

Manual sobre la
biodiversitat
en sistemes
silvoarables





Què significa realment integrar la biodiversitat en els sistemes agrícoles? És suficient afegir arbres a un cultiu? O es tracta de repensar de manera més profunda com produïm, gestionem i convivim amb els processos ecològics?

Els sistemes silvoarables —la combinació deliberada d'arbres i cultius— no són únicament una tècnica productiva més. Representen una manera diferent d'entendre l'agricultura, en què la biodiversitat deixa de ser un element extern o decoratiu per convertir-se en un component funcional del sistema. A través de la diversificació estructural i la integració de processos ecològics, aquests sistemes permeten avançar cap a models agraris més sostenibles.

Tanmateix, incorporar biodiversitat no és un procés automàtic. No n'hi ha prou amb plantar arbres o mantenir marges vegetals. Els beneficis depenen del disseny del sistema, de les espècies utilitzades, de les pràctiques de gestió i, sobretot, del context en què s'implanten. En determinats casos, fins i tot poden sorgir conflictes o compromisos entre producció i conservació que cal comprendre i gestionar.

En aquest sentit, els sistemes silvoarables poden semblar, a primera vista, una tornada a formes tradicionals d'agricultura. Durant segles, els paisatges agraris mediterranis han estat mosaics complexos on arbres, cultius i ramaderia coexistien generant diversitat i estabilitat. No es tracta de reproduir aquests sistemes del passat, sinó de reinterpretar-los a la llum del coneixement científic actual, la innovació tècnica i els reptes contemporanis, com el canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat o la dependència d'insums externs.



Aquest manual s'emmarca en el projecte LIFE AgroForAdapt i té com a objectiu aportar una visió aplicada i basada en l'evidència sobre el paper i el potencial dels sistemes silvoarables en la conservació de la biodiversitat. Al llarg dels seus capítols es presenten els fonaments ecològics d'aquests sistemes, exemples concrets, recomanacions de disseny i gestió, així com metodologies de seguiment adaptades principalment a contextos mediterranis.

És especialment rellevant la idea que la biodiversitat no s'ha d'avaluar únicament en termes de quantitat d'espècies, sinó també de la seva funció, singularitat, raresa i contribució al funcionament del sistema agrari. Aquest enfocament permet superar visions simplificades i avançar cap a una gestió més estratègica i adaptativa.

Els sistemes silvoarables requereixen temps. Els arbres creixen lentament, les interaccions ecològiques es consoliden progressivament i els beneficis poden trigar anys a manifestar-se. Però precisament aquesta dimensió temporal ofereix una oportunitat: aprendre, ajustar i millorar contínuament la gestió, reforçant el paper actiu de l'agricultor com a gestor del sistema.

Esperem que aquest manual serveixi com a eina útil per a tècnics, gestors i agricultors interessats a integrar la biodiversitat en les seves explotacions, i que contribueixi a impulsar sistemes agraris més diversos, resilents i capaços d'afrontar els reptes actuals.

Cita recomendada

Sardà Palomera, F., Giralt, D., Vicens, N., Càrdenas, C., Liagre, F., Santiuste Pérez, D. i Coello, J. (2026). Manual sobre la biodiversitat en sistemes silvoarables. LIFE AgroForAdapt. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació 56 p.

Edició

© Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació
1ª edició, maig de 2026

Autoria

Francesc Sardà Palomera

Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)

David Giralt

Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)

Narcís Vicens

Diputació de Girona

Carla Càrdenas

Fundació Emys

Fabien Liagre

Agroof, SCOP

Diego Santiuste Pérez

Agresta, S. Coop

Jaime Coello

Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)

Autoria de les fotografies i figures

Els autors, excepte quan s'indiqui el contrari.

Maquetació

Iglésies Associats - iglesies.com

Impressió

Imprempta Pagès SL

Dipòsit legal

B 12060-2026

Agraïments

A qui ha implantat sistemes agroforestals a les seves finques, sovint contra vent i marea. A l'equip d'AgroForAdapt, incloent-hi el seu comitè assessor.

Declaració sobre l'ús d'intel·ligència artificial

En la creació i edició d'aquest manual s'ha utilitzat intel·ligència artificial generativa per millorar l'acabat dels elements visuals. Tot el contingut ha estat verificat i editat pels autors, que n'assumeixen la responsabilitat final.

