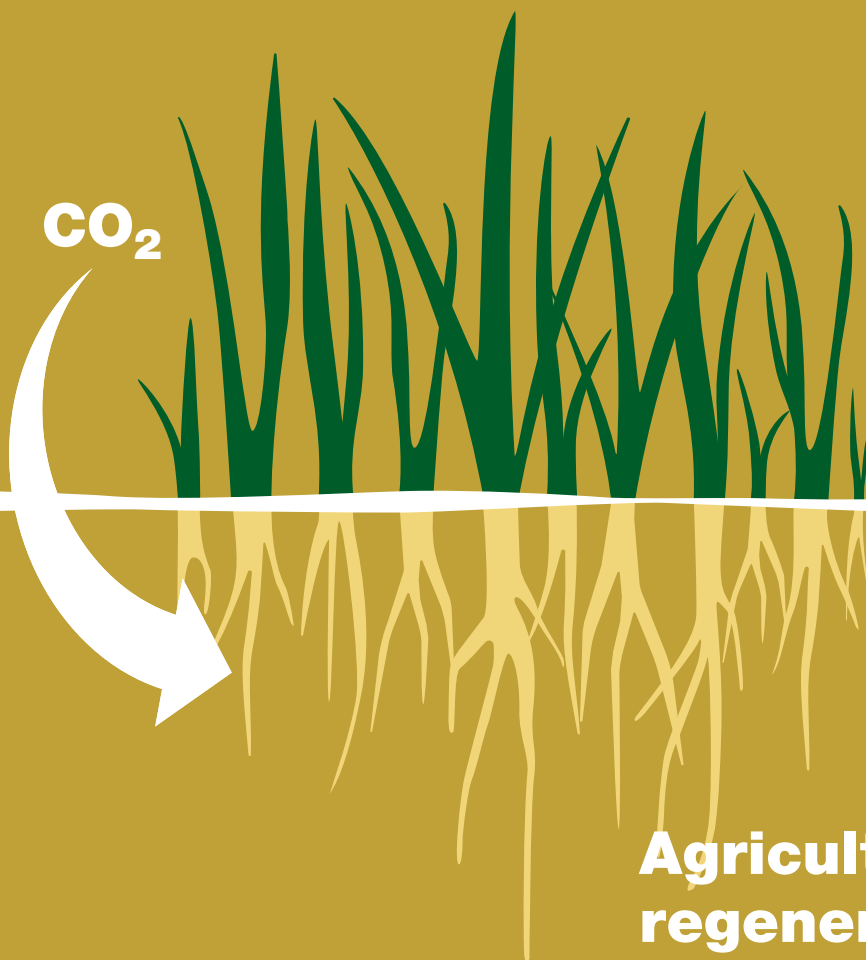


DossierTècnic

Innovació i transferència de coneixement

juliol 2026



Agricultura regenerativa i del carboni a Catalunya

Pàg 03 Què és i què implica l'agricultura regenerativa? Pàg 07 Pràctiques agronòmiques per a la regeneració del sòl: fertilització orgànica, cobertes i reducció del treball del sòl Pàg 15 Innovacions en l'agricultura regenerativa: importància de la microbiota del sòl i la rizosfera per a la millora de la qualitat dels sòls agrícoles Pàg 20 Experiències destacades en agricultura regenerativa Pàg 26 Oportunitats econòmiques de l'agricultura regenerativa i com finançar la transició Pàg 33 Parlem amb: Ana Digón

L'anàlisi de les dades recollides en les experiències de pràctiques agronòmiques per regenerar el sòl mostra millores en la infiltració d'aigua, la reducció de l'erosió i l'increment de la biodiversitat funcional, així com un augment del carboni orgànic del sòl.

L'agricultura regenerativa ha esdevingut una peça clau en la resposta del sector agrari al repte climàtic, a fi de preservar la fertilitat dels sòls a llarg termini. Aquest enfocament parteix de veure el sòl com un ecosistema viu i aposta per una gestió que en recuperi la funcionalitat biològica, n'incrementi el carboni orgànic, en millori l'estructura i en reforci la biodiversitat, amb l'objectiu de disposar d'explotacions més resilients i eficients. En aquest context, els projectes AgriRegenCat i AgriCarboniCat, finançats pel Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya, han generat coneixement aplicat i dades contrastades sobre les pràctiques regeneratives a finques de Catalunya.

El *Dossier* resumeix els resultats i els aprenentatges obtinguts en el conjunt d'assaigs i demostracions duts a terme tant en camps experimentals de l'IRTA com en explotacions comercials arreu de Catalunya, incloent-hi cultius extensius i l'arròs, la poma, la vinya, l'horta i les pastures. A partir d'aquesta base científica i pràctica, primer s'explica què és i què implica l'agricultura regenerativa, amb l'acompanyament d'expertes del

CREAF i l'IRTA, que en presenten els fonaments agronòmics i ecològics.

Un dels blocs centrals del *Dossier* analitza les pràctiques agronòmiques per regenerar el sòl (fertilització orgànica, aplicació de compost, cobertes vegetals i reducció del treball del sòl) i en valora els resultats, els avantatges i les limitacions segons el cultiu i el context agroclimàtic. Les dades mostren millores en la infiltració d'aigua, la reducció de l'erosió i l'increment de la biodiversitat funcional, així com un augment del carboni orgànic del sòl. També s'observen, però, diferències productives importants, sobretot en situacions de seca i episodis de sequera, fets que obliguen a adaptar els itineraris tècnics a cada realitat. S'hi inclou, igualment, un apartat dedicat a les innovacions emergents en agricultura i les pràctiques regeneratives, parant atenció especialment a la microbiota del sòl i la rizosfera, i també als nous coneixements que aporten sobre la salut i la qualitat del sòl agrícola.

Les experiències destacades permeten conèixer resultats directament obtinguts en el territori i mostren la diversitat de trajectòries que poden seguir les explotacions que segueixen aquest camí. A més, s'hi recullen les principals oportunitats econòmiques i vies de finançament que poden facilitar la transició regenerativa i donar estabilitat a les decisions de maneig.

Com a cloenda, el *Dossier* consta d'una entrevista que aporta una mirada més sectorial i vivencial, i que, alhora, ajuda a situar les pràctiques regeneratives com una via factible i necessària per avançar cap a sistemes agraris més sostenibles.

Direcció General d'Agricultura i Ramaderia

Dossier Tècnic. núm. 134

Agricultura regenerativa i del carboni a Catalunya
Juliol 2026

Edició

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

Consell de Redacció

Rosa Cubel Muñoz, Joan Gòdia Tresánchez, Glòria Cugat Pujol, Laura Ruana Pavon, Neus Ferrete Gracia, Mercè Soler Barrasús, Valentí Marco Sanz, Laura Dalmau Pol, Antoni Enjuanes Puyol, Josep Maria López Martín, David Meya Nos, Joan Ylla Boix, M. Josep de Ribot Porta, Joan Serrado Cerezo, David Pozo Carmona, Núria Montagut Casanovas, Mireia Medina Sala, Ramon Cucurull Cañellas

Coordinació i producció

Marta Daví Pous, Rubén Escobar Capilla, Annabel Teixidó Martínez i Núria Bentoldrà Boladeres

Assessorament lingüístic

Equip de Suport Idiomàtic del DARPA

Grafisme i maquetació

Carlos Guzmán Lorente

Impressió

EADOP

Dipòsit legal

B 16786-2005
ISSN: 1699-5465

El contingut dels articles és responsabilitat dels/de les autors/es. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autoria.

Més recursos, enllaços i versió electrònica

ruralcat.gencat.cat
agricultura.gencat.cat
innovacioagroalimentaria.agricultura@gencat.cat

Portada

Carlos Guzmán Lorente



QUÈ ÉS I QUÈ IMPLICA l'agricultura regenerativa?



Georgina Alins i Maite Martínez al camp experimental en regenerativa a la finca de Mollerussa de l'IRTA. Foto: IRTA.

01. Concepte d'agricultura regenerativa

El concepte “agricultura regenerativa” sorgeix a la segona meitat del segle XX davant la creixent evidència que les estratègies agrícoles basades en l'alta tecnologia i el consum de petroli, les quals van sustentar la “revolució verda”, havien estat molt útils per augmentar la producció d'aliments, però també havien causat impactes socials i mediambientals molt perjudicials a llarg termini.

Aquesta proposta va anar guanyant popularitat en bona part gràcies a l'esforç de l'Institut Rodale (EUA), que encara avui es troba a l'avantguarda del moviment. Els principals activistes mundials de l'agroecologia aviat van adoptar el concepte “regeneratiu” i van advocar per una “agricultura ecològica regenerativa” per garantir no només l'absència de productes químics als

El concepte “agricultura regenerativa” sorgeix al segle XX per garantir la salut del sòl i el benestar dels animals i dels treballadors agrícoles.

nostres aliments, sinó també la salut del sòl i el benestar dels animals i dels treballadors agrícoles, amb un clar enfocament holístic i de canvi social.

El 2017, amb la creació de la certificació *Regenerative Organic Certified* (ROC), va començar una carrera per l'apropiació del terme. A mesura que l'agricultura regenerativa s'estenia pel món, els principis fundacionals s'adaptaven a diferents contextos biogeogràfics i socioeconòmics.

Malauradament, empreses i grans grups agroalimentaris també han adoptat el terme per a l'ecoblanqueig de sistemes alimentaris que mantenen una orientació intensiva amb prou feines mitigada per la incorporació d'algunes pràctiques aïllades de conservació del sòl, mentre es descuiden aspectes clau de l'estratègia, ja sigui mediambientals (com la biodiversitat) o socials (com els salaris).

02. El paper de l'agricultura regenerativa per mitigar el canvi climàtic i adaptar-s'hi

Segons la Food and Land Use Coalition (FOLU), l'agricultura regenerativa és “una de les deu transicions crítiques necessàries per transformar els sistemes alimentaris i d'ús de la terra [...], per controlar el canvi climàtic, salvaguardar la diversitat biològica, garantir dietes més saludables per a tothom, millorar dràsti-

cament la seguretat alimentària i crear economies rurals més inclusives”.

Actualment, mentre algunes associacions d'agricultura regenerativa certifiquen com a membres de les seves files els practicants que persegueixen aquests objectius, sense especificar les pràctiques que cal seguir per assolir-los, altres associacions deixen de banda els objectius globals i certifiquen com a regeneratius els que adopten una sèrie de pràctiques de maneig.

En aquest darrer sentit, per exemple, l'Associació d'Agricultura Regenerativa Ibèrica, creada el 2013, estableix com a obligatòries per als seus socis els criteris següents:

Criteri 1: Contextualitat. Adaptar i aplicar pràctiques regeneratives al context territorial, ambiental, social i agronòmic de cada explotació, en coherència amb la planificació a llarg termini.

Criteri 2: Aigua. Planificar, dimensionar i desenvolupar la producció agrícola i ramadera d'acord amb la disponibilitat d'aigua i la realitat geològica, del sòl i climàtica de la regió, i dur a terme pràctiques de gestió hidrològica que promoguin un ús responsable i no contaminant de l'aigua, afavorint la captació i retenció de l'aigua de pluja en el paisatge.

Criteri 3: Biodiversitat. Conservar, recuperar i fomentar la biodiversitat del sòl, dels cultius i del paisatge agrari, mitjançant la diversificació d'espècies i varietats cultivades, el manteniment d'hàbitats i refugis per a la fauna auxiliar i els pol·linitzadors, i la millora de la connectivitat ecològica de la finca.

Criteri 4: Pastoreig adreçat. En presència de bestiar herbívor o omnívor, que és una pràctica altament desitjable i recomanable, integrar-lo amb pasturatge dirigit.

Criteri 5: Sense conreu. Eliminar el treball amb volteig de les capes del sòl i reduir al màxim la llaurança vertical.

Criteri 6: Cobertura. Mantenir el sòl cobert durant el major període de temps possible amb matèria vegetal o animal.

Criteri 7: Cultius. En el cas dels cultius estacionals, aplicar associacions i/o ro-

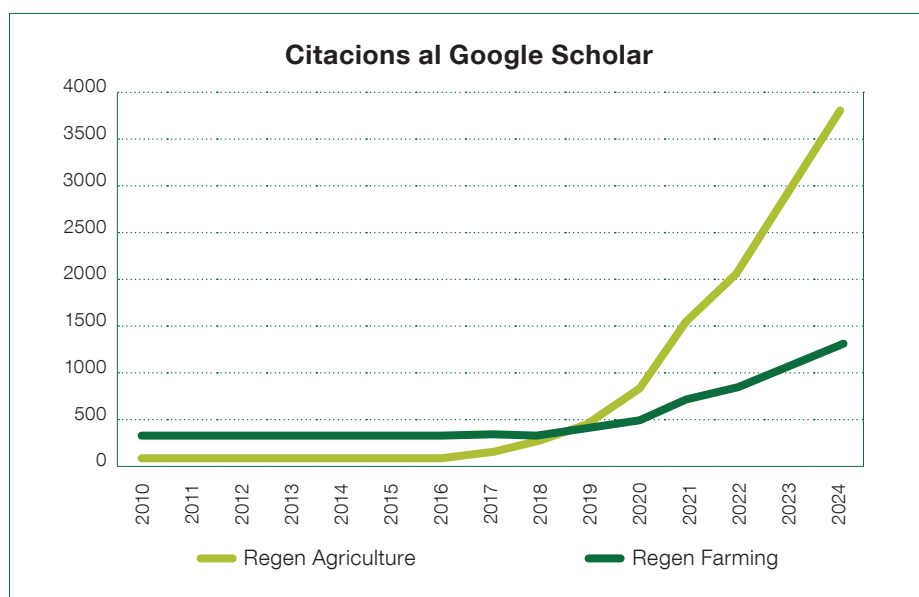


Figura 1. Evolució en el temps del nombre de publicacions que fan referència a l'agricultura regenerativa ("regenerative agriculture" o "regenerative farming") segons el cercador de literatura científica "Google Scholar". Font: Elaboració pròpia.

tacions i/o diversificació de cultius combinant-los en l'espai i en el temps.

Criteri 8: Insums. Gestionar, com a objectiu fonamental, la finca sense fertilitzants o biocides de síntesi química (herbicides, insecticides i fungicides), transgènics ni els generats per edició genètica (aplicant sempre el principi de precaució i tenint en compte els possibles avenços científics).

Criteri 9: Plàstics i residus. Minimitzar l'ús de plàstic i de materials no reciclables, i garantir el reciclatge adequat del que s'utilitzi.

Criteri 10. Vincle social i territorial. Fomentar la cooperació territorial i la transferència de coneixement per enfortir la comunitat i la sostenibilitat del territori.

A més, s'estableixen dos nivells: «regeneratiu» i «en transició». El nivell "en transició" haurà d'incloure un pla de formació i millora continuu, flexible i contextualitzat, enfocat a incrementar la funcionalitat del sòl, incorporant mesures adequades —adaptades a cada cas— com a part d'una estratègia de millora progressiva de la salut de l'agroecosistema.

L'interès per l'agricultura regenerativa ha crescut exponencialment a la literatura científica internacional en l'últim decenni (vegeu la figura 1), encara que, malaura-

dament, són escasses les publicacions que ofereixen dades fiables sobre els efectes reals d'aquesta estratègia sobre els mitjans natural i socioeconòmic.

D'una banda, són escasses les finques regeneratives que han estat avaluades durant sèries temporals llargues. De l'altra, els sistemes de monitoratge que s'apliquen a les explotacions intensives no són vàlids per avaluar estratègies holístiques, com ara la regenerativa.

03. Acceptació

Diversos estudis i enquestes entre els productors regeneratius europeus indiquen la poca preocupació d'aquests per indicadors tan clàssics com la producció per unitat de superfície del cultiu predominant. Per contra, la rendibilitat global de l'explotació i la seva resiliència al llarg del temps són molt apreciades.

També s'esmenta sovint l'interès dels regeneratius per ser recompensats pels seus esforços a col·laborar en la millora de diversos serveis ambientals, com ara la preservació de la biodiversitat i la conservació de les reserves d'aigua i la seva qualitat. Hi ha un menor interès, però, per ser compensats pel segrest de carboni als seus sòls.

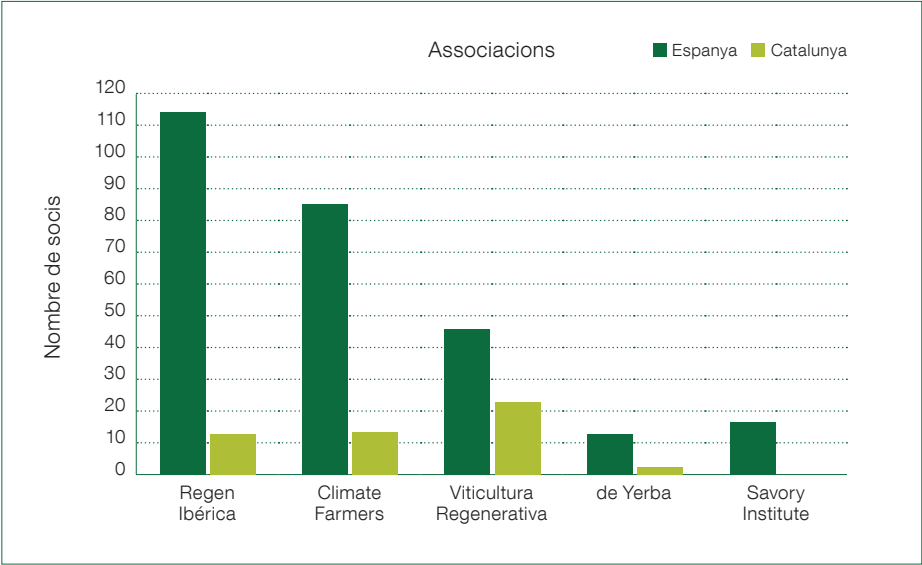


Figura 2. Nombre d'associats a Espanya i Catalunya a associacions d'agricultura regenerativa. Font: Elaboració pròpia.

