

Tanmateix, en condicions mediterrànies, **les cobertes s'han de gestionar amb cura**, especialment per evitar una competència excessiva per l'aigua en anys secs. Això implica escollir bé les espècies i adaptar el maneig a les condicions de cada finca. En aquestes condicions, la combinació de reducció del conreu del sòl i l'ús de cobertes vegetals milloren el segrest i l'estabilització del carboni orgànic del sòl i de nitrogen total.

Una coberta vegetal viva protegeix el sòl i aporta carboni, però cal adaptar-la a la disponibilitat d'aigua i al sistema de cultiu.

Sistemes agroforestals

Els sistemes agroforestals integren **arbres amb cultius o pastures** dins d'una mateixa parcel·la. Aquests sistemes tenen un **alt potencial per millorar la qualitat del sòl i el balanç de carboni**, tant en el sòl com en la biomassa aèria.

Els arbres aporten carboni a través de les arrels, la fullaraca i les restes de poda, mentre que els cultius associats continuen produint i aportant biomassa anual. Aquesta combinació pot generar **entrades de carboni més constants i diverses** que en sistemes agrícoles sense arbres.

A més del carboni, els sistemes agroforestals poden aportar altres beneficis, com ara una **millora de l'estructura del sòl**, més biodiversitat, més disponibilitat de nutrients i una millor regulació del microclima. Tot plegat pot contribuir a sòls més resilients davant episodis extrems, com ara sequeres o pluges intenses.

A la vegada, els arbres fan que hi hagi menys erosió del sòl i menys lixiviació dels nutrients, la qual cosa ajuda a reduir la pèrdua de nutrients i a minimitzar-ne l'efecte negatiu sobre la qualitat de les aigües.

Malgrat aquest potencial, **la implantació d'aquests sistemes encara és limitada** a Catalunya. La seva adopció requereix planificació, coneixement tècnic i una adaptació a les condicions locals i als objectius productius de cada explotació.

Integrar arbres i cultius pot millorar el balanç de carboni i la qualitat del sòl, però és una estratègia a llarg termini que cal dissenyar amb cura.

Bibliografia

- Cantero-Martínez, C., Angás, P., Lampurlanés, J. 2003. Growth yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed condition of Spain. *Field Crops Research* 84: 341–357. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00101-1).
- Cantero-Martínez, C., Angás, P., Lampurlanés, J. 2007. Long-term yield and Water-use efficiency under various tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Annals of Applied Biology*, 150: 293–307. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00142.x>.
- Cantero-Martínez, C., Nascimento, G., Fernández-Ortega, J. 2025. An evaluation of conservation tillage based on long-term experiments in winter crop rotations in NE Spain. *International Soil and Water Conservation Research Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2025.08.003>.
- Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C., Zhang, Y., 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *Agron. Sustain. Dev.* <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0207-8>.
- Coppens, F., Garnier, P., Merckx, R., Recous, S., 2007. Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: Modelling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.04.005>.
- Fang, Y., Singh, B. P., Collins, D., Li, B., Zhu, J., Tavakkoli, E., 2018. Nutrient supply enhanced wheat residue-carbon mineralization, microbial growth, and microbial carbon-use efficiency when residues were supplied at high rate in contrasting soils. *Soil Biol. Biochem.* 126: 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.09.003>.
- Fernández-Ortega, J., Álvaro-Fuentes, J., Talukder, R., Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. 2023. The use of double-cropping in combination with no-tillage and optimized nitrogen fertilization improve crop yield and water use efficiency under irrigated conditions. *Field Crops Research*, 301: 109017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109017>.
- Fernández-Ortega, J., Álvaro-Fuentes, J., Delgado, A., García-Lopez, A. M., Cantero-Martínez, C. 2025. Assessing management strategies for carbon storage in Mediterranean soils: Double-cropping, no-tillage, and nitrogen fertilization reduction. *Soil and Tillage Research*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106496>.
- Lampurlanés, J., Plaza-Bonilla, D., Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C. 2016. Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*, 189: 59–67 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.010>.
- Nascimento, G., Villegas, D., Cantero-Martínez, C. 2023. Crop diversification and digestate application effect on the productivity and efficiency of irrigated winter crop systems. *European Journal of Agronomy*, 148 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126873>.
- Nascimento, G., Villegas, D., Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C. 2024. Alternative cereal crop rotations in a no-tillage dryland under Mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, 116: 3117–3129. <https://doi.org/10.1002/agj2.21683>.
- Sollenberger, L. E., Kohmann, M. M., Dubeux, J. C. B., Jr. and Silveira, M. L. (2019), Grassland Management Affects Delivery of Regulating and Supporting Ecosystem Services. *Crop Science*, 59: 441–459. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0594>.



GRUP DE TREBALL
**CARBONI
AL SÒL**



Generalitat
de Catalunya

tot hom El Govern de