Avís legal

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



Índex

1	Els sistemes silvoarables	9
	1.1. Definició i característiques generals	10
	1.2. Fonaments ecològics i funcionals	12
	1.3. Principals tipologies i formes d'implantació	15
	1.4. Importància en el context mediterrani	18
2	La biodiversitat en els sistemes silvoarables	21
	2.1. Importància ecològica i funcions clau de la biodiversitat	22
	2.2. Exemples de sistemes silvoarables beneficiosos per a la biodiversitat	25
3	Bones pràctiques per promoure la biodiversitat en sistemes silvoarables	29
4	Seguiment de la biodiversitat en sistemes silvoarables	33
	4.1. Objectius i enfocament general	34
	4.2. Metodologies recomanades	36
	4.3. Seguiments de la biodiversitat en el projecte LIFE AgroForAdapt	40
5	Conclusions i propostes per al futur	47
	5.1. Principals conclusions	48
	5.2. Propostes de futur	48
	Bibliografia	50



1

Els sistemes silvoarables

En aquest capítol es presenten els sistemes silvoarables, la seva definició i les seves característiques principals. S'hi expliquen els fonaments ecològics que en determinen el funcionament, així com les diferents tipologies i formes d'implantació. També es posa en context el seu paper estratègic en l'agricultura mediterrània.



1.1. Definició i característiques generals

En el projecte LIFE AgroForAdapt un sistema agroforestal és definit com la pràctica de combinar deliberadament vegetació llenyosa (arbres o arbustos) amb sistemes agrícoles i/o ramaders per generar beneficis derivats de les seves interaccions ecològiques i econòmiques. Almenys un 5% de la superfície del sistema està ocupat per les capçades de la vegetació llenyosa quan aquesta assoleix el ple desenvolupament, i com a mínim un terç de la superfície ho està pel component agrícola i/o ramader.

Quan el sistema agroforestal inclou un component llenyós i un d'agrícola s'anomena sistema silvoarable o bé es parla d'agrosilvicultura. En aquest manual adoptarem la definició que segueix:

Un sistema silvoarable és una pràctica agroforestal que combina deliberadament vegetació llenyosa (arbres o arbustos) amb cultius agrícoles per generar beneficis ecològics, econòmics i socials derivats de les seves interaccions. Almenys un 5% de la superfície del sistema està ocupat per les capçades de la vegetació llenyosa en la seva fase de maduresa, i un mínim d'un terç de la superfície correspon al component agrícola.

Aquesta configuració permet aprofitar la complementarietat entre tots dos components (agrícola i llenyós) de manera que s'afavoreixen sinergies productives i ecològiques relacionades amb l'ús eficient de la llum, l'aigua i els nutrients, la modulació del microclima i la provisió de refugi i recursos per a la fauna auxiliar, especialment pol·linitzadors i organismes implicats en el control biològic de plagues.

Els sistemes silvoarables poden establir-se tant a partir d'un sistema agrícola previ com mitjançant la incorporació del component agrícola en sistemes llenyosos. En funció de la disposició espacial dels components, se'n distingeixen dos tipus principals:

- Components intercalats per fileres o bandes regulars (*alley-cropping*, en anglès), que generen una interacció estreta i contínua entre arbres i cultius.
- Vegetació llenyosa disposada en el perímetre d'un terreny agrícola que forma marges llenyosos, paravents, voltes vives o plantacions perimetrals.

Sempre que es compleixin els l·lindars mínims de representativitat de cada component que ja hem definit, els dos tipus de sistemes generen interaccions ecològiques directes entre arbres i cultius.

Imatge 1. Exemple de sistema silvoarable a escala de parcel·la, on la combinació de cultius i línies d'arbratge permet diversificar l'estructura de l'hàbitat i generar microambients favorables a la fauna i la flora associades.



Hi ha altres disposicions agroforestals que no s'aborden en aquest manual, com ara la vegetació llenyosa distribuïda de manera irregular (arbres dispersos o en petits grups) o l'alternança de parcel·les llenyoses i agrícoles a escala de paisatge, que responen a lògiques de gestió diferents.

Els sistemes silvoarables es poden establir i analitzar en diferents escales espacials:

- Escala de parcel·la (imatge 1): cultius i arbres coexisteixen en la mateixa superfície.
- Escala de finca (imatge 2): arbres i cultius es distribueixen en diferents parcel·les dins d'una mateixa unitat productiva i mantenen relacions funcionals entre si.

- Escala de paisatge (imatge 3): els dos components formen un mosaic agroforestal a partir de parcel·les complementàries.