Associació	Espanya	Catalunya
Regen Ibérica	114	12
Climate Farmers	86	13
Viticultura Regenerativa	46	23
De Yerba	12	1
Savory Institute	16	0
Total	274	49

Taula 1. Nombre d'associats a Espanya i Catalunya a associacions d'agricultura regenerativa. Font: Elaboració pròpia.

Sector	Girona	Barcelona	Tarragona	Lleida	Total
Viticultura	4	10	10	0	26
Ramaderia	3	2	2	1	8
Cultius llenyosos	0	1	1	0	2
Hortalisses	0	1	1	0	2
Usos mixtos	3	0	0	0	3
Sintròpic	0	0	1	0	1
Silvicultura	0	1	0	0	1
Sense dades	0	2	2	0	4
Total d'associats	10	18	18	1	45

Taula 2. Nombre d'explotacions associades a organitzacions regeneratives a Catalunya, per província i tipus d'activitat agrícola (2025). Font: Elaboració pròpia.

D'una banda, els regeneratius consideren que aquest segrest no és una prioritat, sinó un benefici col·lateral d'una estratègia integrada. D'altra banda, les dificultats i el cost econòmic d'avaluar la quantia d'aquest segrest de manera fiable col·laboren en aquest desinterès.

Molt importants, per contra, i mai inclosos en els monitoratges convencionals, són els indicadors de satisfacció personal i de qualitat de vida.

04. Estat actual de l'agricultura regenerativa a Catalunya

És molt difícil proporcionar un inventari complet de l'acceptació de l'agricultura regenerativa en l'àmbit català o espanyol, en bona part perquè els agricultors regeneratius interessats en el mercat de carboni fan avaluar les explotacions per consultories privades que no alliberen les dades dels seus clients.

Disposem, però, dels llistats proporcionats per cinc associacions d'agricultura regenerativa que operen a escala nacional: l'Associació d'Agricultura Regenerativa Ibèrica (www.agriculturaregenerativa.es), creada el 2013 i present a Espanya i Portugal; Climate Farmers (www.climatefarmers.org/), organització internacional amb 251 membres principalment europeus; The Savory Institute (<https://savory.global/>), referent internacional amb tres nodes a la península Ibèrica que van iniciar la seva activitat el 2016, el 2020 i el 2023; Asociación de Viticultura Regenerativa (www.viticulturaregenerativa.org/), fundada el 2021, i De Yerba, una associació que dona suport a ramaders i avicultors que crien els seus animals sota pràctiques de maneig regeneratiu, amb especial atenció a la visibilitat i la comercialització (www.lacarnedepasto.com/).

La figura 2 i les taules 1 i 2 recullen la participació catalana en l'activitat regenerativa, la qual equival a un 17,88% del total d'associats a Espanya, concentrada principalment a les províncies de Barcelona i Tarragona.

A diferència del que es coneix per a altres regions espanyoles, on la transformació regenerativa afecta majoritàriament explotacions mixtes de llenyososes i bestiar en règims d'agroforesteria i de devesa, a Catalunya, la viticultura lidera el canvi.

05. El projecte AgriRegenCat i AgriCarboniCat

Per tal d'afavorir l'acceptació i la implementació de l'agricultura regenerativa a Catalunya, és necessari avaluar la resposta de les explotacions agràries a aquestes pràctiques des d'una perspectiva holística, que integri els principals eixos que la defineixen: la sostenibilitat socioeconòmica i la sostenibilitat ambiental. L'eix socioeconòmic inclou garantir la rendibilitat dels cultius mitjançant una producció econòmicament viable, la reducció o l'optimització de l'ús d'entrades (*inputs*) i la millora de la resiliència dels sistemes agraris envers els efectes del canvi climàtic. Pel que fa a l'eix ambiental, aquest comprèn la conservació i el foment de la biodiversitat dels agroecosistemes, així com la mitigació del canvi climàtic mitjançant la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle o el foment del sequestre de carboni al sòl.

El sistema agrari a Catalunya és ric i divers. Aquesta heterogeneïtat és causada per una gran diversitat de tipus d'explotacions, conreus, i condicions edafoclimàtiques. Tanmateix, aquesta diversitat implica que no existeixi una única solució universal, i requereix que es treballi amb múltiples solucions optimitzades tenint en compte la seva interacció, complementarietat i adaptabilitat a les condicions i limitacions locals. En conseqüència, és necessari obtenir i transferir els coneixements necessaris per poder escollir i posar en pràctica la solució més adequada per tal de maximitzar els resultats i assolir els objectius de sostenibilitat.

D'una banda, el projecte AgriRegenCat

(Agricultura Regenerativa a Catalunya) se centra a desenvolupar i implementar els elements clau per afavorir el desplegament d'una agricultura regenerativa. El projecte es fonamenta en l'impuls holístic de la competitivitat futura del sector agrari a Catalunya, i es proposa investigar, desenvolupar, informar i demostrar el potencial i el rol clau que té l'agricultura regenerativa a casa nostra. Es tracta d'identificar, desenvolupar i implementar les pràctiques amb més potencial a escala local respecte a una multitud d'indicadors agronòmics, ambientals i econòmics, amb el punt de vista centrat en els agricultors, que seran clau per portar aquests coneixements a la pràctica.

Als productors regeneratius europeus els preocupa la rendibilitat global de l'explotació i la seva resiliència al llarg del temps.

D'altra banda, el projecte AgriCarboniCat (Agricultura de Carboni a Catalunya) se centra en l'eix de l'agricultura regenerativa que fomenta la mitigació del canvi climàtic. El projecte es crea dins del marc de la iniciativa "4 per mil", impulsada durant la Conferència de París sobre el Clima (COP21), celebrada el desembre de 2015, que sosté que el sequestre net de carboni en sòl agrícola podria compensar el 0,4% de les emissions anuals de gasos d'efecte hivernacle induïdes per l'home a escala mundial durant la resta del segle. En aquesta línia, el projecte AgriCarboniCat pretén, doncs, aprofitar el potencial del sector agrícola estudiant estratègies agronòmiques que afavoreixen el sequestre de carboni.

Tant AgriRegenCat com AgriCarboniCat són finançats pel Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya, que dona suport a iniciatives alineades amb la mitigació

i l'adaptació al canvi climàtic. L'objectiu principal dels dos projectes és donar suport a la transformació de l'activitat agroalimentària catalana i implementar elements de l'agricultura regenerativa, tot mantenint —i, fins i tot, incrementant— la productivitat agrària. Per tant, les accions dels dos projectes pretenen contribuir a la transició sostenible de l'agricultura mitjançant l'augment de la seva competitivitat i resiliència.

Per saber-ne més

EASAC (2022). Regenerative agriculture in Europe. A critical analysis of contributions to European Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies. EASAC policy report 44. FOLU (2019). Growing Better: Ten Critical Transitions to Transform Food and Land Use. FOLU.

GRELET, G., S. LANG, C. MERFIELD, *et al.* (2021). Regenerative agriculture in Aotearoa New Zealand—Research pathways to build science-based evidence and national narratives. Manaaki Whenua Landcare Research. <https://www.landcareresearch.co.nz/>

Autoria



Pilar Andrés Pastor

Investigadora.
CREAF.
p.andres@creaf.cat



Enrique Doblas Miranda

Responsable de Transferència.
CREAF.
e.doblas@creaf.cat



Maite Martínez Eixarch

Investigadora del programa d'aigües marines i continentals. IRTA.
maite.martinezeixarch@irta.cat



Georgina Alins Valls

Investigadora del programa de fructicultura. IRTA.
georgina.alins@irta.cat

PRÀCTIQUES AGRONÒMIQUES PER A LA REGENERACIÓ DEL SÒL:

fertilització orgànica, cobertes i reducció del treball del sòl

01. Introducció

En l'agricultura regenerativa es dona una importància especial a la millora de les característiques físiques, químiques i biològiques del sòl, entenent que hi ha un vincle estret entre unes i altres. Per millorar aquestes característiques, es recomana la incorporació de certes pràctiques en l'explotació per tal d'afavorir un sòl que sigui més saludable i que pugui aportar beneficis agronòmics i ambientals als sistemes agraris.

Un dels aspectes a què es dona rellevància és l'increment del contingut de carboni orgànic (de la matèria orgànica) del sòl. D'una banda, l'increment del contingut de carboni orgànic contribueix a la mitigació del canvi climàtic. Cal tenir en compte, però, que la contribució a la mitigació del canvi climàtic ha de preveure també les possibles emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH), de manera que el resultat del balanç entre la captura i les emissions de carboni determinarà si realment s'està mitigant —i, per tant, un sistema actua com a embornal de carboni— o s'hi està contribuint —més emissions que captura—. D'altra banda, l'augment del contingut en matèria orgànica comporta múltiples beneficis en diferents característiques del sòl: una estructura millor i més estable; una major porositat fina, que contribueix a una millor circulació i retenció d'aigua en el sòl, o una xarxa biològica més diversa, que contribueix a una major adaptació del sistema a diferents tipus

d'estressos, entre d'altres. En conjunt, el sistema agrícola acaba sent més resilient a les variacions que provoca el canvi climàtic.

Les pràctiques agrícoles que poden incidir més en l'increment del contingut de carboni en el sòl són la incorporació de matèria orgànica externa, la inclusió de cobertes vegetals i cultius de coberta en el sistema, i la reducció o eliminació total del treball del sòl.

Les pràctiques agrícoles que poden incidir més en l'increment del contingut de carboni en el sòl són la incorporació de matèria orgànica externa, la inclusió de cobertes vegetals i cultius de coberta en el sistema, i la reducció o eliminació total del treball del sòl.

En aquest article es presenten alguns resultats obtinguts de l'estudi d'aquestes pràctiques en diversos cultius, amb exemples pràctics, alhora que es destaquen els principals beneficis que hi poden aportar. Els cultius estudiats són els cultius extensius, la vinya, la pomera, l'arròs i els cultius hortícoles. Aquests resultats provenen, en general, d'assaigs a mitjà i llarg termini, ja

que els canvis en les característiques del sòl, especialment les físiques, són lents: calen anys d'aplicació reiterada d'una determinada pràctica per poder observar aquests canvis.

02. Fertilització orgànica

La fertilització orgànica ofereix una oportunitat de valorització dels residus orgànics provinents principalment de la ramaderia, però també del sector forestal o de la indústria agroalimentària. El grau d'utilització de fertilitzants orgànics entre els diferents sistemes agrícoles i zones és variable: en algunes àrees la utilització és baixa, en d'altres és alta. Per al sector agrícola, estendre l'ús de la fertilització orgànica aporta independència dels preus, que són cada cop més volàtils; s'observa una tendència a l'alça de l'ús dels fertilitzants químics. Per tant, es redueix la vulnerabilitat del sector als efectes indirectes de la crisi climàtica, com ara l'augment del preu dels combustibles fòssils. Si la gestió és l'adequada, utilitzar fertilitzants orgànics permet evitar les emissions de gasos d'efecte hivernacle provinents de la síntesi de fertilització d'adobs minerals; d'aquesta manera, es contribueix a disminuir l'impacte ambiental de les explotacions. Ara bé, cal tenir en compte que una mala gestió pot contribuir a la contaminació dels aqüífers per nitrats, per la qual cosa és necessari ajustar-ne l'aplicació a les demandes reals agronòmiques del cultiu i evitar una aplicació indiscriminada.



Mostreig de sòl (esquerra) per a la determinació de carboni en sòl (dreta) en un assaig de fertilització en el cultiu de l'arròs per part de l'IRTA La Ràpita. Fotos: IRTA.

De les dejeccions ramaderes, que són la font de la majoria dels fertilitzants orgànics, n'hi ha diferents tipus. Tenint en compte la solidesa del material com a característica diferencial, les dejeccions més abundants són les líquides (purins, digerits, etc.), però també hi ha quantitats importants de dejeccions sòlides (fems, fracció sòlida de purins o digerits, compost d'unes o altres, etc.). Les dejeccions líquides tenen menys matèria orgànica que les sòlides, i, a més, aporten una forma de carboni més làbil —és a dir, els microorganismes del sòl poden degradar-les més fàcilment—, i, per tant, alliberen més CO_2 i més ràpidament, de manera que limiten la capacitat de segrestar carboni.

Als cultius extensius és on s'apliquen la majoria de les dejeccions ramaderes i alguns derivats dels seus tractaments, especialment les dejeccions líquides. No obstant això, el seu ús no és uniforme en totes les zones productives, de manera que hi ha àrees on només s'apliquen fertilitzants minerals, d'altres on només s'apliquen fertilitzants orgànics, i d'altres on es combinen ambdós tipus de fertilitzants.

Per contra, a les explotacions fructícoles es tendeix a fertilitzar amb adobs minerals, responsables de la major

part de la petjada de carboni relacionada amb la producció de fruita dolça (Vinyes *et al.*, 2017).

Als cultius hortícoles es fa una combinació dels dos tipus de fertilitzants, ja que les extraccions de nutrients són molt més altes. En aquests cultius, d'alt valor afegit, es tendeix a utilitzar compost, que comporta un cost més elevat que les dejeccions líquides a causa del processament (acumulació, volteig i reg) i la duració (mesos) fins a obtenir un producte madur i higienitzat. Tot i això, el compost aporta un carboni més estable depenent de la composició i el grau de maduresa.

En arrossars, una metaanàlisi publicada recentment (Lin *et al.*, 2023) conclou que la fertilització orgànica sola o en combinació amb la mineral augmenta un 25% i un 40%, respectivament, l'estoc de carboni en el sòl. En canvi, també s'ha demostrat que pot afavorir emissions de metà (CH_4) (Ren *et al.*, 2017) com a resposta a l'aportació de matèria orgànica degradable fàcilment pels arquees metanogènics del sòl.

02.01 Objectius i tipus d'assaigs

L'experiència en l'ús de les dejeccions ramaderes i els seus derivats és limi-

tada en alguns cultius com els fruiters o l'arròs, mentre que és més abundant en d'altres, com ara el blat, l'ordi o el blat de moro.

En els assaigs presentats a continuació, s'han avaluat els efectes, tant en la producció com en les propietats del sòl, derivats de l'aplicació de diversos tipus de dejeccions ramaderes i dels seus productes derivats, en comparació amb fertilitzants minerals, en conreus de pomera, cereals d'hivern i arròs. S'ha determinat la quantitat i la qualitat de la collita, i alguns paràmetres relacionats amb l'estoc de carboni al sòl. En aquells casos en què es considera més rellevant (per exemple, en el cultiu de l'arròs), s'han mesurat les emissions de GEH, que permeten completar el balanç de carboni dels cultius (foto superior).

Cal posar en relleu que els assaigs són de llarga durada, i estan finançats per diversos projectes del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya (AgriRegenCat, AgriCarboni-Cat, i Mitigació en arròs); del Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats del Govern d'Espanya (MiC-RICE i Grups Operatius), i de la Unió Europea (SIRAM).

02.02 Resultats destacables obtinguts

En general, no s'observen diferències significatives de producció entre la fertilització mineral i la fertilització orgànica en la majoria dels cultius avaluats. Aquest fet indica que la substitució dels fertilitzants minerals per adobs orgànics és factible des d'aquest punt de vista productiu.

A tall d'exemple, en un assaig de set

anys de durada (del 2018 al 2024) fet en pomeres (varietat annaglo sobre M9 plantades el 2015 a IRTA Mas Badia), es van avaluar tres tipus de fertilització (mineral, organomineral i orgànica). No es van observar diferències en la producció anual ni en l'acumulada (figura 1).

En cultius extensius d'hivern en secà, des de l'any 2001, a IRTA Mas Badia s'ha dut a terme un assaig per avalu-

ar diferents tipus de fertilització en una rotació de cereals d'hivern (blat i ordi) amb la inclusió d'un cultiu de colza cada 6-9 anys. Els tractaments de fertilització aplicats en cada cultiu són aquests: i) no fertilització; ii) fertilització mineral en fons i en cobertura; iii) fems aplicats en fons; iv) fems en fons i fertilitzant nitrogenat mineral en cobertura. Els resultats obtinguts indiquen que l'acumulació de carboni en el sòl (estoc de carboni) s'assoleix quan s'apliquen anualment només fems de boví, sense diferències significatives respecte a si s'apliquen aquestes dejeccions i fertilitzant nitrogenat mineral en cobertura (figura 2). En canvi, es produeix un increment de més del 25% respecte a l'estoc de carboni en els tractaments no fertilitzats o fertilitzats només amb adob mineral.

En arròs, després de vuit anys d'assaig en què s'avalua la fertilització amb purins o gallinassa respecte a la fertilització mineral, els resultats indiquen que l'efecte de la fertilització orgànica en l'estoc de carboni en sòl és diferent en funció del tipus de fertilitzant: la fertilització amb gallinassa ha augmentat aproximadament un 10% el contingut de carboni en sòl (fins a 30 cm) respecte a la fertilització mineral, mentre que les parcel·les fertilitzades amb purí mostren una reducció del 20% del contingut de carboni en sòl. Aquests resultats indiquen que la fertilització orgànica no sempre té un efecte positiu en el segrest de carboni; per tant, cal una avaluació específica per a cada context agronòmic per poder extreure conclusions sòlides sobre el seu impacte en la mitigació del canvi climàtic. Actualment es mesuren les emissions de GEH associades a cada tractament. Un cop s'hagin estimat les emissions totals, es podrà calcular el balanç final de carboni per a cada estratègia, i determinar l'impacte real de la fertilització orgànica en la lluita contra el canvi climàtic en el cultiu de l'arròs.

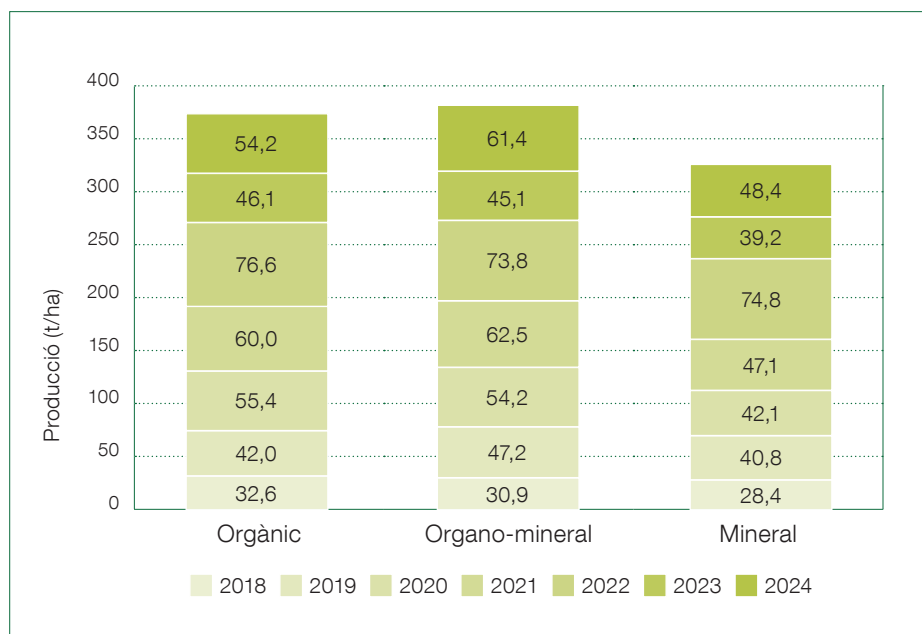


Figura 1. Producció (t/ha) de l'assaig de fertilització en pomera a IRTA Mas Badia (La Tallada d'Empordà), des de 2018 fins a 2024. Font: IRTA.

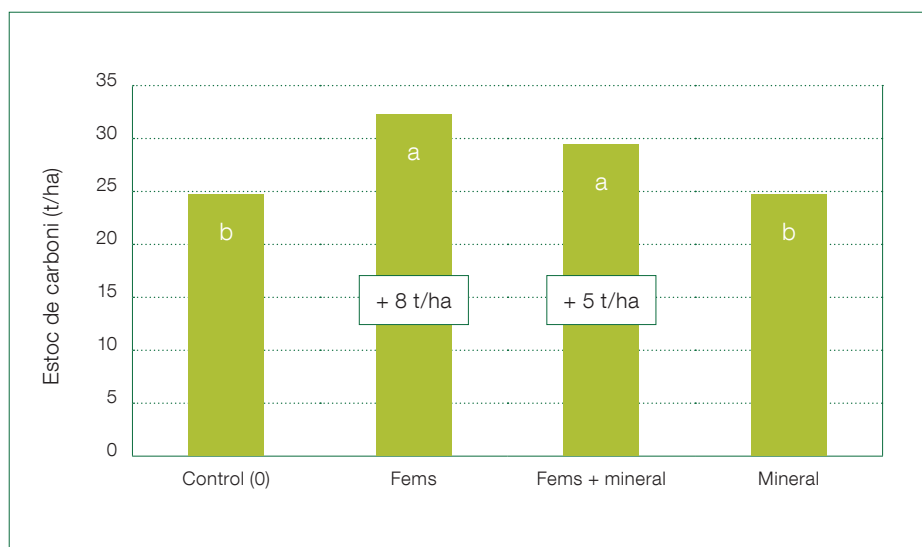


Figura 2. Estoc de carboni en l'horitzó superficial del sòl (0-30 cm) per diferents estratègies de fertilització aplicades durant més de 20 anys en cultius extensius d'hivern en secà al Baix Empordà. Font: IRTA.

A més a més, la fertilització orgànica té efecte en les propietats fisicoquímiques del sòl, atès que augmenta el contingut de certs nutrients. Així, en pomeres ha augmentat la capacitat de retenció d'aigua respecte de la fertilització mineral (figura 3), i en cultius extensius ha disminuït la densitat aparent i ha millorat l'estructura i la porositat (vegeu la foto de la pàgina 10).

02.03 Conclusions

L'aplicació de dejeccions ramaderes sòlides contribueix clarament a l'increment del contingut en carboni del sòl i a la millora de les característiques físiques del sòl. Aquests canvis es produeixen quan les pràctiques s'apliquen durant un període llarg de temps. Així, ajuden a mitigar el canvi climàtic, i afavoreixen l'adaptació dels sistemes agraris a les tendències actuals del clima, principalment l'augment de temperatura i els episodis extrems de sequera.

03. Cobertes vegetals i cultius de coberta

Tradicionalment, en bona part dels sistemes agrícoles, el sòl es treballa sovint i es deixa nu durant certes èpoques de l'any. Aquesta pràctica, però, perjudica les propietats fisicoquímiques del sòl, en disminueix la biodiversitat i incrementa l'erosió.

En l'agricultura regenerativa es potencia la implantació de cobertes vegetals permanents en els cultius llenyosos, i de cultius de coberta en els períodes sense cultiu en cultius extensius. Aquestes cobertes són fonamentals per a la promoció dels serveis ecosistèmics de l'explotació agrícola. En aquest sentit, afavoreixen la infiltració de l'aigua; protegeixen el sòl i en redueixen l'erosió i el grau de compactació; augmenten el contingut en carboni orgànic del sòl; són font de biodiversitat (microbiana, floral i animal); embelleixen el paisatge, i per últim, permeten el desenvolupament de les activitats agràries i dels processos ecològics. Per tant, fan els sistemes

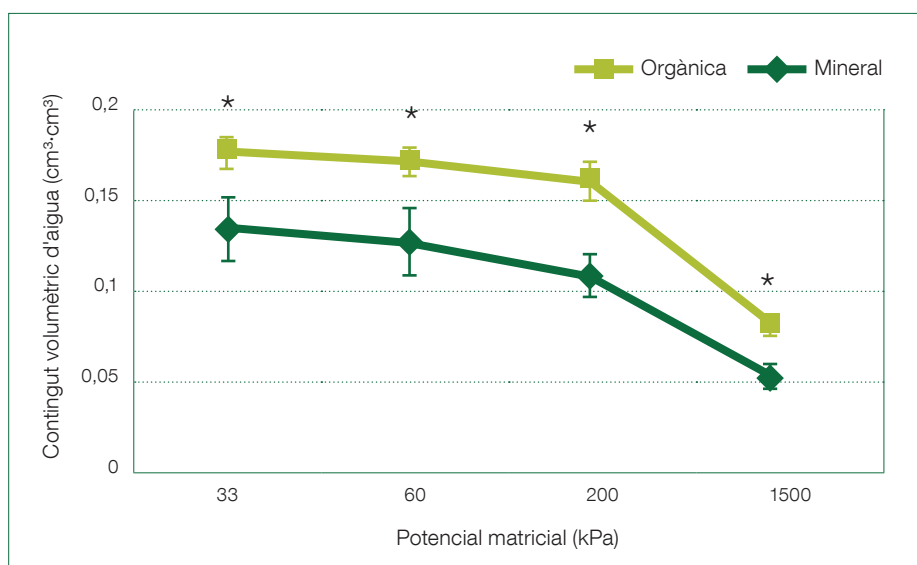


Figura 3. Contingut volumètric d'aigua al sòl ($\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$) segons el potencial matricial en un assaig en pomera. L'asterisc indica diferències significatives entre tractaments. Font: Elaboració pròpia.



Estructura del sòl superficial on s'han aplicat fems (mostra de la dreta) i on no se n'apliquen (mostra de l'esquerra). L'estructura és més granular (favorable al creixement de les plantes i desenvolupament de microorganismes) i els agregats estan més desenvolupats i són més estables on s'han aplicat fems, en un assaig en cultius extensius d'hivern, després de més de 20 anys d'aplicacions. Foto: IRTA.

agrícoles més resilient. Això no obstant, en funció de com es gestiona la coberta, alguns d'aquests serveis es poden veure afectats negativament.

En cultius llenyosos, la coberta vegetal és una pràctica habitual, especialment quan la plantació és de regadiu. Aquesta coberta permet el pas de maquinària després de pluges abundants, atès que afavoreix la infiltració de l'aigua i redueix els processos erosius del sòl. En situacions de secà, la presència de cobertes vegetals en els carrers entre arbres no és tan abundant.

En els cultius extensius, en general, l'ús d'aquesta tècnica es concentra en el període sense cultiu principal, en què normalment el sòl es deixaria nu, introduint un altre cultiu normalment sense finalitat productiva. L'ús de cultius de coberta no és freqüent a Catalunya; es concentra principalment en regadiu, ja que, d'una banda, la competència per a l'ús d'aigua del cultiu principal per part del cultiu de coberta és baixa, i, de l'altra, la disponibilitat d'aigua de pluja per al creixement del cultiu de coberta no és un limitant. En les situacions de regadiu, els cultius

de coberta normalment s'implanten en el període de tardor-hivern, mentre que, en les de secà, s'implanten durant el període estival, quan la baixa precipitació i les altes temperatures condicionen altament el possible desenvolupament d'aquests cultius.

L'ús de cobertes vegetals en la fase hivernal del cultiu de l'arròs és una estratègia poc explorada a Catalunya. Durant els anys 2020-2023, un estudi finançat per Kellogg's i liderat per IRTA-Amposta en col·laboració amb la Universitat de Lleida, va avaluar per primer cop la resposta agronòmica del cultiu de l'arròs a la introducció de dos cultius de coberta (la veça i el raigràs), com a alternativa al període hivernal sense cultiu (Nascimento *et al.*, 2025). Gràcies als projectes AgriCarboniCat i AgriRegenCat, aquest assaig ha pogut perllongar-se fins al 2025 i, a més, ha inclòs mesures de GEH, cosa que permetrà avaluar l'efecte de les cobertes hivernals en el balanç anual de carboni. Les cobertes vegetals poden ser espon-

tànies o sembrades; quan comencen a competir per l'aigua amb el cultiu principal, es poden tallar o aixafar. Els residus vegetals sovint es deixen al sòl a manera d'encoixinat, protegint-lo contra l'erosió i fomentant la biodiversitat (foto pàg. 11).

03.01 Objectius i tipus d'assaigs

En aquest article s'exposen els efectes de les cobertes vegetals i els cultius de coberta en les propietats fisicoquímiques del sòl, la capacitat de segrest de carboni, la biodiversitat, i la producció en diversos sistemes i condicions edafoclimàtiques (vinya en secà, pomeres en regadiu i arròs).

Els resultats s'han obtingut en assaigs a mitjà termini en què s'avalua el potencial de diferents tipus de coberta vegetal i cultius de coberta. Els resultats es comparen amb situacions en què el sòl es manté nu i/o treballat, i amb l'estat natural del terreny en àrees properes a l'assaig.

En vinya es va fer un assaig en una par-

cel·la comercial a Espolla: es van comparar dues cobertes (una de ben establerta i una de nova implantació) amb dues parcel·les control (el sòl nu llaurat com a gestió convencional, i un fonollar proper com a ecosistema natural). També en vinya, a IRTA Torre Marimon es van testar cobertes sembrades i espontànies, combinades amb llaurat reduït i fertilització orgànica, comparant-les amb el sòl nu llaurat a 30 cm (gestió convencional).

En pomera, es va fer un assaig a la finca experimental de l'IRTA ubicada a Mollerussa, en una plantació de pomeres adultes plantades el gener de 2015. A partir de l'any 2023, es van definir dos tractaments: regeneratiu i convencional. En el regeneratiu, les males herbes sota la fila dels arbres es van gestionar mitjançant la sembra de trèvol (*Trifolium repens* de la varietat haifa), a una dosi de 10 g/m² i a una amplada d'1 m, i puntualment es va passar una segadora de discs sota la fila. Es van reduir al mínim les segades de la flora de la coberta i es va deixar només la segada prèvia a la collita. A més,



El paper de les cobertes vegetals en la millora de la biodiversitat a la vinya. A dalt a l'esquerra: niu d'ocells entre les restes seques de la coberta vegetal segada (mulching). A dalt a la dreta: marieta (*Coccinella septempunctata*), enemic natural de diverses plagues. A baix a l'esquerra i a la dreta: *Reseda phyteuma* i *Viola canina*, flora present a les cobertes vegetals espontànies i sembrades. Totes les imatges han estat preses a la parcel·la experimental de vinya de l'IRTA a Torre Marimon (Caldes de Montbui). Fotos: Eulàlia Serra i José Luis Marín (IRTA).

per tal de permetre el creixement de les plantes a sortida d'hivern, es va substituir la trituradora de martells per una trituradora tipus *pick-up* que pica les restes d'esporga a l'interior de l'aparell sense impactar contra el terra. Per tal de fertilitzar el cultiu, a sortida d'hivern es van fer aplicacions de compost. En el tractament convencional es van fer aplicacions d'herbicida per controlar les males herbes sota la fila dels arbres; es va passar la trituradora de martells quan l'alçada de l'herba de la coberta era superior a 20 cm; es van gestionar les restes d'esporga mitjançant una trituradora de martells i es van adobar els arbres per fertirrigació. Els paràmetres avaluats van ser: matèria orgànica, carboni, nutrients, diversitat de microorganismes i de flora, abundància d'insectes pol·linitzadors i enemics naturals, compactació, conductivitat hidràulica i producció del cultiu.

En arròs, es va fer un assaig a IRTA Amposta. Es van avaluar tres estratègies de cultiu de coberta durant l'hivern (veça, raigràs i guaret). Es va fer un seguiment de les emissions de GEH (òxid nitrós (N_2O) i metà (CH_4)) a les parcel·les experimentals mitjançant un equip autoanalitzador acoblat a una càmera transparent amb una freqüència setmanal de mesura durant la major part de l'estudi. També es va mesurar l'estoc de carboni al sòl i es va determinar la diversitat de pol·linitzadors i d'artròpodes del sòl com a indicadors de biodiversitat. Addicionalment, el novembre de 2024, es van determinar diversos paràmetres de diversitat microbiana mitjançant estudis metataxonòmics, amb especial atenció a les comunitats microbianes relacionades amb el cicle del CH_4 i del nitrogen.

03.02 Resultats destacables obtinguts

En vinya, en el marc d'aquests dos projectes s'ha fet una revisió d'estudis previs i una metaanàlisi per conèixer el potencial de les cobertes vegetals a la Mediterrània. Segons la metaanàlisi, les cobertes vegetals en vinyes mediterrànies poden segrestar 1,32 t C/ha als

Segons la metaanàlisi, les cobertes vegetals en vinyes mediterrànies poden segrestar 1,32 t C/ha als primers 30 cm de sòl, més que les vinyes amb gestió convencional, sobretot a les capes més superficials.

primers 30 cm de sòl, més que les vinyes amb gestió convencional, sobretot a les capes més superficials. L'efecte és més gran en zones més humides, fredes i amb pendents moderats, ja que redueixen l'erosió.

En l'assaig en vinya a Espolla, les cobertes vegetals han augmentat el carboni al sòl respecte a la gestió convencional, tot i que els valors més alts han estat per a l'ecosistema natural (fonollar). També han millorat la infiltració i han mantingut més aigua disponible, especialment les cobertes més antigues. La biodiversitat també s'ha incrementat, amb més microorganismes beneficiosos i espècies vegetals. En l'assaig d'IRTA Torre Marimon, s'ha detectat un menor contingut en carboni al sòl nu de la gestió convencional en comparació amb les parcel·les amb cobertes vegetals o el llaurat reduït. Durant la sequera, el llaurat va millorar puntualment la infiltració, encara que després s'ha observat que les cobertes vegetals mantenen millor la humitat del sòl. La biodiversitat també ha augmentat, sobretot en cobertes ben establertes. Les cobertes poden reduir lleugerament el rendiment de la vinya els primers anys o en anys secs. No obstant això, un cop superada la sequera, no hi ha diferències significatives amb el sòl nu. En canvi, el grau alcohòlic sol ser més alt quan hi ha menys producció.