Aquest manual es concentra en els sistemes silvoarables establerts a escala de parcel·la, ja que és en aquesta escala quan esdevenen de manera més directa i gestionable les interaccions ecològiques entre components, com ara la competència i la complementarietat en l'ús de la llum, l'aigua i els nutrients, o la provisió d'hàbitat per a la fauna auxiliar.

En el marc del projecte LIFE AgroForAdapt s'ha elaborat a més un manual tècnic específic (Coello *et al.*, 2026) centrat en el disseny, la implantació i la gestió de sistemes silvoarables, que amplia i desenvolupa amb més detall els aspectes pràctics abordats de manera introductòria en aquest capítol.



Imatge 3. Vista a escala de paisatge d'un territori amb presència de sistemes silvoarables, on les franges d'arbratge, els marges i l'arbratge dispers contribueixen a la connectivitat ecològica i a l'heterogeneïtat del mosaic agroforestal.

Imatge 2. Sistema silvoarable a escala de finca: mostra la integració funcional entre diferents parcel·les agroforestals i altres elements del mosaic agrícola, com ara marges, bardisses o zones de vegetació natural.



1.2. Fonaments ecològics i funcionals

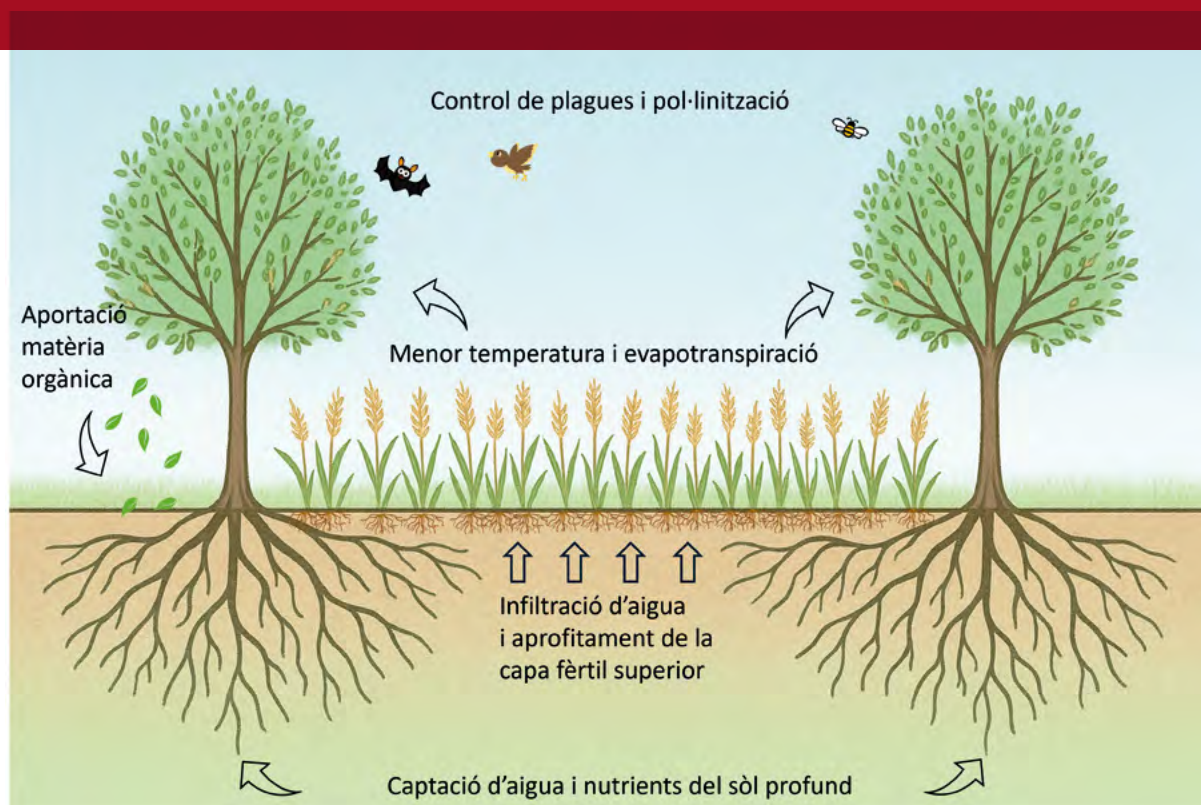
El principi fonamental dels sistemes silvoarables és la complementarietat entre els components agrícola i llenyós. Aquesta complementarietat es pot donar tant en l'espai com en el temps, i permet un ús més eficient dels recursos naturals (llum, aigua, nutrients), així com una més gran estabilitat ecològica i productiva (figura 1).