En pomeres, després de dues campanyes, sota la fila dels arbres no s'han observat canvis en el contingut de matèria orgànica ni de carboni al sòl. S'han trobat valors més baixos de potassi i magnesi

al tractament regeneratiu, però valors més alts de sodi (sense arribar a un nivell limitant per al desenvolupament del cultiu); en relació amb la resta de nutrients no hi ha hagut diferències entre tractaments. En tot cas, caldrà seguir l'evolució d'aquests paràmetres en els pròxims anys per tal de determinar-ne l'evolució a mitjà termini i poder valorar l'efecte de la fertilització orgànica i la gestió de les males herbes en les propietats del sòl. L'eliminació de l'ús de la trituradora de martells en el tractament regeneratiu ha millorat el grau de cobertura del sòl del carrer, així com la quantitat de recursos florals per a la fauna auxiliar. D'aquesta manera, després de dos anys d'assaig, s'ha reduït el percentatge de sòl nu al tractament regeneratiu (25%) respecte al convencional (75%). Aquesta modificació en la coberta ha provocat canvis en les propietats físiques del sòl i en l'abundància d'abelles i enemics naturals; així, el tractament regeneratiu ha disminuït la compactació a 10 cm de profunditat, ha incrementat la conductivitat hidràulica i ha augmentat la presència de fauna auxiliar. La disminució del nombre de segues de la coberta ha permès un major creixement de les plantes, incrementant la massa radicular present al sòl i, per tant, afavorint els processos d'infiltració d'aigua. A més, l'eliminació de l'impacte dels martells de la trituradora contra el sòl haurà contribuït a la reducció de la compactació, especialment en els primers 10 cm del sòl. Després de dos anys de la implementació de les pràctiques regeneratives s'han obtingut valors productius similars als convencionals. Amb tot, caldrà continuar fent avaluacions per tal de determinar-ne els efectes a mitjà i llarg termini.

En arròs, a 0-10 cm la veça augmenta significativament la concentració de C orgànic al sòl respecte el guaret mentre que no es veuen resultats importants en el raigràs. Pel que fa a les emissions de GEH, després de cinc anys d'implementació de cultius de cobertora, els resultats no mostren diferències significatives a escala global. Tot i això, en el cultiu amb veça s'han detectat reduccions de N_2O

en determinats períodes, especialment coincidents amb fases de desenvolupament vegetatiu (tant de la veça com de l'arròs); també s'han detectat increments significatius en les emissions de CH_4 per part de la veça en contrast amb el raigràs per al període de cultiu de l'arròs (l'últim any experimental). Aquestes emissions vindrien explicades pels majors inputs de carboni en el tractament de veça durant els darrers anys experimentals. La veça va tendir a afavorir comunitats microbianes associades a la nitrificació, la fixació de nitrogen i la desnitrificació, amb presència de tàxons que podien reduir N_2O a N_2 , la qual cosa pot explicar les emissions negatives observades. Cal remarcar també que el tractament amb veça va mostrar una tendència positiva marginalment significativa de la productivitat del gra d'arròs. Finalment, la diversitat de pol·linitzadors i artròpodes del sòl va ser molt més elevada als cultius de veça que als cultius de raigràs o al guaret. Per exemple, la presència d'un grup clau d'artròpodes, com els caràbids, només es va observar al cultiu de veça, fet que n'indica la utilitat per afavorir la biodiversitat del sòl.

03.03 Conclusions

Les cobertes vegetals a la vinya mediterrània augmenten el carboni al sòl, milloren la biodiversitat, i aporten altres serveis ecosistèmics. Tanmateix, a curt termini poden reduir la producció, sobretot amb la sequera, però a mitjà i llarg termini no mostren grans diferències en aquest aspecte. Cal continuar estudiant els efectes de les cobertes vegetals durant més anys, especialment en condicions climàtiques extremes, per tenir resultats més concloents quant als seus beneficis i contrapartides. És important tenir present que els resultats dels assajos s'han obtingut en un context de tres anys consecutius de sequera amb un 40-60% menys de pluja que la mitjana històrica.

Després de dos anys d'implementació de pràctiques regeneratives en una plantació adulta de pomeres s'observen efectes prometedors en algunes propi-

etats del sòl, la biodiversitat i la collita. Això no obstant, és imprescindible obtenir dades a mitjà i llarg termini per tal de determinar els efectes d'aquestes pràctiques durant la vida útil de la plantació, així com ampliar la quantitat d'experiències en diferents contextos edafoclimàtics.

En arròs, tot i que la inundació hivernal dels camps és la pràctica més recomanable per afavorir la biodiversitat de l'arrossar, el cultiu de coberta amb lleguminoses podria ser una estratègia complementària. En termes de mitigació climàtica, pot augmentar el segrest de carboni; no comporta pèrdues en forma de GEH i fins i tot pot reduir les emissions de N_2O . A més, incrementa la fixació de nitrogen (pot reduir la necessitat d'adob nitrogenat) i incrementa la presència de pol·linitzadors i depredadors de plagues i males herbes (per exemple, caràbids). A més, aquesta pràctica no té efectes negatius en la collita d'arròs, i fins i tot podria incrementar-la lleugerament. Tanmateix, abans d'emetre possibles recomanacions per a la implementació d'aquesta pràctica, cal tenir en compte dues consideracions: la primera està relacionada amb la variabilitat edàfica i fisicoquímica dels arrossars, que pot condicionar en gran manera la resposta agronòmica del cultiu a aquesta pràctica; la segona té a veure amb l'impacte a més gran escala en la biodiversitat d'aus aquàtiques. Aplicar aquesta pràctica a tota la superfície deltaica suposaria reduir la superfície inundada al delta de l'Ebre; això afectaria negativament la biodiversitat d'aquestes aus, la qual cosa tindria un gran impacte ecològic.

04. No treball del sòl

La sembra directa és una pràctica agrícola que consisteix a no remoure ni voltejar el sòl de manera mecànica (amb màquines o manualment) abans de sembrar o plantar. En lloc de deixar el sòl nu, es mantenen la vegetació i els residus del cultiu anterior a la superfície. Aquesta tècnica busca conservar l'estructura i la fertilitat del sòl, reduir l'erosió, afavorir la infiltració d'aigua, i fomentar la

biodiversitat del sòl de la fauna microbiana, de la microfauna i de la mesofauna. Deixar el sòl sense remoure i cobert amb restes vegetals ajuda a protegir-lo de l'erosió causada pel vent i la pluja. A més, aquestes restes (tant les que queden a la superfície com les arrels del cultiu anterior) es descomponen i aporten matèria orgànica rica en carboni, que alimenta l'activitat microbiana, especialment la dels bacteris. Això també afavoreix la formació d'estructures naturals del sòl (macroagregats) i millora la connexió entre els porus, per la qual cosa es facilita el moviment de l'aigua.

Quan es compara amb el cultiu convencional, el no treball del sòl mostra beneficis clars: millora l'estructura i el contingut de matèria orgànica als primers centímetres del sòl i augmenta la capacitat de retenció de nutrients. Tot i això, pot provocar una certa compactació i una distribució desigual dels nutrients en profunditat. Això influeix en el creixement de les arrels: les arrels tendeixen a desenvolupar-se més a prop de la superfície. Cal remarcar, però, que aquests efectes poden variar segons el tipus de sòl i el maneig que se'n faci.

La presència de més matèria orgànica i agregats pot ajudar a retenir millor l'aigua i els nutrients. Tanmateix, en alguns tipus de sòl, la compactació pot reduir la infiltració d'aigua a les capes més profundes. Per això, el no treball del sòl requereix una gestió curosa i adaptada a les condicions locals per aconseguir bons resultats.

Un altre avantatge important és la reducció dels costos de producció: es consumeix menys combustible i es necessiten menys hores de feina. A més, com que no es volteja el sòl, es redueixen la descomposició de la matèria orgànica, la respiració del sòl, i, en conseqüència, les emissions de GEH. Això contribueix a la lluita contra el canvi climàtic.

En el marc d'aquest projecte, s'ha estudiat l'efecte del no treball del sòl en una rotació de cultius d'horta (coliflor, enciam

i tomàquet) durant dos anys en una parcel·la a l'IRTA de Cabriels. La producció comercial de tomàquets i de coliflor ha estat més alta en les parcel·les no treballades respecte a les treballades. Les propietats físiques i químiques del sòl analitzades (com la densitat aparent, el carboni orgànic i el pH) no han mostrat canvis significatius respecte als valors inicials, ni tampoc entre els tractaments amb treball del sòl. No obstant això, el sòl sense remoure ha presentat més diversitat microbiana fúngica comparada amb els sòls treballats, tant amb fertilització orgànica com amb fertilització mineral. L'estoc de carboni en el sòl tampoc no ha variat de manera significativa durant els dos anys de rotació. La conclusió d'aquest assaig és que cal esperar com a mínim cinc anys per veure els efectes en la qualitat del sòl.

Aquesta tècnica també s'ha aplicat en altres tipus de cultius, com ara pomeres o vinyes: s'hi ha deixat una coberta vegetal espontània o sembrada als passadissos, sense treballar el sòl (vegeu l'apartat "Cobertes vegetals" d'aquest mateix article). En cultius extensius, com els cereals, també s'ha utilitzat la sembra directa com a estratègia de no treball del sòl.

05. Conclusions generals

L'agricultura regenerativa millora la salut i la funcionalitat del sòl, i fa els sistemes més sostenibles i resilents.

La fertilització orgànica augmenta el carboni del sòl i redueix la dependència dels adobs químics, tot i que en alguns casos, com en l'arròs, s'ha observat una tendència a la reducció del contingut de carboni quan s'han aplicat purins.

Les cobertes vegetals milloren la fertilitat, la biodiversitat i el segrest de carboni.

El no treball del sòl conserva l'estructura, i redueix l'erosió i les emissions de CO₂.

La combinació d'aquestes pràctiques afavoreix una agricultura més eficient, competitiva i adaptada al canvi climàtic.

Per saber-ne més

LIN, B.-J.; LI, R.-C.; YANG, M.-Y.; KAN, Z.-R.; VIRK, A. L.; BOHOUSOU, Y. N. D.; ZHAO, X.; DANG, Y. P., i H.-L. ZHANG. 2023. Changes in cropland soil carbon through improved management practices in China: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 329, 117065.

NASCIMENTO, G.; CATALÀ-FORNER, M.; CANTERO-MARTÍNEZ, C.; FERRE, O.; TOMÁS, N., i D. VILLEGAS. 2025. Balancing cover crop benefits and economic realities in Mediterranean rice farming. *Agronomy for Sustainable Development*, 45, 14.

VINYES, E.; ASIN, L.; ALEGRE, S.; MUÑOZ, P.; BOSCHMONART, J., i C. M. GASOL. 2017. Life Cycle Assessment of apple and peach production, distribution and consumption in Mediterranean fruit sector. *Journal of Cleaner Production*, 149, 313–320.

Autoria



Carme Biel Loscos

Investigadora del Programa de protecció vegetal sostenible. IRTA.
carmen.biel@irta.cat



Georgina Alins Valls

Investigadora del Programa de fructicultura. IRTA.
georgina.alins@irta.cat



Mar Català Forner

Investigadora del Programa de cultius extensius sostenibles. IRTA.
mar.catala@irta.cat



Laura Estrela Muriel

Estudiant de doctorat del Programa de fructicultura. IRTA.
laura.estrela@irta.cat



Nestor Felis Facerias

Tècnic del Programa de fructicultura. IRTA.
nestor.felis@irta.cat



Inmaculada Funes Mesa

Tècnica de recerca del Programa de fructicultura. IRTA.
inmaculada.funes@irta.cat



Elena González Llinàs

Tècnica de recerca del Programa de cultius extensius sostenibles. IRTA.
elena.gonzalez@irta.cat



Felicidad de Herralde Traveria

Investigadora del Programa de fructicultura. IRTA.
felicidad.deherralde@irta.cat



Alba Llovet Martín

Investigadora del Programa d'aigües marines i continentals. IRTA.
alba.llovet@irta.cat



Maite Martínez Eixarch

Investigadora del Programa d'aigües marines i continentals. IRTA.
maite.martinezeixarch@irta.cat



Néstor Pérez-Méndez

Investigador del Programa d'aigües marines i continentals. IRTA.
nestor.perez@irta.cat



Wilk Sampaio de Almeida

Investigador del Programa en ús eficient de l'aigua. IRTA.
wilk.sampaio@irta.cat



Marc Viñas Canals

Investigador del Programa de sostenibilitat en biosistemes. IRTA.
marc.vinas@irta.cat



Francesc Domingo Olivé

Investigador especialista del Programa de cultius extensius sostenibles. IRTA.
francesc.domingo@irta.cat

INNOVACIONS EN L'AGRICULTURA REGENERATIVA:

importància de la microbiota del sòl i la rizosfera per a la millora de la qualitat dels sòls agrícoles



Plantacions experimentals de cultius d'horta en el centre de Cabrials de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) i detall de la inoculació in situ de fongs formadors de micorrizes arbusculars. Fotos: IRTA.

01. La importància de la microbiologia del sòl i la rizosfera en l'agricultura regenerativa

Les pràctiques d'agricultura regenerativa tenen com a objectiu principal millorar la salut del sòl, entesa com la capacitat per proporcionar serveis ecosistèmics. Aquests inclouen beneficis econòmics, ambientals i culturals, tant per a les persones com per als altres éssers vius i els cultius. Com amb la salut humana, la salut del sòl està íntimament associada a la gran diversitat de microorganismes que coexisteixen en el sòl i que dirigeixen el metabolisme i els processos de transformació de diferents elements biòtics i abiòtics, i que condicionen el desenvolupament de les plantes i els animals. Aquest concepte es coneix

com a salut global, de l'anglès *one health* (Banerjee i Van Der Heijden, 2023).

El sòl i la seva zona més propera a les arrels (rizosfera) constitueixen un entorn microbià de gran riquesa. Inclou bacteris, arquees i fongs, que es desenvolupen tant de forma lliure com associats a les arrels i, en alguns casos, com a endòfits dins dels teixits vegetals i que ofereixen un conjunt de serveis ecosistèmics clau:

- Promoció del creixement vegetal: major absorció i disponibilitat de nutrients, regulació hormonal i desenvolupament radicular.
- Biocontrol i salut vegetal: inducció de resistència sistèmica, producció d'antimicrobians i competència amb fitopatògens.

- Preservació del sòl i les seves funcions: augment de la capacitat de segrest de carboni, l'estabilitat física, la regeneració i la resistència envers l'estrès ambiental.

Els fongs exerceixen un paper fonamental en els ecosistemes terrestres, especialment en la zona radicular, on estableixen relacions estretes amb les plantes que poden influir decisivament en el seu creixement i resistència a estressos biòtics i abiòtics. Entre aquests organismes en destaquen dos grups particularment rellevants.

D'una banda, els fongs micorrízics (foto a pàg. 16) estableixen una simbiosi de tipus mutualista, obligada en el cas dels fongs formadors de

micorrizes arbusculars (AMF), que s'associen amb aproximadament el 80% de les plantes terrestres. En aquesta relació, els fongs colonitzen les arrels de la planta hoste i l'ajuden a accedir als nutrients i l'aigua del sòl més enllà de l'abast del sistema radical. Al seu torn, el fong rep de la planta carbohidrats procedents de la fotosíntesi. Les micorrizes regulen aquest intercanvi de carboni i resulta essencial per a l'agricultura sostenible.

D'altra banda, els fongs melanitzats endòfits (DSE, de l'anglès *dark septate endophytes*) (foto b del peu de pàgina) són un grup funcional polifilètic d'interès creixent. Poden colonitzar tant els teixits vegetals com desenvolupar-se de forma lliure (Jumpponen i Trappe, 1998). Es caracteritzen per la presència de melanina a la paret cel·lular (fins a un 15% del pes sec de la biomassa), que confereix resistència a condicions adverses com la sequera i les temperatures extremes. Els DSE poden transferir aquesta resiliència a les plantes amb què interactuen, amb la qual cosa contribueixen a una millor adaptació dels cultius al medi en el context del canvi climàtic.

La utilització i l'estimulació de microorganismes rizosfèrics en sistemes agrícoles pot reduir de forma significativa la necessitat d'entrades (*inputs*) externes (fertilitzants i pesticides). Per exemple, l'aplicació dels fongs micorrízics (especialment els AMF) en la pràctica agrícola ha resultat particularment exitosa en sòls poc productius (salut del sòl baixa) (Rog *et al.*, 2025).

Els beneficis associats a la presència de micorrizes i DSE, com el biocontrol, la resiliència dels conreus a l'estrès abiòtic i la millora tant de la biogeoquímica del carboni i els nutrients com de la diversitat microbiana global del sòl, posicionen aquests organismes com a un nou component en les estratègies agrícoles orientades a la mitigació i l'adaptació al canvi global.