Complementarietat espacial: les capçades i les arrels d'arbres i cultius ocupen diferents estrats del sòl i de l'aire, de manera que optimitzen la captació de llum i recursos del sòl.

Complementarietat temporal: els cicles d'activitat vegetativa de les espècies són diferents (per exemple, cultius d'hivern enfront d'arbres de fulla caduca), la qual cosa prolonga el període vegetatiu total del sistema.

Interaccions ecològiques: la presència d'arbres pot millorar el microclima en què creix el cultiu (més humit gràcies a la menor exposició al vent i al sol), reduir l'erosió, augmentar la infiltració de l'aigua, millorar els cicles de nutrients i oferir refugi a fauna auxiliar (ocells, ratpenats, etc.), si bé l'ombrejat pot donar lloc a una reducció parcial de la productivitat.

Figura 1. Esquema conceptual que mostra la complementarietat entre arbres i cultius en l'espai (arrels, copes) i les principals interaccions entre arbres i cultius.



Els beneficis observats en la literatura científica i en les experiències del projecte LIFE AgroForAdapt confirmen que els sistemes silvoarables poden millorar simultàniament la producció i els resultats ambientals de les explotacions agrícoles. Però els efectes no són automàtics: depenen del disseny del sistema, de les espècies que en formen part, de les pràctiques de gestió i del context ambiental en què s'implantin; a més, alguns beneficis poden trigar anys a ser evidents. Entre els efectes més rellevants destaquen:

- **Una més gran productivitat global** derivada de les complementarietats i les interaccions predominantment positives entre els components. La coexistència de cultius i d'arbres permet un aprofitament més eficient de la llum, l'aigua i els nutrients, de manera que la producció combinada sol superar la dels sistemes separats (*overyielding*).
- **Una més gran estabilitat productiva i menor vulnerabilitat enfront de sequeres, gelades i esdeveniments meteorològics extrems**, gràcies a la capacitat dels arbres de temperar el microclima: redueixen la velocitat del vent, esmorteixen les variacions tèrmiques i milloren la retenció d'humitat del sòl.
- **Millora del sòl**, tant en la seva estructura com en la seva fertilitat i contingut de matèria orgànica. La fullaraca, les arrels, la menor alteració del sòl al voltant de l'arbratge i l'increment d'activitat biològica augmenten l'estabilitat dels agregats i la capacitat d'infiltració.
- **Reducció de l'erosió i l'escorrentia superficial** en incrementar, diversificar i fer perenne la cobertura vegetal i les xarxes d'arrels. Això disminueix la pèrdua de nutrients i sediments, filtra els lixiviats agrícoles i millora la qualitat de l'aigua.

- **Increment de la biodiversitat funcional**, fonamental per al control biològic de plagues. Els elements llenyosos aporten refugi, aliment i continuïtat espacial a nombroses espècies de fauna auxiliar.
- **Fixació addicional de carboni en biomassa i sòl**, la qual cosa contribueix tant a la mitigació del canvi climàtic com a la millora del balanç de carboni de la finca.

En conjunt, la magnitud d'aquests beneficis està condicionada per l'equilibri entre disseny, maneig i entorn local.

A més dels efectes que tenen sobre la biodiversitat, els sistemes silvoarables poden mantenir la productivitat agrícola sense comprometre els serveis ecològics que sustenten el funcionament del sistema (Staton *et al.*, 2022a). També reforcen la provisió de serveis de regulació, com la retenció de nutrients, la infiltració d'aigua o l'estabilitat del sòl (Van Vooren *et al.*, 2017).

Des del punt de vista econòmic, aquests sistemes poden mantenir o fins i tot millorar la rendibilitat global, tot i que habitualment es produeixin reduccions locals del rendiment del cultiu anual en les proximitats de les files d'arbres. El balanç final depèn del disseny, el maneig, els costos laborals i les condicions del mercat, com també del valor afegit associat a productes agroforestals o a serveis ambientals.

Avaluacions recents a Europa central i meridional mostren que els sistemes agroforestals poden presentar millors indicadors integrats de sostenibilitat — ambiental, econòmica i social— que els monocultius convencionals (Smith *et al.*, 2022), especialment quan combinen diversificació estructural, innovació i maneig adaptatiu.