02. L'estudi de la microbiota com a nou indicador de la salut del sòl

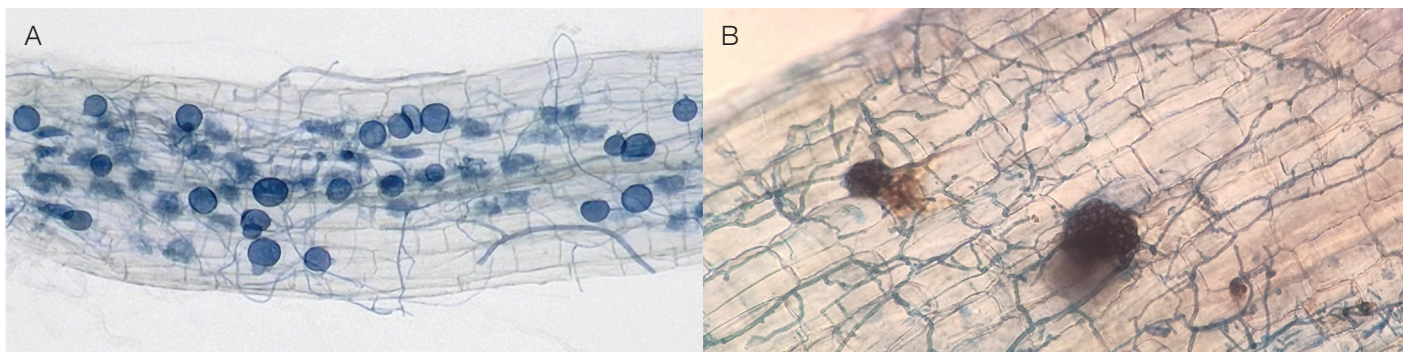
Tradicionalment, el seguiment d'indicadors de qualitat del sòl s'ha basat en característiques fisicoquímiques. No obstant això, els indicadors microbiològics i bioquímics presenten un elevat potencial per avaluar els efectes de les pràctiques agrícoles, i s'han inclòs com a descriptors de la qualitat del sòl dins de la llei actual (Directiva 2025/2360 de la UE) de monitoratge de qualitat del sòl europea (Panagos *et al.*, 2025). Un avantatge dels indicadors microbiològics rau en la seva elevada sensibilitat als canvis ambientals. A efectes pràctics, aquests indicadors encara no estan prou desenvolupats per establir un índex estàndard de la qualitat microbiana del sòl, que complementi les anàlisis fisicoquímiques.

Els indicadors microbiològics de la salut del sòl es poden dividir en tres categories (Semenov *et al.*, 2025): abundància microbiana, diversitat microbiana i funcionalitat microbiana.

Els beneficis associats a la presència de micorrizes i fongs melanitzats endòfits, posicionen aquests organismes com a un nou component en les estratègies agrícoles orientades a la mitigació i l'adaptació al canvi global.

És possible relacionar la microbiota del sòl amb les emissions de gasos d'efecte hivernacle, com a conseqüència de la metanogènesi, la metanotròfia i la desnitrificació.

Les eines de biologia molecular actuals permeten detectar canvis en la microbiota del sòl segons el maneig i les condicions ambientals d'aquest. D'aquesta manera és possible obtenir indicadors relacionats amb la bona qualitat del sòl, com ara els basats en índexs de diversitat global utilitzats en ecologia (nombre d'espècies i uniformitat en la seva distribució), l'abundància de fongs i bacteris relacionats amb una bona qualitat del sòl (fixadors de N, promotors del creixement vegetatiu, micorrizes i agents de biocontrol



Microfotografia d'arrels colonitzades amb diferents fongs després del procés de transparentat i tinció. (a) micorrizes arbusculars, i (b) fong melanitzat endòfit, on se'n pot visualitzar la pigmentació mateixa. Fotos: IRTA.

Cultiu	Localització/Títol	Tipus d'assaig	Conclusions principals
Vinya	Caldes de Montbui (IRTA-TM) Cobertes vegetals	Comparació coberta vegetal sembrada vs. llaurat convencional (LLC)	Els assaigs amb coberta sembrada van mostrar més diversitat microbiana (índex de Shannon), i una composició microbiana diferenciada respecte a LLC.
	Espolla DOP Empordà	Comparació entre diferents graus d'establiment de cobertes vegetals (jove NC) vs. ben establerta (WE) en comparació amb el llaurat convencional sense coberta (CM) i zona arbustiva no cultivada (F)	Increment de la diversitat microbiana (riquesa i equitat de les espècies) i funcions microbianes en presència de cobertes vegetals, en funció del seu grau d'establiment; des de CM (menor diversitat) fins a NC, WE fins a F (major diversitat). Major presència de gèneres microbians beneficiosos per a la vinya (<i>Bradyrhizobium</i> , <i>Streptomyces</i> o <i>Penicillium</i>), i menor de patògens potencials (<i>Aspergillus</i>) en cobertes ben establertes i zona arbustiva. Menors funcions relacionades amb el nitrogen en zones de gestió convencional.
Horta	Cabrils 1 Fertilització	Comparació entre fertilització amb compost, mineral, i no-treball del sòl/encoixinat (foto pàg. 15)	El no-treball del sòl amb encoixinat afavoreix una major diversitat microbiana funcional (degradació de compostos orgànics complexos i fixació de nitrogen). Major presència i diversitat de microorganismes amb potencial de biocontrol (<i>Vicinamibacteria</i> o <i>Trichoderma</i>), i menor de patògens potencials (<i>Fusarium</i>).
	Cabrils 2 Reg i micorrizes	Comparació de règims de reg i inoculació amb micorrizes (foto pàg. 15)	El reg òptim amb inoculació de micorrizes va mostrar una major abundància de fongs totals i una major ràtio fongs/bacteris. El reg deficitari sense inòcul va mostrar una major activitat microbiana de degradació de carboni.
Arròs	Arròs 1 Fertilització orgànica	Comparació entre 0N, Nmin, gallinassa i purí	Les estratègies de fertilització causen diferències de composició microbiana, però no en el nombre d'espècies (riquesa) i la seva equitat.
	Arròs 2 Cultius coberta hivernals	Comparació entre cobertes hivernals (veça i altres) i testimoni control	Les cobertes vegetals en arrossars augmenten el potencial de metanotrófia (mitigació d'emissió de metà) i les funcions relacionades amb el cicle del N (oxidació d'amoni, fixació de N). La presència de veça va causar un major potencial de desnitrificació, i una mitigació de les emissions d'òxid nítrós (N ₂ O), la qual cosa millora la petjada de C.
	Arròs 4 CERESTRES	Comparació estratègies de reg —intermitent (AWD), convencional inundat (CONV) i drenatge/assecat a meitat de cultiu (MSD)—	El reg intermitent (AWD) va reduir l'abundància de metanògens. El reg convencional (CONV) va causar una major coexistència de metanògens i metanòtrofs. El drenatge a meitat del cultiu (MSD) podria millorar la mitigació de GEH (menys metanògens i més metanòtrofs). Els canvis microbians han estat un bon indicador de les emissions de GEH finalment observades.
Pomera	DEMO Poma Moll1	Comparació de maneig regeneratiu (REG) vs. convencional (CONV)	El maneig REG va mostrar una major diversitat procariota i menor fúngica. En REG es va observar una major dominància de fongs sapròfits i major presència de bacteris beneficiosos per als cultius (PGPR i fixadors de N). A CONV s'ha detectat una major prevalença de patògens fúngics.
	Experiment fertilització x desherbatge	Efecte de compost vs. mineral i aplicació d'herbicida	L'herbicida redueix l'abundància microbiana (especialment els bacteris totals). La no aplicació d'herbicides afavoreix fixadors de N i funcions cel·lulolítiques. No s'ha observat cap efecte significatiu sobre l'alfa diversitat (nombre d'espècies i equitat).

Extensius	DEMO MB3 Cultius d'estiu	Maneig regeneratiu complet (RC), regeneratiu parcial (RP+H) vs. convencional (C+H)	RC va anar lligat amb una menor activitat microbiana funcional segons els resultats de les plaques EcoPlate™. RP+H va mostrar una major població de bacteris viables.
	DEMO MB4 Pastures	Convencional (CONV) vs. regeneratiu amb pastures (REG)	CONV va mostrar major activitat funcional microbiana (ecoplates). No hi ha diferències significatives en abundància de bacteris viables. Diversitat microbiana pendent d'estudi.

Taula 1. Efecte de pràctiques regeneratives sobre la diversitat microbiana del sòl en diferents cultius. Font: Elaboració pròpia.

Cultiu	Localització/Títol	Tipus d'assaig	Conclusions principals
Horta	Cabrils 1 Fertilització	Comparació entre compost, mineral i no-treball del sòl -Encoixinat	Els tractaments de compost i no-treball -encoixinat no afecten la colonització radical espontània de les plantes hoste amb els fongs nadius del sòl.
	Cabrils 2 Reg micorrizes	Comparació de règims de reg i inoculació amb micorrizes	La inoculació in situ amb fongs micorrízics incrementa la colonització micorrízica de les arrels de les plantes hoste (enciam i tomàquet). Les condicions de reg deficitari també incrementen la colonització radical.

Taula 2. Efecte de pràctiques regeneratives sobre els fongs formadors de micorrizes arbusculars en rotacions de cultius d'horta. Font: Elaboració pròpia.

contra patògens) i la identificació de funcions beneficioses de la microbiota (reciclatge de nutrients mitjançant l'amonioxidació, la nitrificació, la degradació de cel·lulosa, etc.). També és possible relacionar la microbiota del sòl amb les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, com a conseqüència de la metanogènesi, la metanotròfia i la desnitrificació. Finalment, cal destacar que una ràtio elevada entre l'abundància dels fongs i els bacteris s'associa, en general, a una bona funcionalitat del sòl. Alhora, una diversitat fisiològica més elevada de la microbiota en la degradació de diferents formes de carboni orgànic pot afavorir, a llarg termini, una transformació d'aquests en compostos en formes més estables de carboni edàfic.

03. AgriRegenCat i AgriCarboniCat: objectius

En el marc dels projectes AgriRegenCat i AgriCarboniCat, finançats pel Fons Climàtic, s'està treballant per validar científicament els efectes que

té la gestió del sòl mitjançant estratègies regeneratives (emprant cobertes vegetals, la rotació de cultius, el llaurat superficial o el no-llaurat, i l'ús d'esmenes orgàniques i encoixinats) en diferents cultius (llenyosos, hortícoles i extensius) sobre la seva producció, la qualitat del sòl i els serveis ecosistèmics, incloent-hi també l'impacte sobre les comunitats microbianes del sòl i les seves funcions associades.

04. Material i mètodes emprats per al seguiment de la microbiologia del sòl

- Estudi de la diversitat microbiana mitjançant l'extracció, l'amplificació i la seqüenciació de l'ADN total del sòl. Determinació de la diversitat alfa i beta de bacteris/arquees i fongs sobre la base dels gens ribosomals (p. ex. 16S i ITS), i estudi de les funcions potencials rellevants.
- Quantificació i monitoratge de l'abundància de les poblacions microbianes totals del sòl mitjançant PCR quantitativa de bacteris/arquees (16S), fongs (ITS), fongs micorrízics

i bacteris amonioxidants (amoA).

- Quantificació i seguiment de poblacions bacterianes i fúngiques per tècniques de cultiu, com el nombre més probable (NMP), i l'aïllament i estudi de microorganismes.
- Bioassaig NMP amb mostres de sòls per determinar el potencial infectiu dels fongs formadors de micorrizes arbusculars.
- Diversitat fisiològica microbiana relacionada amb la seva capacitat de transformació de compostos orgànics del sòl mitjançant estudis en plaques EcoPlate Biolog.

05. Resultats en els diferents assaigs duts a terme dins del projecte

Els principals resultats relacionats amb l'impacte de pràctiques regeneratives en la diversitat microbiana del sòl es resumeixen en les taules 1 i 2.

Aquests resultats indiquen que, de forma global, les pràctiques regeneratives tendeixen a millorar l'abundància i la diversitat microbiana del sòl al mateix

temps que n'amplien la diversitat funcional. Aquesta tendència es relaciona positivament amb els efectes observats en el segrest de carboni, de manera que es confirmaria el potencial ús de la diversitat microbiana com a indicador de segrest de carboni i qualitat del sòl.

De forma global, les pràctiques regeneratives tendeixen a millorar l'abundància i la diversitat microbiana del sòl al mateix temps que n'amplien la diversitat funcional.

La bona disponibilitat i la major assequibilitat de cost i processament de les tècniques moleculars per al seguiment de la microbiologia del sòl com a indicadors de la salut del sòl facilitaran cada cop més la seva implementació en la gestió dels cultius i la qualitat del sòl.

Tanmateix, alguns dels resultats necessiten sèries temporals més llargues (mínim cinc anys) per confirmar la tendència (increment en segrest de carboni i en diversitat microbiana), com s'ha observat en el cas de cobertes vegetals joves en vinya (primers tres anys).

06. Conclusions

Determinades pràctiques regeneratives, com ara l'ús de cobertes vegetals, el no-treball del sòl i els encoixinats amb xips de fusta, tendeixen a millorar l'abundància i la diversitat microbiana del sòl, al mateix temps que n'amplien la diversitat funcional.

La inoculació de fongs formadors de micorrizes arbusculars com a estratègia de maneig agrícola incrementa la colonització radical en els cultius d'horta, fins i tot en presència de fongs natius en el sòl. Aquest efecte s'incrementa en condicions de reg i fertilització deficitaris, la qual cosa constitueix un avantatge per a la planta en incrementar la capacitat d'absorció d'aigua i nutrients en condicions d'estrès.

D'altra banda, la bona disponibilitat i la reducció dels costos i simplificació del processament de les tècniques moleculars per al seguiment de la microbiologia del sòl com a indicadors de la salut del sòl facilitaran cada cop més la seva implementació en la gestió dels cultius i la qualitat del sòl.

Per saber-ne més

BANERJEE, Samiran, i MARCEL GA VANDER HEIJDEN. 2023. Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology* 21.1 (2023): 6-20.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. 1998. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. *New Phytologist*. 140(2): 295-310.

PANAGOS, P., JONES, A., LUGATO, E., i BALLABIO, C. (2025). A Soil Monitoring Law for Europe. *Global Challenges*, 9(3), 2400336.

ROG, I.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; BENDER, F.; BOUSSAGEON, R.; LAMBACH, A.; SCHALAEPP, K.; BODENHAUSEN, N.; UTZ, S. 2025. Mycorrhizal inoculation success depends on soil health and crop productivity. *FEMS Microbiology Letters*, 2025, 372, fnaf031.

SEMENOV, M. V.; ZHELEZOVA, A. D.; KSENOFONTOVA, N. A.; IVANOVA, E. A.; NIKITIN, D. A.; SEMENOV, V. M. 2025. Microbiological indicators for assessing the effects of agricultural practices on soil. *Agronomy* 15, 335.

Autoria



Xavier Parladé Izquierdo

Investigador
Programa de Protecció Vegetal Sostenible. IRTA.
xavier.parlade@irta.cat



Carmen Biel Loscos

Investigadora
Programa de Protecció Vegetal Sostenible. IRTA.
carmen.biel@irta.cat



Mar Carreras Sempere

Tècnica especialista en Microbiologia
Programa de Sostenibilitat en Biosistemes. IRTA Ambiental.
mar.carreras@irta.cat



Francesc Prenafeta Boldú

Investigador
Programa de Sostenibilitat en Biosistemes. IRTA.
francesc.prenafeta@irta.cat



Marc Viñas Canals

Investigador
Programa de Sostenibilitat en Biosistemes. IRTA.
marc.vinas@irta.cat

EXPERIÈNCIES DESTACADES en agricultura regenerativa



Vista general de la finca Planeses a Sant Ferriol (Girona). Foto: CREA.

01. Introducció

El model regeneratiu, que hem definit en el primer article d'aquest *Dossier tècnic*, va assolir un màxim d'aparició a la literatura científica a finals dels anys vuitanta, però a mitjans dels anys 2000 pràcticament havia desaparegut. La reaparició de l'agricultura regenerativa a la literatura com una alternativa al model actual ha augmentat dràsticament des de l'any 2015 fins a l'actualitat (Giller *et al.*, 2021), així com les experiències regeneratives. Les experiències que ja fa força temps que estan en funcionament són especialment valuoses perquè permeten entendre profundament el sistema i actuar com a exemples demostratius del

model regeneratiu. Entre els models que podem trobar a Catalunya, en aquest article en destacarem tres: una finca agroramadera totalment regenerativa, una empresa vitivinícola i diversos sistemes d'agroforesteria.

02. Planeses Agricultura Regenerativa / Polyfarming

Planeses [1] és una finca totalment regenerativa amb diferents components agrícoles i ramaders que la fan especialment interessant com a finca pilot de demostració (foto superior). Actualment, totes les pràctiques que es fan a la finca són regeneratives i això permet que investigadors, tècnics i productors puguin visitar-la i veure el

funcionament d'una finca d'aquestes característiques. Alhora, s'estan obtenint dades molt interessants sobre la comparació entre el model regeneratiu i altres models de producció.

La finca està situada a Sant Ferriol (Girona) i es gestiona totalment segons els principis regeneratius des de fa nou anys, amb la finalitat d'esdevenir un exemple real i demostratiu que es pugui replicar a escala local i global. Té diferents components destacables (foto superior):

- S'hi gestiona un ramat de vaques mitjançant pasturatge controlat en una superfície de pastures amb un total de 16 hectàrees. El ramat es va des-

- plaçant cada dia a una parcel·la de pastura nova per millorar-ne el funcionament així com la fertilitat del sòl.
- També s'hi gestionen petits animals (pollastres) seguint un sistema holístic, de manera que es van movent regularment en una pastura de 2 hectàrees.
 - Finalment, hi ha un hort d'1,5 hectàrees sense llaurar en el qual no s'utilitzen fertilitzants externs ni agroquímics i on es fa servir només l'aigua com a recurs principal.

S'han fet mostres periòdics per analitzar la qualitat del sòl des que es va iniciar el model regeneratiu als diferents components de la granja. En tots els casos s'ha trobat que la quantitat de carboni/matèria orgànica al sòl és molt més gran que a l'inici i que va augmentant fins a arribar a valors elevats al llarg del temps (figura 1). Gran part dels resultats que s'han obtingut, especialment durant els primers anys, estan disponibles en un manual sobre el model regeneratiu a la finca Planeses, que es coneix com el sistema Polyfarming (Gracia *et al.*, 2021).

Per tant, es pot concloure que la consolidació de la finca completament regenerativa ha funcionat perfecta-

ment i que permet abordar de forma sinèrgica la reducció de la pèrdua de biodiversitat i l'adaptació al canvi climàtic. Les pràctiques aplicades, amb l'eliminació del llaurat, les cobertes permanents i l'eliminació dels herbicides, insecticides i fertilitzants químics ajuden a aconseguir la recuperació de la biodiversitat lligada als sistemes agrícoles. Al mateix temps, aquest model permet incrementar el carboni orgànic als sòls i reduir les emissions per la producció de tots aquests productes, contribuint, així, a la mitigació del canvi climàtic.

03. Vitivinicultura - Família Torres

En la cinquena generació com a empresa familiar en el món vitivinícola, Família Torres participa activament en la innovació i la millora de la sostenibilitat dels processos vitivinícoles. Des de l'any 2008 el programa Torres & Earth [2] manté un compromís ferm amb la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic. També va ser aleshores quan van iniciar la conversió a cultiu ecològic, i, en l'actualitat, ja tenen més de 1.000 hectàrees pròpies de vinyes ecològiques.

Des de l'any 2020 han posat en marxa la transició d'aquestes vinyes a un mo-

Les pràctiques totalment regeneratives aplicades han aconseguit l'increment de matèria orgànica i la recuperació de la biodiversitat, actuant sinèrgicament en l'adaptació i la mitigació del canvi climàtic.

del regeneratiu que permet millorar la salut del sòl, frenar l'erosió i millorar la biodiversitat, alhora que contribueixi al segrest de carboni, la retenció d'aigua i la fertilitat dels sòls, creant un equilibri ecosistèmic amb l'entorn. Actualment, Família Torres ja té en transformació regenerativa 517 hectàrees, de les quals 136 hectàrees i sis vins ja estan certificats amb el segell AVR.

El 2021 van fundar l'Associació de Viticultura Regenerativa [3] i van iniciar el primer projecte, el Grup Operatiu VITIREGENERE [4], juntament amb Can Feixes, Clos Mogador, Jean Leon i amb la participació de l'IRTA, que aporta l'expertesa en recerca i seguiment científic, i d'INNOVI com a coordinador. Des del 2022 coordinen el projecte SMARTCROPS 5, on es combinen eines digitals, tecnològiques i pràctiques agroecològiques per millorar la sostenibilitat dels cultius. L'any 2025 s'inicia la participació en el projecte Regenera.cat [6], liderat pel CREAM, juntament amb Planeses, Verdcamp Fruits i Pomona Fruits.

Aquests projectes tenen per objectiu fer un seguiment quantitatiu de la implantació de les pràctiques regeneratives en vinyes de diferents característiques al llarg del temps i, alhora, en comparació amb pràctiques no regeneratives. El seguiment quantitatiu permet determinar quina combinació de pràctiques és més útil segons les condicions de partida, així com gene-

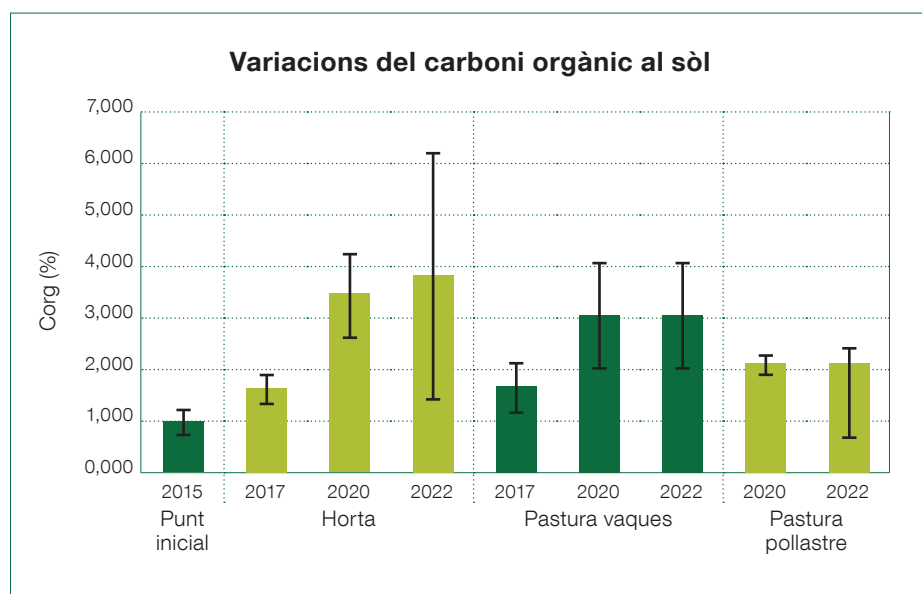


Figura 1. Variacions del contingut de carboni orgànic al sòl en els diferents models regeneratius de Planeses, i comparació amb el punt inicial abans de l'establiment del model regeneratiu. Font: Elaboració pròpia.



Vinya regenerativa Mas la Plana de Família Torres (Pacs del Penedès). Foto: CTFC.

rar indicadors físics, químics, biològics i, fins i tot, socials de les millores en la qualitat del sòl, del cultiu, i de l'entorn natural i social.

Les pràctiques regeneratives emprades es poden resumir en tres grans grups:

- La implantació de cobertes vegetals diverses (anuals, permanents, espon-tànies o sembrades) que es gestionen amb segadora, corró (*roller crimper*) o picadora, o, si és possible, la introducció d'animals de pastura, evitant el llaurat per no pertorbar el sòl.
- La incorporació de matèria orgànica amb adob en verd, fems, restes de poda, preferentment compostats i altres esmenes orgàniques, incloent-hi, si escau, l'aplicació de bioestimulants i inòculs de microorganismes beneficiosos autoritzats.
- El foment de la biodiversitat cultivada (amb diferents varietats i portaempelts de vinya i altres cultius mediterranis) i la del medi (amb cobertes, bandes o marges florals, corredors o illes biològiques, basses naturals, caixes niu, ho-

tels d'insectes, etc.) que permetin restablir un equilibri ecosistèmic entre plagues, malalties, enemics naturals, fauna i microorganismes que actuïn en tota la cadena tròfica processant la matèria orgànica i que contribueixin a la salut del sòl i del cultiu.

Els projectes esmentats també tenen una clara vocació de disseminació del coneixement. El projecte VITIREGENERER ha publicat el Manual de bones pràctiques de viticultura regenerativa [7], on es detallen la metodologia i els resultats obtinguts.

Els resultats obtinguts fins al moment apunten a una millora en la biodiversitat, en l'estat nutricional i en l'increment dels estocs de carboni en el sòl. La manca de disponibilitat hídrica és el limitant més gran.

Entre els principals beneficis observats entre 2022 i 2024 hi ha un increment de poblacions microbianes dels sòls, tant en quantitat com en diversitat i funcionalitat, millores de l'estat nutricional del sòl i només una tendència a l'alça dels estocs de carboni a causa de la curta durada i de la sequera extrema patida durant el període. Sense disponibilitat d'aigua, la implantació de les cobertes vegetals, el rendiment del cultiu i, en conseqüència, la biodiversitat es veuen molt limitades, i els processos de regeneració s'alenteixen. Les característiques edafoclimàtiques i el maneig o ús previ de la finca també condicionen molt el procés de transformació.

Família Torres continua amb la transformació, l'estudi i la difusió de la viticultura regenerativa com a model agrícola en el futur.

04. Sistemes silvoarables

Els sistemes silvoarables són la combinació deliberada de vegetació llenyosa (arbres i/o arbusts) amb sistemes agrícoles per generar beneficis de les seves interaccions ecològiques i econòmiques.

ques. Aquests sistemes es caracteritzen per la versatilitat quant als components del sistema i de situacions de partida (terreny d'ús previ agrari o bé un sistema forestal/llenyós). Aquesta pràctica permet, simultàniament (Smith *et al.*, 2022; Staton *et al.*, 2022; Guerrero *et al.*, 2024): i) diversificar i augmentar la productivitat; ii) incrementar el valor patrimonial del terreny; iii) promoure l'adaptació i la mitigació del canvi climàtic, i iv) protegir el sòl, l'aigua i la biodiversitat. A conseqüència d'aquests avantatges, aquests sistemes s'esmenten explícitament com a pràctica per promoure en els reglaments LULUCF i de restauració de la naturalesa, en el Pacte Verd europeu i en totes les estratègies que el desenvolupen. A més, es poden considerar una pràctica particularment sinèrgica amb altres enfocaments de l'agroecologia

com l'agricultura regenerativa o la producció integrada, l'agricultura sintròpica i l'agricultura ecològica

Des del 2008, el CTFC té una línia de treball relacionada amb aquests sistemes, amb 15 experiències de camp instal·lades i monitorades. Algunes de les experiències estan incloses en les accions del projecte LIFE AgroForAdapt [8]. A continuació, es mostren alguns dels sistemes d'aquesta xarxa.

04.01 Sistema silvoarable: plantes aromàtiques i medicinals amb nogueres (Sagàs, Berguedà; des del 2011)

Sistema d'1,5 hectàrees que consisteix a intercalar plantes aromàtiques i medicinals (sàlvia en secà: 2011-2017; tarongina amb reg de suport: 2018-

2024) i noguera híbrida per a fusta de qualitat. La combinació s'ha plantejat com a temporal, amb les fileres d'arbres separades 7 metres entre elles. El sistema inclou zones de control (aromàtiques i arbres no combinats).

El seguiment mostra com, durant els set primers anys (cicle de cultiu de la sàlvia), no va haver-hi cap interacció detectable entre els arbres i les aromàtiques. En canvi, en el segon cicle productiu (tarongina), l'ombratge causat per les nogueres va causar una davallada progressiva de la productivitat i dels indicadors fisiològics (SPAD, NDVI i àcid rosmarínic) de la tarongina. El 2025 s'ha fet una reconversió del sistema, amb una aclarida intensa semisistemàtica (una filera de cada dues; dins de cada filera, aclarida en favor dels millors arbres) que ha donat com a resultat un marc de plantació de 14 x 12 metres, apte per acollir un nou cultiu per intercalar que, de moment, és un cereal d'hivern.

04.02 Sistema silvoarable cereal + noguera i freixe (Puig-reig, Berguedà; des del 2014)

Sistema d'1 hectàrea amb fileres de noguera i freixe espaiades 18 metres, dins d'un camp destinat a cereal d'hivern. La separació de 18 metres s'ha triat per adaptar-se a l'amplada de la maquinària i evitar passades addicionals a causa de la presència dels arbres.

Els resultats productius, mesurats a diverses distàncies i orientacions de les fileres d'arbres, mostren com no hi ha cap efecte negatiu causat pels arbres fins a l'any 7, en què es detecta la primera davallada de la productivitat del cereal situat a 2,5 metres dels arbres en orientació nord. A 4,5 metres de distància dels arbres encara no s'aprecia, fins a l'any 11, una davallada estadísticament significativa del rendiment. Quant al sòl, s'observa un increment de l'estoc de carboni orgànic als primers 30 centímetres del sòl a la filera arbrada en comparació amb el control agrícola: +32% (any 8) i +37% (any 11).



Sistema silvoarable PAM + nogueres (Sagàs, Berguedà; des del 2011). Foto: CTFC.



Sistema silvoarable cereal + noguera i freixe (Puig-reig, Berguedà; des del 2014). Foto: CTFC.

També hi ha un increment de l'estoc de carboni en el cultiu combinat amb arbres respecte al control agrícola (10-15%), si bé en aquest cas la diferència no és estadísticament significativa. Actualment, s'està estudiant l'efecte de diverses estratègies de fertilització en la interacció entre cultiu i arbres i sobre la dinàmica del carboni i del nitrogen.

04.03 Sistema silvoarable de doble rotació de cultiu d'hivern i estiu amb pollancre (Maçanet de la Selva; des del 2022)

Aquest sistema s'ha instal·lat en un terreny de regadiu de 10 hectàrees, destinat a una doble rotació anual de cereal d'hivern i cultiu d'estiu (raigràs o blat de moro), on s'han afegit fileres de pollancre amb un espaïament de 60 metres, adaptat a l'amplada de pas del sistema de reg (*track*). De moment no s'observa cap interacció entre els arbres i el conreu.

04.04 Sistema silvoarable / agrosilvopastoral sintròpic (Matadepera, Vallès Occidental; des del 2025)

Aquest sistema s'ha instal·lat en un terreny de 5 hectàrees seguint un disseny hidrològic (línia clau), amb fileres

arbrades dobles compostes per una barreja de 15 espècies arbustives i arbòries mediterrànies (*Pinus pinea*, *Acer campestre*, *Sorbus domestica*, *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *Quercus faginea*, *Quercus pubes-*

cens, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Punica granatum*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Phillyrea angustifolia* i *Pyrus spinosa*) amb diverses aptituds productives: fusta, fruita o



Sistema silvoarable / agrosilvopastoral sintròpic (Matadepera, Vallès Occidental; des del 2025). Foto: CTFC.



Sistema silvoarable amb pollancre combinats amb doble rotació de cultius de regadiu (Maçanet de la Selva, La Selva; des del 2021). Foto: CTFC.

Els sistemes silvoarables permeten, alhora, incrementar la productivitat i la rendibilitat, l'adaptació al canvi climàtic i la seva mitigació, i protegir el sòl, la biodiversitat i l'aigua.

Hi ha una gran diversitat de sistemes silvoarables segons els cultius i les espècies llenyoses que es poden combinar, i també segons la seva disposició i maneig.



Sistema silvoarable / agrosilvopastoral sintròpic "simplificat" (Alcover, Alt Camp; des del 2025). Foto: CTFC.

farratge. Les espècies s'han disposat dins les fileres segons la tolerància a l'ombra, la taxa de creixement i les dimensions esperades. L'espai entre les fileres es cultiva amb una barreja d'herbàcies farratgeres mediterrànies, aprofitada a dent per ovella (maneig PRV) o amb màquina.

04.05 Sistema silvoarable / agrosilvo-pastoral sintròpic "simplificat" (Alcover, Alt Camp; des del 2025)

Aquest sistema s'ha instal·lat en un terreny de 7 hectàrees en regadiu, dins d'una finca destinada principalment al cultiu d'avellaners. Les fileres arbrades estan compostes per tres espècies disposades per anar-se esgraonant en el futur: pacaner de doble aptitud fustera i fruitera a l'estrat alt; alzina empeltada per a la producció d'aglà dolça a l'estrat intermedi, i alfals arbori per a la fixació de nitrogen i complement farratger perenne a l'estrat inferior. L'espai entre les fileres llenyoses es cultiva amb herbàcies farratgeres mediterrànies, aprofitada a dent per ovella (maneig PRV) o amb màquina.

Per saber-ne més:

GILLER, K. E.; HIJBEEK, R.; ANDERSSON, J. A., i SUMBERG, J. (2021). Regenerative Agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on Agriculture* 50, 13–25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>.

GRACIA, M.; BRONCANO, M. J., i RETANA, L. (2021) Manual para el diseño e implementación de un modelo agroalimentario regenerativo: el sistema Polyfarming. Barcelona (España), CREA. https://polyfarming.eu/wp-content/uploads/2021/06/Manual_Polyfarming.pdf.

GUERRERO, I., BIELZA DIAZ-CANEJA, M., ANGILERI, V., ASSOULINE, M., BOSCO, S., CATARINO, R., CHEN, M., KOEBLE, R., LINDNER, S., MAKOWSKI, D., MONTERO CASTAÑO, A., PÉREZ-SOBA AGUILAR, M., SCHIEVANO, A., TAMBURINI, G., TER-

RES, J. i REGA, C. (2024) Quantifying the impact of sustainable farming practices on environment and climate. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024. doi:10.2760/20814, JRC137826.

SMITH, L. G.; WESTAWAY, S.; MULLENDER, S.; GHALEY, B. B.; XU, Y.; LEHMANN, L. M.; PISANELLI, A.; RUSSO, G.; BOREK, R.; WAWER, R.; BORZECKA, M.; SANDOR, M.; GLIGA, A., i SMITH J. (2022). Assessing the multidimensional elements of sustainability in European agroforestry systems. *Agricultural Systems* 197: 103357. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103357>.

STATON, T.; BREEZE, T. D.; WALTERS, R. J.; SMITH, J., i GIRLING, R. D. (2022). Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. *Ecological Economics* 191: 107214. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107214>.

- [1] <https://www.planeses.com/ca/>
- [2] <https://www.torres.es/ca/blog/torres-earth>
- [3] <https://www.viticulturaregenerativa.org/ca>
- [4] <https://innovi.cat/news/viticultura-regenerativa/>; <https://youtu.be/ABMJ06rlh18>
- [5] <https://smartcrops.es/>
- [6] <https://regenera.crea.cat/es/>; <https://youtu.be/DeR-yroLq38>
- [7] https://www.viticulturaregenerativa.org/media/Manual_VR/Guia_catala_vf.pdf
- [8] <https://agroforadapt.eu/>

Agraïments:

A les empreses, les finques i les persones col·laboradores dels assajos mostrats aquí.

LIFE+Polyfarming (LIFE15 ENV/ES/000506) i LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682), cofinançats pel programa LIFE de la Unió Europea i INTERREG SUDOE CoopTree.

GO VITIREGENERARE: "Viticultura regenerativa per a la millora de la biodiversitat i gestió de la vinya", finançat a través dels grups operatius de l'Associació Europea per a la Innovació en Matèria de Productivitat i Sostenibilitat Agrícoles (operació 16.01.01 del PDR de Catalunya 2014-2020).