A Europa, les avaluacions integrades del projecte AGFORWARD i diversos estudis de referència (Dupraz i Liagre, 2011; Mosquera-Losada *et al.*, 2009) mostren valors de la Relació de Superfície Equivalent (RSE) superiors a 1. Aquest índex compara la productivitat combinada del component

agrícola i del component llenyós amb la que s'obtingria si es produïssin per separat en la mateixa superfície. Un RSE > 1 indica un ús més eficient del sòl, ja que la producció conjunta supera la suma dels monocultius (figura 2).

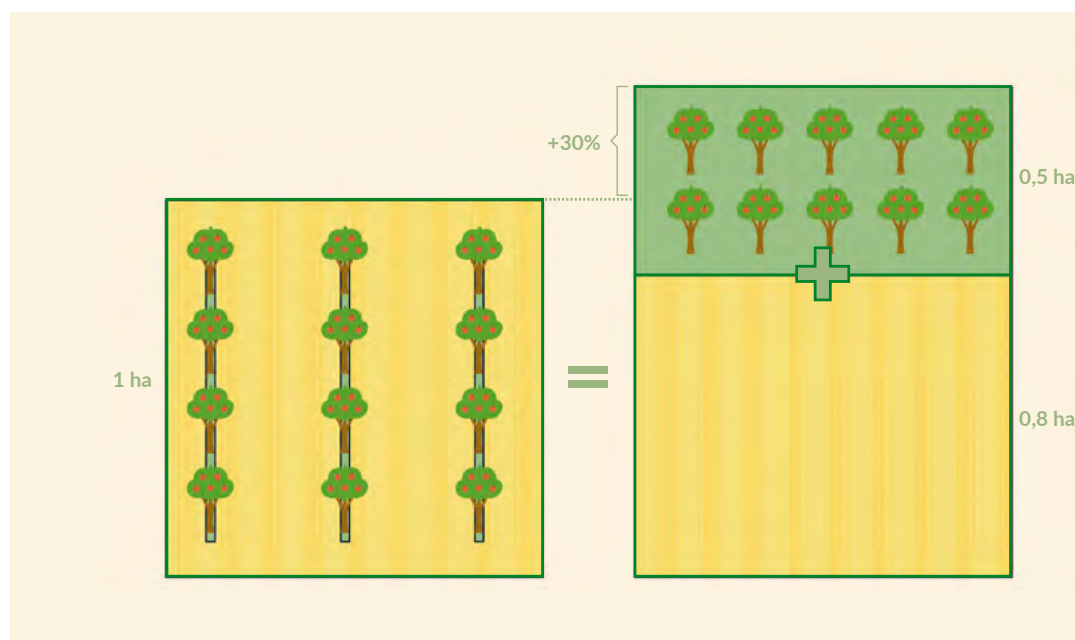


Figura 2. Representació gràfica de la Relació de Superfície Equivalent (RSE): en aquesta hectàrea agroforestal s'obté, considerant tota la rotació dels arbres, una producció equivalent a la que s'hauria obtingut en 0,5 ha destinades únicament a fruiters més la que s'hauria obtingut en 0,8 ha destinades únicament a cultius agrícoles. En total, aquesta hectàrea agroforestal produeix l'equivalent a 1,3 ha de monocultiu, per la qual cosa la RSE és d'1,3.

Quadre 1. Claus ecològiques i ambientals dels sistemes silvoarables

A la parcel·la: milloren l'estructura, la fertilitat i el contingut de carboni del sòl, redueixen l'erosió i afavoreixen la infiltració de l'aigua.

A la finca: incrementen l'eficiència global de l'ús del sòl ($LER > 1$), diversifiquen els recursos tròfics i proporcionen refugi a pollinitzadors, ocells i altres espècies auxiliars.

Al paisatge: enforteixen la connectivitat ecològica, augmenten el segrest de carboni i reforcen la resiliència enfront del canvi climàtic.