SMARTCROPS 5.1, finançat pel Programa estratègic CIEN (IDI-20230182) per la UE i per CDTI Innovació amb fons FEDER, a través del Programa operatiu pluriregional de creixement intel·ligent 2021-2027.

Regenera.cat, finançat per l'AGAU.

Autoria:



Felicidad de Herralde Traveria

Investigadora programa Fructicultura. IRTA. felicidad.deherralde@irta.cat



Jaime Coello Gómez

Cap de Grup Gestió Forestal Sostenible i Restauració Agroforestal. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). jaime.coello@ctfc.cat



Javier Retana Alumbrosos

Investigador CREA. Javier.Retana@uab.cat

OPORTUNITATS ECONÒMIQUES de l'agricultura regenerativa i com finançar la transició



Foto: Banc d'imatges de Freepik.

01. Introducció

L'agricultura regenerativa (AR), amb els seus potencials i avantatges, ja s'ha presentat al llarg dels articles anteriors, especialment en el primer. Tot i això, encara cal aprofundir en les seves oportunitats econòmiques i en com finançar les inversions necessàries per implementar les pràctiques i la lògica de l'AR, que és precisament l'objectiu d'aquest article. Abans d'entrar en aquesta qüestió, però, és important entendre dues mètriques rellevants: la petjada de carboni i la petjada ambiental.

La petjada de carboni (o petjada climàtica) mesura la quantitat total d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), com ara el diòxid de carboni

(CO₂), el metà (CH₄), l'òxid nitrós (N₂O) i d'altres, durant tot el cicle de vida d'un producte, és a dir, des de l'extracció inicial de matèries primeres, la fabricació, la distribució i l'ús fins a la seva fi de vida, considerant totes les fonts, els embornals i els emmagatzematges rellevants dins dels límits espacial i temporal rellevants. La mateixa mètrica també es pot usar per a una organització o empresa, un país o una activitat definida. En aquest cas, no es considera tot el cicle de vida, sinó un període específic del funcionament, normalment un any. La petjada de carboni es calcula com a equivalent de diòxid de carboni utilitzant el potencial d'escalfament global durant cent anys (GWP100) i es pot informar per unitat de producte, per any, per persona, per

quilogram de proteïna, per quilòmetre recorregut, etc. La petjada ambiental és un concepte molt similar, però en comptes de centrar-se només en el clima, inclou diverses qüestions ambientals, com ara els impactes de la contaminació al sòl, l'aire i l'aigua, els impactes en la biodiversitat, el consum d'aigua, etc.

La major part de la petjada de carboni i ambiental de la majoria dels productes alimentaris es genera durant la fase de producció primària. Això significa que els majors potencials per millorar-ne la petjada climàtica i la sostenibilitat es troben en aquesta etapa de producció. També significa que això no es pot aconseguir sense l'ajuda dels agricultors, que

són la clau per implementar l'AR. En aquest sentit, cal tenir en compte que la implementació de tècniques i pràctiques de producció requereixen inversions, que sovint són substancials, i impliquen riscos financers —almenys temporalment— que tendeixen a ser proporcionals als seus beneficis climàtics. És a dir, com més profund sigui el canvi en les pràctiques de producció, més alta serà la inversió necessària, però també més grans seran els beneficis climàtics i ambientals. Per tal de fer la transició cap a l'AR, les inversions més grans es requereixen *aigües amunt* (traducció literal del terme anglès que s'utilitza en l'anàlisi de la petjada ambiental) de la cadena de subministrament d'aliments, mentre que els beneficis econòmics més grans i la demanda primària de productes alimentaris més sostenibles es generen *aigües avall*. Per tant, es requereixen mecanismes que creïn un benefici mutu a partir del finançament d'inversions *aigües amunt* per part d'actors *aigües avall*, o d'altres actors fora de la cadena de subministrament —o fins i tot del sistema alimentari—. El finançament de les inversions necessàries per a la descarbonització i la transició sostenible s'ha de sostenir mitjançant una diversificació dels ingressos dels agricultors que també n'augmenti la resiliència econòmica. Aquesta diversificació pot implicar, per exemple:

- Pagaments directes i subvencions per a pràctiques beneficioses per al medi ambient o el clima, per exemple, la Política Agrària Comuna (PAC), pagaments directes per a la biodiversitat i els serveis ecosistèmics d'autoritats locals com les diputacions o la Generalitat.
- Preus prèmium, idealment combinats amb contractes de subministrament a llarg termini, per a productes alimentaris respectuosos amb el medi ambient i baixos en carboni. A mesura que els minoristes necessiten descarbonitzar les seves cadenes de subministrament, han d'afa-

vorir els productes respectuosos amb el clima perquè una baixa petjada de carboni del producte esdevingui (aviat) un avantatge competitiu significatiu per als seus proveïdors. Aquest mecanisme es basa en el concepte d'*insetting*.

- Alternativament, hi ha empreses, fins i tot fora del sector alimentari, que no poden descarbonitzar la seva activitat en la mesura que ho exigeix la legislació o els mercats. Aquestes hauran de “compensar” una part de la seva petjada de carboni mitjançant la compra de crèdits de carboni fins que puguin reduir les seves emissions. Aquest mecanisme s'anomena *offsetting*.

El finançament de la descarbonització i la transició sostenible s'ha de sostenir mitjançant una diversificació dels ingressos dels agricultors.

Hi ha més mecanismes rellevants, i alguns s'esmentaran breument en aquest article, però ens centrarem en els dos últims i el seu paper en la descarbonització de la cadena de subministrament i la transició cap a la sostenibilitat dins i fora del sector alimentari. Tot i que l'eliminació de carboni i la mitigació del canvi climàtic són els punts centrals aquí, els potencials econòmics (creixents) dels fluxos d'ingressos addicionals derivats del suport a la biodiversitat i els serveis ecosistèmics també representaran oportunitats importants per als agricultors, habilitades per l'AR. Aquest dossier tècnic respondrà preguntes com:

- Com puc finançar la transició cap a l'AR i quin és el seu model de negoci?
- Com puc utilitzar crèdits de carboni de les meves parcel·les?
- Hi ha alternatives als crèdits de carboni?

- És millor vendre crèdits de carboni o productes alimentaris amb baixa petjada de carboni?

En aquest context, els projectes Carboni al sòl, AgriRegenCat i AgriCarboniCat, finançats pel Fons Climàtic, tenen com a objectiu fer operativa la quantificació del potencial de segrest i de l'estoc de carboni al sòl agrari a Catalunya conjuntament amb els co-beneficis, com ara la conservació de la biodiversitat i els serveis ecosistèmics. Aquest treball també busca facilitar l'accés als esquemes de certificació de carboni i altres mecanismes de finançament al sector primari, incloent-hi l'eficiència econòmica, per permetre la implementació de pràctiques regeneratives.

02. Impulsors i mecanismes per al finançament de l'agricultura regenerativa

Segons el Reial decret 214/2025, les empreses amb més de 250 treballadors, les considerades entitats d'interès públic, però no pimes o aquelles que compleixin determinats requisits econòmics han de quantificar i publicar la seva petjada de carboni i establir un pla de descarbonització a partir del 2026, en què defineixin objectius quantitatius dirigits a obtenir zero emissions netes de carboni l'any 2050 (és a dir, hi han d'establir com compensaran les emissions que no puguin eliminar). La majoria de les empreses, si no totes, generen la major part de la seva petjada de carboni —normalment entre el 75% i el 95%— a les seves cadenes de subministrament, tant *aigües amunt* (béns i serveis que compren) com *aigües avall* (béns i serveis que venen). Només una petita part prové directament de les seves pròpies operacions. Això significa que preguntaran als seus proveïdors i clients la petjada de carboni dels seus productes i com es reduirà fins a zero emissions netes. Per tant, hi haurà un efecte dominó: les obligacions legals de les empreses més grans, d'aquí a uns anys, també

afectaran empreses petites —i fins i tot les més petites— que no estan directament obligades per llei a quantificar les seves petjades de carboni i definir una estratègia de descarbonització, ja que estaran obligades a generar aquesta informació i comunicar-la als seus clients a mesura que la necessitin per a les seves pròpies petjades i estratègies. La quantificació de la petjada de carboni probablement es farà mitjançant calculadores dissenyades específicament i fàcilment accessibles, però establir l'estratègia per reduir-la no serà tan senzill, perquè n'hi ha diverses de possibles i no existeix una solució única per a tothom, sobretot en l'àmbit de la producció primària d'aliments.

Produir aliments i ingredients alimentaris amb una baixa petjada de carboni i ambiental, esdevindrà un requisit competitiu, tal com ja ho són la qualitat i el preu. Produir-los amb la petjada de carboni més baixa, sense comprometre —i fins i tot millorant— la qualitat, el rendiment i el cost de producció, esdevindrà un avantatge competitiu

fort, sobretot en les primeres etapes d'aquest procés. A hores d'ara, les obligacions legals de les empreses més grans, com ara els minoristes, ja generen una demanda tangible de productes respectuosos amb el clima a les cadenes de subministrament d'aliments. A mesura que s'incrementin els objectius de reducció d'emissions de CO₂, aquesta demanda anirà augmentant i, mentre l'oferta es mantingui limitada, els preus tendiran a assolir nivells superiors. Tanmateix, un cop augmenti l'oferta i els productes amb baixa petjada de carboni esdevinguin l'estàndard del mercat, serà econòmicament inviable vendre productes amb una alta petjada de carboni i sense un pla per reduir-la. Això no és només el futur, ja és una realitat. Un exemple el trobem en el Pla climàtic 2024 de Carrefour, el qual estableix explícitament que els seus 100 proveïdors principals han d'estar alineats amb una trajectòria de reducció d'emissions de GEH per limitar l'escalfament del planeta a 1,5 °C per al 2026; en cas contrari, els seus contractes es rescindiran. Aquests proveïdors previsiblement

solicitaran el mateix als seus proveïdors i, d'aquesta manera, es forçarà que aquest requisit pugi *aigües amunt* en la cadena de subministrament fins, finalment, afectar fins i tot els productors més petits.

Produir aliments amb baixa petjada de carboni (i ambiental) esdevindrà un requisit competitiu i serà impossible vendre productes amb alta petjada i sense disposar d'un pla per reduir-la.

Aquí és on entra en joc l'AR, també des d'una perspectiva econòmica, ja que és una de les opcions més prometedores per reduir significativament la petjada de carboni i fomentar la biodiversitat i els serveis ecosistèmics. A hores d'ara, un nombre creixent de minoristes i productors d'aliments estan



Paisatge agroforestal a Mallorca. Fruïters amb farratgeres. Foto: Jaime Coello.

considerant o establint activament estratègies de contractació de proveïdors que inclouen incentius financers per a productes respectuosos amb el clima. Aquesta acció forma part del seu esforç per reduir la seva petjada de carboni, amb l'objectiu provisional clau de reduir les emissions de GEH en almenys un 23% per al 2030, en comparació amb els nivells del 1990, tal com exigeix la legislació espanyola amb la Llei 7/2021, de 20 de maig, de canvi climàtic i transició energètica. Tal com s'ha esmentat a la introducció, l'estratègia de reduir la petjada de carboni d'una empresa mitjançant la selecció de productes i proveïdors amb una baixa petjada de carboni es coneix amb el terme anglès *insetting*, que es podria traduir com "inserció". Des de la perspectiva actual, aquest serà probablement un dels motors més importants per generar incentius econòmics significatius que impulsin la transició del sector alimentari —i qualsevol altre— cap a pràctiques de producció baixes en carboni i altament respectuoses amb la biodiversitat. Tot i que la quantificació i la reducció de

la petjada de carboni o ambiental ja són necessàries, i el client, sobretot B2B, les exigirà, actualment no cal passar per una certificació formal. Aquesta situació, però, podria canviar ràpidament si la legislació o la política de contractació del client ho imposen. Tampoc no és necessari generar crèdits de carboni i vendre'ls als mercats de carboni, ja que la inserció s'implementa mitjançant una transacció directa entre proveïdor i client. No obstant això, alguns dels protocols i eines de quantificació utilitzats per a la certificació també poden ser útils per a aquesta inserció.

La generació i venda de crèdits de carboni entra en joc quan els beneficis climàtics de, per exemple, l'AR es pretenen vendre a compradors fora de la cadena de subministrament d'aliments corresponent, fins i tot fora del sistema alimentari. Els crèdits de carboni es poden vendre, per exemple, des del sector agrícola al sector financer o informàtic. D'aquesta manera, les empreses que no poden reduir prou la seva petjada de carboni per asso-

lir els seus objectius climàtics poden reduir-la compensant una part de les seves emissions de CO₂ mitjançant la compra de crèdits de carboni. Aquest procés s'anomena *offsetting* en anglès, que es podria traduir com a "compensació". Això pot convertir-se en una oportunitat econòmica i una font d'ingressos addicional per als agricultors i el sector agroforestal en general. Cal subratllar que, en principi, actualment només es poden generar crèdits d'eliminació de carboni fiables per a sistemes de producció vegetal amb el suport de la legislació de la UE sobre l'absorció de carboni i l'agricultura de carboni (CRCF, per les sigles en anglès de *Carbon Removals and Carbon Farming*). Tanmateix, el 2024 la CE va anunciar que també té previst definir un esquema de certificació de carboni per a sistemes ramaders, el que és particularment interessant per als professionals de l'AR, atès que els sistemes agraris que incloguin producció ramadera i de cultius són estratègies prometedores per reduir encara més la petjada de carboni o ambiental dels aliments.



Vaques pasturant seguint un model de pastoreig intensiu controlat. Foto: CREA.



Hort regeneratiu a Sant Ferriol (Girona): Foto: CREAF.

En el projecte Carboni al sòl, finançat pel Fons Climàtic, investigadors i investigadores de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) van analitzar i comparar en detall 25 metodologies corresponents a 18 programes de certificació d'àmbit internacional, amb l'objectiu de donar suport a l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic en el procés de reconeixement dins del Sistema de Crèdits Climàtics Catalans. Aquesta anàlisi comparativa ha permès identificar l'estat actual dels programes i les seves metodologies, que difereixen substancialment en qualitat, cost, avantatges i desavantatges. També vol oferir suport i orientació al sector en la selecció dels programes més adequats per a un projecte de certificació específic. A més, ajudarà a desenvolupar un esquema públic de certificació de carboni del sòl a Catalunya, amb l'objectiu de generar crèdits de carboni d'alta qualitat per aconseguir preus més alts al mercat i, alho-

ra, reduir el cost associat al procés de certificació, amb la qual cosa augmentarà l'accessibilitat i els incentius per al sector agroalimentari català.

03. Inserció vs. compensació: estratègies per a la certificació de la petjada ambiental

A l'hora de decidir implementar pràctiques d'AR i buscar opcions de finançament, caldrà triar entre la inserció i la compensació, tenint en compte que són mútuament exclusives per unitat de producte. És a dir, dins d'una mateixa explotació es poden combinar totes dues opcions, però a cada unitat de producte només se n'hi pot aplicar una. Aquesta decisió es pren quan es planteja un canvi en la gestió de l'explotació per integrar noves pràctiques, valorant la viabilitat econòmica del canvi. Sense aquest canvi, no és possible accedir a la majoria d'opcions de finançament.

El desenvolupament d'un esquema públic català de certificació de carboni al sòl té com a objectiu generar crèdits d'alta qualitat que assoleixin un valor elevat al mercat, alhora que es redueixen els costos de certificació. D'aquesta manera, se'n vol facilitar l'accessibilitat al sector agroalimentari català.

Quan s'escull la inserció, els productes alimentaris venuts mantenen la baixa petjada de carboni i el comprador pot incorporar aquesta reducció a la petjada de carboni de la seva empresa.