1.3. Principals tipologies i formes d'implantació

Els sistemes silvoarables poden adoptar configuracions molt diverses segons el punt de partida de la finca, els objectius productius i les condicions de l'entorn. Seguint la classificació del [Manual C8.1 de LIFE AgroForAdapt](#), distingim tres grans vies d'implantació en el context mediterrani (figura 3):

(A) parcel·les de cultiu a les quals s'afegeix un component llenyós (en fileres o en marges),

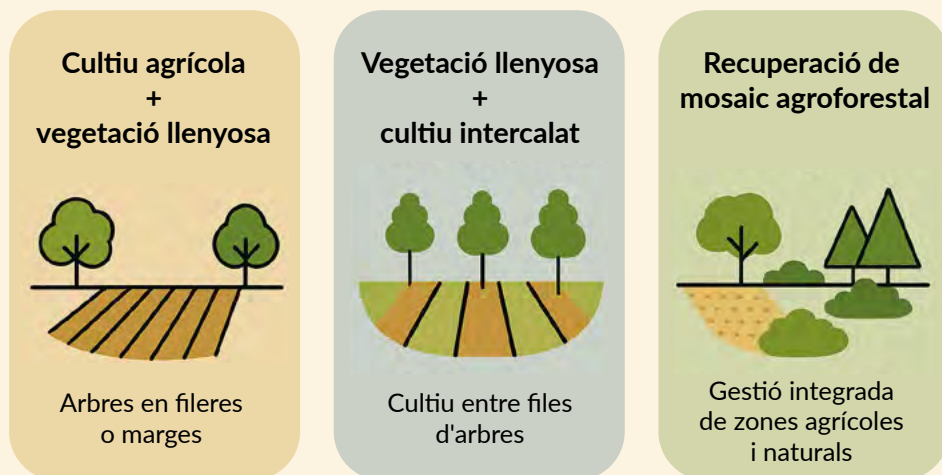
(B) plantacions llenyoses a les quals s'incorporen cultius intercalats, i

(C) recuperació o gestió agroforestal de terrenys abandonats formant mosaics de vegetació llenyosa i cultius.

La taula 1 resumeix tot seguit les principals tipologies silvoarables i els seus criteris de disseny, maneig i implicacions per a la biodiversitat.

A més de ser classificats pel seu origen i la disposició dels components, els sistemes silvoarables també es poden considerar segons els objectius productius preferents de cada component (tots dos productius, o bé un de productiu i un altre d'auxiliar), així com pel seu caràcter temporal (combinació a curt termini) o permanent (els dos components, o més, coexisteixen durant tota la vida de la vegetació llenyosa). En qualsevol cas, es tracta de sistemes que poden anar evolucionant al llarg del temps segons es desenvolupa el component llenyós, i que, sempre que el disseny i la gestió siguin adequats, són adaptables a tot el ventall d'espècies agrícoles i llenyoses compatibles amb les condicions de clima, sòl i estructura de la parcel·la.

Figura 3. Resum de les principals configuracions silvoarables segons la situació de partida del terreny: A) cultius amb llenyoses en fileres o marges; B) plantacions llenyoses amb cultius intercalats; i C) recuperació de terrenys abandonats o mosaics agroforestals.



Tipus	Descripció sintètica	Criteris de disseny i maneig	Potencials implicacions per a la biodiversitat
A1) Terreny agrícola al qual s'afegeix un component llenyós en el perímetre (bardisses o marges llenyosos)	Bardisses, paravents, arbres aïllats o franges arbustives perimetrals	• Producció combinada sense ocupar un gran espai agrícola • Reducció de vent, erosió i deriva de fitosanitaris • Posada en valor de microestacions especialment favorables (part inferior del camp)	Hàbitats clau per a pol·linitzadors i depredadors de plagues; augment de la connectivitat
A2) Terreny agrícola al qual s'afegeix un component llenyós en forma de fileres intercalades (<i>alley-cropping</i>)	Arbres o arbustos plantats en fileres, combinats amb franges àmplies conreades que permeten la mecanització	• Orientació de fileres buscant minimitzar la competència per la llum i maximitzar la protecció de cara al vent • Distància entre fileres adaptada a la maquinària agrícola	Increment dels estrats i microhàbitats; refugi per a aus i fauna auxiliar
B1) Plantació llenyosa a la qual s'afegeix un cultiu intercalat (<i>intercropping</i>)	Plantació forestal o fruitera en la qual s'intercala un cultiu agrícola als carrers situats entre les fileres	• Avançar rendes els primers anys del sistema llenyós • Cultius que aportin protecció del sòl i fertilitat • Maneig eficient de l'aigua que eviti embassades en èpoques humides i retengui humitat en èpoques seques	Millora del sòl (matèria orgànica, estructura), augment de la biodiversitat funcional
B2) Sistema llenyós no alineat establert espontàniament en antics terrenys agraris abandonats, on es vol recuperar un ús agrícola o bé crear un mosaic agroforestal	Sistemes que combinen cultius, pastures o plantacions en terrenys abandonats o colonitzats per matoll o bosc	• Crear mosaics heterogenis • Reduir la vulnerabilitat pel que fa als incendis a escala de paisatge	Alt valor ecològic; transició entre hàbitats; creació d'ecotons; connectivitat i refugis permanents

Tabla 1. Principals tipus de sistemes silvoarables mediterranis.

Imatge 4.
*Cultiu agrícola al qual
s'ha afegit recentment
el component llenyós
en fileres.*



Imatge 5.
*Llaurat per recuperar
cultius entre llenyoses
no alineades.*

Imatge 6.
*Cultiu agrícola amb
marges llenyosos
productius (ametllers).*



1.4. Importància en el context mediterrani

Els sistemes silvoarables representen una oportunitat estratègica per a l'agricultura mediterrània, en què l'escassetat d'aigua, l'erosió del sòl, el canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat i els incendis limiten cada vegada més la sostenibilitat productiva.

Amb la combinació de vegetació llenyosa i cultius agrícoles, aquests sistemes poden aportar beneficis múltiples, particularment rellevants en el context mediterrani:

- **Productius**, perquè diversifiquen collites i fonts d'ingrés, i estableixen la rendibilitat anual enfront de la forta variabilitat climàtica típica de l'àrea mediterrània.
- **Ecològics**, perquè milloren l'estructura i la fertilitat del sòl, el protegeixen de l'erosió, redueixen el risc de desertificació i mantenen l'activitat biològica fins i tot en períodes secs, gràcies a la cobertura vegetal i a l'aportació de matèria orgànica.
- **Hídrics**, perquè optimitzen l'ús de l'aigua mitjançant arrels profundes que accedeixen a capes freàtiques, més infiltració i una reducció de l'evapotranspiració per efecte de l'ombra i del microclima generat per l'arbratge.
- **Climàtics**, perquè afavoreixen tant la mitigació (emmagatzematge de carboni en sòls i biomassa) com l'adaptació enfront d'esdeveniments extrems com ara sequeres, tempestes, onades de calor o incendis.
- **De biodiversitat**, perquè proporcionen marges, bardisses i arbratge dispers que actuen com a corredors ecològics i refugis permanents per a fauna auxiliar, pol·linitzadors i depredadors naturals, i per tant reforcen els serveis ecosistèmics associats.

- **Socials i paisatgístics**, perquè conserven el caràcter mosaic del territori mediterrani, reforcen la identitat agrària local i ofereixen paisatges multifuncionals més resistents a la degradació.

En conjunt, els sistemes silvoarables destaquen en l'àrea mediterrània per la seva capacitat d'adaptació i resiliència, aprofiten d'una manera més eficient els recursos limitats i mantenen funcions ecològiques essencials en condicions adverses.

Quadre 2. Evidències europees sobre els sistemes silvoarables

Diversos projectes europeus, com ara els anomenats AGFORWARD, AFINET o AGROMIX, i més recentment el LIFE AgroForAdapt, han demostrat que els sistemes silvoarables ben dissenyats i gestionats poden ser una eina eficaç d'adaptació al canvi climàtic i de promoció de paisatges agraris multifuncionals.

En definitiva, els sistemes silvoarables permeten avançar cap a un model d'agricultura mediterrània més resilient i sostenible, capaç d'integrar la producció amb la conservació i el benestar social (figura 4).