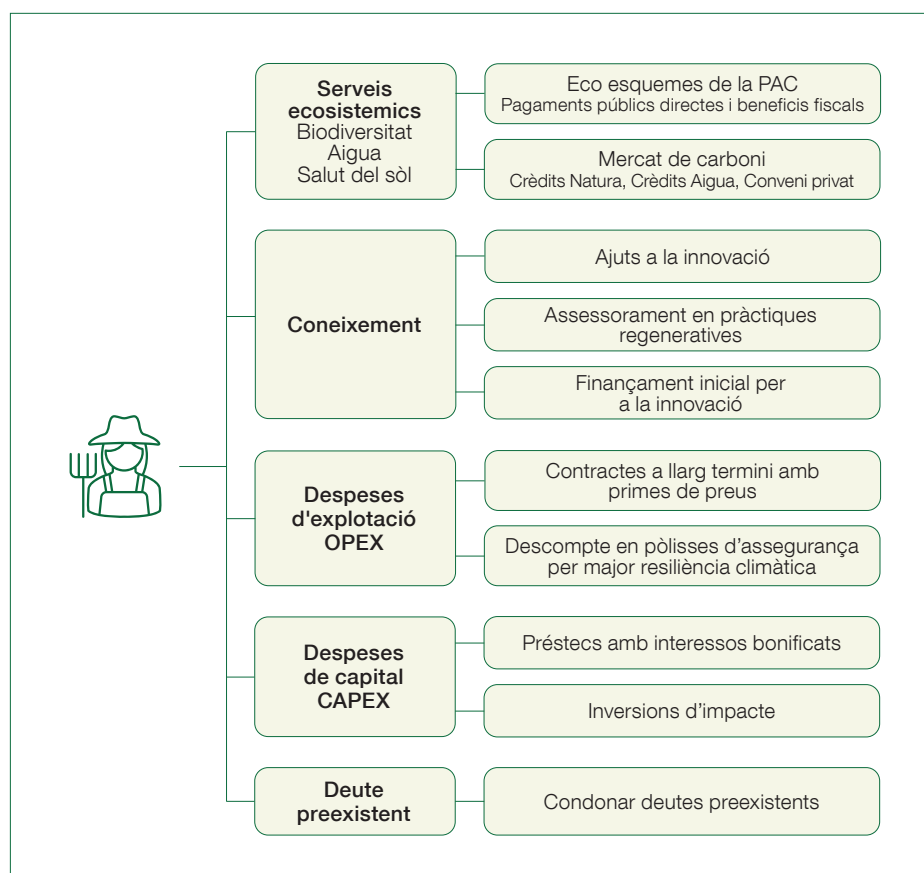
Com a resultat, tant el proveïdor com el comprador redueixen les seves respectives petjades de carboni gràcies a les tècniques de producció baixes en carboni aplicades pel productor, tenint en compte que aquesta reducció es comptabilitza dins de la mateixa cadena de valor, i no es considera un doble comptatge de la reducció. En canvi, això no passa quan es venen crèdits d'eliminació de carboni atmosfèric a un comprador fora de la cadena de subministrament, sense que aquest adquireixi també els productes relacionats. En aquest cas, la venda de crèdits de carboni transfereix la corresponent reducció de la petjada de carboni al comprador del crèdit, de manera que el venedor no pot assignar aquestes reduccions ni a la petjada de carboni de la seva empresa ni als seus productes. Això significa que els seus productes es vendran amb una petjada de carboni més alta de la que realment tenen, per la qual cosa seran menys competitius

des de la perspectiva climàtica. Aquest aspecte és necessari per evitar el doble comptatge, atès que una tona de CO₂ eliminada de l'atmosfera només es pot comptabilitzar una vegada, ja sigui pels qui van aconseguir l'eliminació de carboni o pels qui van comprar els crèdits de carboni corresponents.

Quan les empreses pertanyen a cadenes de subministrament separades i només es venen crèdits de carboni, però no es venen productes amb la petjada de carboni reduïda, el benefici de l'eliminació de carboni es transfereix completament al comprador. En el cas de la inserció, tant el comprador com el venedor formen part de la mateixa cadena de subministrament, que veu com la seva petjada de carboni es redueix a través de l'esforç del productor i l'aplicació de pràctiques d'AR. Aquesta reducció es reflecteix en una petjada de carboni reduïda de l'empresa tant

del comprador com del venedor dels productes de baixa petjada, sense que això suposi un doble comptatge de les absorpcions de carboni.

Es poden generar altres ingressos addicionals a partir de pagaments directes quan s'apliquen pràctiques d'AR que fomenten els serveis ecosistèmics, com la recàrrega d'aqüífers, el control d'incendis forestals i la conservació de la biodiversitat. Aquests pagaments poden provenir d'autoritats regionals i nacionals, o de la PAC, per exemple. Aquests mateixos serveis també poden ser certificables en el futur per tal de generar crèdits que es puguin vendre al mercat a empreses que busquen compensar una part dels seus impactes, igual que en el cas dels mercats de carboni, com indica el "full de ruta" cap als crèdits de naturalesa de la Comissió Europea publicat el 7 de juliol del 2025. Actualment, però, això no està tan avançat com el sistema de crèdits i mercats de carboni.



Model de paquets de finançament integrals per als agricultors en transició cap a l'agricultura regenerativa. Font: Adaptat i traduït d'One Planet Business for Biodiversity.

A més d'oferir un fort potencial per a fluxos d'ingressos addicionals, l'AR, aplicada amb una estratègia econòmica adequada, també pot reduir el cost de producció. Això, és clar, dependrà de les pràctiques aplicades, però en són exemples típics el cost evitat dels fertilitzants minerals quan s'utilitza fertilització orgànica o la millora de la retenció d'aigua i nutrients al sòl, de manera que es redueixen les aportacions relacionades i s'aconsegueix més resiliència contra la pèrdua de collites a causa de fenòmens meteorològics extrems, en particular, la sequera. Els cultius de cobertura i el cultiu múltiple poden oferir collites addicionals. Amb el temps, quan la salut del sòl s'ha recuperat prou, fins i tot s'ha observat que la productivitat pot millorar, amb menys —o fins i tot sense— aportacions addicionals, com els fertilitzants. Aquesta millora pot variar segons el moment de referència, ja que durant la transició sovint es produeix una disminució temporal de la producció, un efecte ben documentat en la producció ecològica.

Com recolzar la transició cap a l'agricultura regenerativa

Empreses

Han de ser responsables a l'hora de seleccionar els factors de producció agrícoles

Compromís amb contractes a llarg termini i preus justos més alts

Reduir la càrrega financera mitjançant acords de repartiment de costos i la co-reclamació de les reduccions de CO₂ aconseguides per l'agricultor per a tota la cadena de subministrament

Administració

Incentivar els agricultors anar cap a l'agricultura regenerativa

Reformar les polítiques públiques

Proporcionar subvencions, finançament i incentius fiscals

Invertir en I+D

Persones

Prendre decisions de consum informades

Compra de productes d'agricultura regenerativa ecoetiquetats

Compartir el risc financer amb programes d'Agricultura Sostinguda per la Comunitat (CSA)

Jardins per afavorir els pol·linitzadors

Com recolzar la transició cap a l'agricultura regenerativa. Font: Adaptat de Kim, Fishhoff i Lichtfield, 2022.

04. Conclusions: què cal fer per implementar l'AR ara?

Actualment, els crèdits de carboni procedents d'eliminacions no permanents, és a dir, reversibles, com ara el segrest de carboni al sòl mitjançant AR, són relativament nous als mercats de carboni i no aconsegueixen preus elevats en comparació amb les eliminacions permanents que utilitzen tecnologies com el biocarbó (*biochar*) o la fusta com a material de construcció, on els preus poden arribar als 100 euros o més per tona de carboni eliminada. Per tant, avui dia, i des d'una perspectiva econòmica, la inserció és l'opció preferible per als productors primaris i els seus clients. Això pot canviar ràpidament quan el preu d'un crèdit de carboni arriba a un cert nivell al mercat d'aquest element, ja que depèn d'una llarga llista de paràmetres, com ara l'oferta i la demanda, les percepcions de la qualitat dels crèdits o si els crèdits de carboni del sòl només es poden vendre en mercats voluntaris o si poden accedir als mercats regulats de carboni, tal com està considerant actualment la Comissió Europea. Per tant, a llarg termini, aquesta conclusió pot canviar.

La venda de crèdits de carboni transfereix la reducció de la petjada de carboni al comprador del crèdit i el venedor no pot assignar aquestes reduccions ni a la seva empresa ni als seus productes; per tant, inserció i compensació són mútuament excloents per unitat de producte.

Avui dia, i des d'una perspectiva econòmica, la inserció és l'opció preferible per als productors primaris i els seus clients.

Pel que fa a les altres possibilitats d'ingressos addicionals, aquestes haurien de ser majoritàriament complementàries a la inserció o la compensació de carboni, que, com s'ha comentat, són mútuament excloents.

El que ja s'observa als mercats de carboni és la importància dels cobeneficis. Com més cobeneficis (ambientals o socials) proporcioni un crèdit de carboni, més alt serà el seu preu de mercat. Això subratlla clarament que el segrest de carboni per si sol no pot ser l'única motivació i punt d'enfocament a l'hora de fer la transició cap a tècniques de producció més sostenibles, fins i tot des d'una perspectiva econòmica. És essencial equilibrar tots els beneficis rellevants, inclosos els rendiments de la producció, l'eliminació de carboni, la millora de la biodiversitat i els serveis ecosistèmics, i molts d'altres. La majoria dels mecanismes de finançament controlaran aquests indicadors per tal de comprovar que els beneficis del carboni no portin a impactes més elevats en altres preocupacions ambientals, sinó que també les millorin.

Autoria:



Dr. Ralph K. Rosenbaum

Investigador sènior
Programa de Sostenibilitat en Biosistemes. IRTA.
ralph.rosenbaum@irta.cat



Parlem amb: ANA DIGÓN

L'Ana Digón Eldsen és membre fundadora, presidenta i coordinadora de l'Associació d'Agricultura Regenerativa, un col·lectiu que difon els principis i les pràctiques de l'agricultura regenerativa com a pont cap al futur en aquests temps de reptes climàtics, alimentaris, econòmics i socials.

L'Ana es va llicenciar en Ciències Polítiques i Llengües per la Universitat de l'Oest d'Anglaterra l'any 1998, i compta amb formació posterior en permacultura, agricultura ecològica i regenerativa, educació infantil, creixement personal i facilitació, àmbits que s'han convertit en les seves especialitats.

Què entenem per agricultura regenerativa i per què creus que desperta tant d'interès a tota la península Ibèrica?

És una visió sistèmica i holística del sòl, les plantes, els animals, l'entorn i les persones com un conjunt que ha de ser gestionat per qui produeix aliments i fibra sense esgotar, explotar ni contaminar amb agroquímics, sinó afavorint processos biològics i humans que nodreixen i regeneren aquest conjunt. Una clau de la regeneració és maximitzar la fotosíntesi, i, per aconseguir-ho, l'estratègia essencial és el pasturatge dirigit del bestiar; si no hi és, cal dissenyar diverses estratègies que n'imiten l'impacte. Es tracta, en definitiva, de recuperar el millor del saber ancestral i d'emprar la ciència més avançada sobre el funcionament dels processos biològics i la tecnologia adequada a escala humana.

Segons Gabe Brown, "l'agricultura regenerativa és aquella que, a partir de la sinergia amb la natura, pretén reparar, reconstruir, revitalitzar i restaurar les funcions dels ecosistemes, començant per la vida al sòl i arribant fins a tota la vida que hi ha sobre el sòl".

Encara hi ha certa confusió entre conceptes com agroecologia, producció ecològica, biodinàmica o regenerativa. Com es pot superar aquesta barrera?

Per a mi, tots treballen a favor de la vida i estan connectats en germanor, cadascun amb els seus matisos. El 2022, després de més d'una dècada d'activitat intensa, el col·lectiu regeneratiu ibèric va consensuar la definició d'agroramaderia regenerativa, i, a partir d'aquí, es va crear un mapa de finques regeneratives. Durant l'any 2025 desenvolupem el projecte REGEN amb el CREAM: visitem diverses regions i impulsam debats amb moltes veus per aprofundir en la definició i ampliar el consens sobre què és i què no és una agricultura realment regenerativa. Alhora, continuem difonent i comunicant perquè el sector agroalimentari i els consumidors coneguin les claus de la regenerativa i no caiguin en l'ecoblanqueig, cada cop més present.

Mirant enrere una dècada, quins canvis concrets has observat a les finques que han adoptat pràctiques regeneratives?

Els canvis són evidents en molts aspectes. Ambientament, incrementen la fertilitat, el carboni, la fotosíntesi i la vida al sòl, i també la productivitat i la biodiversitat de tot l'agroecosistema, millorant el cicle de l'aigua i la resiliència del sistema. Econòmicament, baixen els costos productius i augmenta la qualitat nutricional i organolèptica, aportant sobirania familiar, rural, alimentària i regional. Socialment, es crea ocupació rural de qualitat i motivadora; un 93% de les famílies productores afirmen sentir-se felices amb la seva tasca i orgulloses del que aporten a la societat, un fet destacable en el clima actual de desesperança al món rural. Moltes d'aquestes famílies ja no s'imaginen produir d'una altra manera: el sistema convencional no els és rendible econòmicament ni emocionalment.

La sequera i la desertificació avancen. Pots descriure algun cas en què les tècniques regeneratives hagin revertit la degradació del sòl o n'hagin recuperat la capacitat hídrica?

A València, en una vinya amb coberta vegetal permanent pasturada amb ovelles, tota l'aigua caiguda durant la DANA es va absorbir com una esponja; a les parcel·les veïnes, amb sòl nu, l'aigua va arrossegat fins a 30 centímetres de terra. A Mundos Nuevos (Badajoz) també es veu clarament la diferència entre la finca gestionada només amb pasturatge dirigit d'ovelles i la del veí que treballa de forma convencional. Aquest segon inverteix temps i diners, contamina sòl i aqüífers i deixa un desert exposat al sol i al vent.

Fa uns anys, les vostres formacions atreïen sobretot tècnics. Ara quin és el perfil majoritari dels assistents i què et diu aquest canvi?

Avui la majoria dels participants són productors profes-

sionals que viuen de la seva activitat. Veuen que, amb la gestió convencional, perden fertilitat, qualitat i producció, i que econòmicament ja no els surt a compte o aviat deixarà de sortir-los a compte. Volen canviar, i venen a veure com treballen les persones pioneres a l'iberia, perquè aprendre a camp i entre col·legues és la millor manera d'avançar.

Diverses iniciatives i programes d'acceleració (com ara Regen Hub) comencen a donar suport a projectes regeneratius. Pots citar-ne un exemple significatiu? On veus les col·laboracions més prometedores per als propers cinc anys?

Un exemple inspirador és Aleko, a Vitòria-Gasteiz. Desenvolupa un projecte Life+ amb entitats públiques i privades, moviments de base, investigadors i emprenedors. Ofereix 700 hores de formació en quatre àrees, una incubadora d'empreses, un banc de terres, suport pràctic als emprenedors, canals de venda físics i en línia, etc. Tot plegat per transformar l'"anell marro" (les terres agrícoles abandonades al voltant de la ciutat) en una font d'aliments de qualitat i proximitat. Els programes que combinen sector públic i privat, fomenten l'emprenedoria i la cooperació, professionalitzen i il·lusionen són absolutament imprescindibles.

Quins són els principals obstacles (recerca, finançament, regulació o manca de coneixement tècnic) que frenen l'escalabilitat del model, i com els superariau?

Cal formar adequadament tot el cos tècnic d'iberia. Col·laborem amb escoles agràries i administracions locals, autonòmiques i ministerials, però encara queda molta feina; és necessari un esforç públic ampli i conscient. Les traves normatives i els costos elevats d'exercir al sector primari són el fre més gran, i això passa arreu d'Europa. Cal facilitar la vida dels productors des de la base, formant i donant suport a tot el sector. Un altre coll d'ampolla és la comercialització: molts productors regeneratius han de vendre al mercat convencional per falta de canals adequats. Hi treballam creant un directori de productes regeneratius que es llançarà al setembre, i participant en projectes europeus com THRIVE, que garanteixen traçabilitat i connecten petits productors i consumidors.

Disposar d'un sistema de certificació seria útil? En quin grau i com hauria de ser?

És un debat antic amb postures diverses. Des de l'Associació d'Agricultura Regenerativa i bona part del col·lectiu defensam, per ara, la validació comunitària de les pràctiques. Seria ideal que la certificació ecològica s'actualitzés per recollir i exigir els avenços regeneratius que la ciència i l'experiència ja demostren. El que no pot passar és que hi hagi certificacions privades que pretenguin apropiat-se del terme i validar l'ús d'agrotòxics amb una pàtina regenerativa; això seria enganyar



el consumidor i perjudicar els qui produeixen sense productes tòxics, potenciant la vida i els processos ecosistèmics.

Com ajuden les noves eines digitals (els sensors de camp, la teledetecció o la IA) a monitorar l'impacte regeneratiu i a convèncer agricultors i inversors?

La tecnologia pot estalviar temps i recursos i accelerar i millorar la transició, sempre que vagi de bracet amb una agronomia adequada; altrament, pot ser contraproductent. Ha de servir les persones, ha d'optimitzar el treball i els processos ecosistèmics, sense generar costos inassumibles ni dependències, i ha de promoure coneixement obert per al bé comú, respectant la vida i el saber del pagès.

Si poguessis canviar una política pública per accelerar la transició regenerativa, quina seria i per què?

Potser no seria gaire popular com a ministra! Gravaria la ramaderia intensiva i els qui contaminen i reduiria o eliminaria impostos als qui regeneren els processos agroecosistèmics, incentivant fiscalment la transició. Ho vincularia a programes de capacitació comarcals per als productors i a formació a escoles agràries i facultats d'agronomia. I, ja posats, instauraria ramats municipals amb pasturatge dirigit arreu.

Imagina el camp peninsular el 2050 sota un paradigma agroecològic regeneratiu generalitzat. Quines diferències visuals i socioeconòmiques destacaries?

Agroecosistemes rurals i urbans plens de vida i fertilitat;

persones i animals sans i contents; fotosíntesi al màxim gràcies al pasturatge dirigit generalitzat; abundància i resiliència; feines dignes i motivadores al voltant de l'alimentació i la cultura; connexió amb la natura i amb l'ésser; paisatges bells; alegria i respecte en les relacions entre tots els éssers vius.

Referències

Mapa: <https://www.agriculturaregenerativa.es/mapa-de-fincas-regenerativas/>

Criteris regeneratius: <https://www.agriculturaregenerativa.es/fincas-regenerativas-definicion-y-criterios/>

Projecte REGEN amb el CREAF: <https://www.agriculturaregenerativa.es/proyecto-regen-definir-y-mostrar-la-agricultura-regenerativa-real/>

Estudis del CREAF: Polyfarming, RegeneraCAT, REGEN

Neiker: RegenFarming

BC3: <https://www.agriculturaregenerativa.es/la-ganaderia-regenerativa-mejora-la-satisfaccion-de-los-ganaderos-con-su-medio-de-vida/>