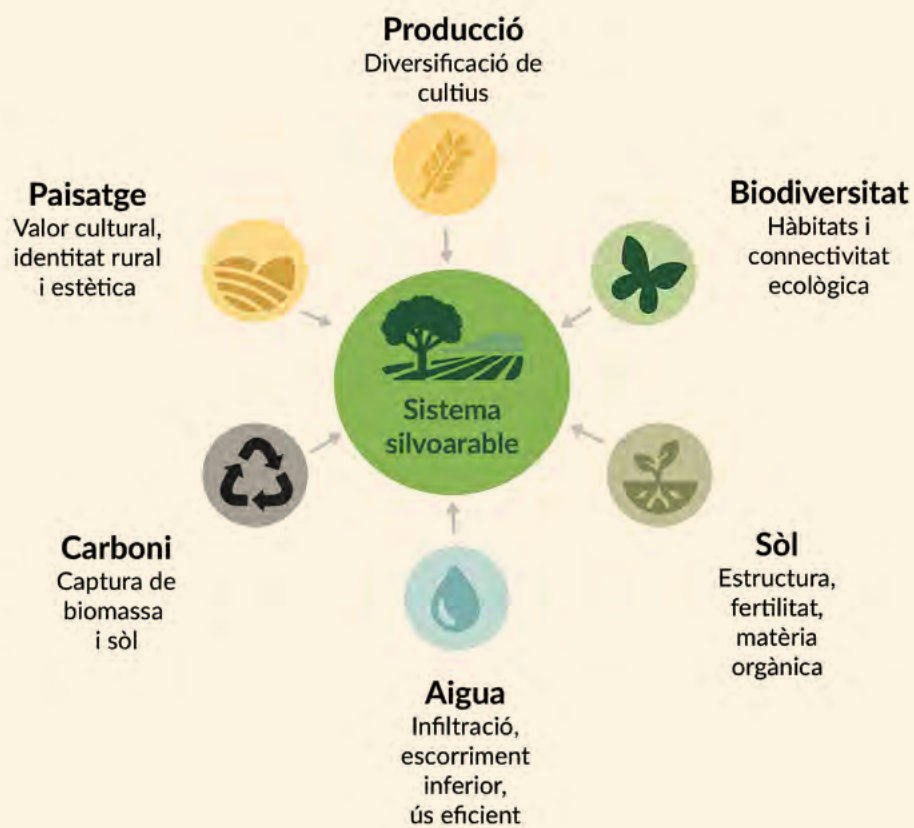


Figura 4. Representació esquemàtica de les dimensions complementàries que integren els sistemes silvoarables: producció, biodiversitat, sòl, aigua, carboni i paisatge. Cada component contribueix de manera sinèrgica al funcionament global i a la sostenibilitat del sistema.



2

La biodiversitat en els sistemes silvoarables

S'analitza el paper de la biodiversitat dins dels sistemes silvoarables i les seves funcions ecològiques clau. Es descriu com aquests sistemes poden afavorir diferents grups d'espècies i serveis ecosistèmics. També s'hi inclouen exemples que il·lustren els seus beneficis en diversos contextos agraris.

2.1. Importància ecològica i funcions clau de la biodiversitat

La integració d'elements llenyosos en paisatges agrícoles o bé la combinació de cultius herbacis amb espècies arbòries pot aportar múltiples beneficis a la biodiversitat. En comparació amb espais exclusivament agrícoles o llenyosos, els sistemes silvoarables augmenten l'heterogeneïtat estructural i funcional, la qual cosa té el potencial d'afavorir la presència i la persistència d'una més gran diversitat d'espècies a diferents nivells tròfics (Jose, 2009; Torralba et al., 2016). En particular, poden aportar:

- Hàbitats complementaris per a la fauna silvestre: ocells, insectes pol·linitzadors, mamífers petits i rèptils. La diversificació estructural del paisatge i la presència de refugis, punts d'ombra, cavitats, posadors i microhàbitats afavoreixen la presència d'espècies amb diferents requeriments ecològics i contribueixen a xarxes tròfiques més complexes i estables (Baldock et al., 1996; Benton et al., 2003; Kletty et al., 2023).

- Refugis tèrmics i microhàbitats beneficiosos per a espècies sensibles a les condicions climàtiques extremes. A l'estiu, la presència d'arbres i arbustos redueix la temperatura, genera ombra, esmorteïx la radiació solar i conserva la humitat del sòl de manera que es creen microambients més habitables per a artròpodes, petits vertebrats i microorganismes del sòl (Den Herder et al., 2015; Moreno et al., 2015; Plexida et al., 2018).
- Recursos alimentaris diversos i prolongats en el temps, com ara nèctar, pol·len, fruits, llavors o preses. Aquesta continuïtat espaciotemporal de recursos permet la coexistència d'espècies amb cicles biològics diferents i redueix la necessitat de desplaçaments llargs per alimentar-se (Jose, 2009; Kremen i Miles, 2012).
- Corredors ecològics i connectivitat funcional que faciliten el moviment de les espècies entre diferents hàbitats. Elements com les bardisses, els arbres dispersos o els marges vegetals poden actuar com si fossin "ponts" naturals que permeten que una determinada fauna es pugui desplaçar, i que trobi refugi i recolonitzi novament unes zones en què s'havia extingit (Benton et al., 2003; Marshall i Moonen, 2002).



Imatge 7. Refugi/niu de picot verd (*Picus viridis*) en component llenyós d'un sistema silvoarable. Foto d'AdobeStock.

Quant als tàxons per als quals s'han descrit beneficis dels sistemes silvoarables, destaquen principalment ocells i artròpodes (Torralba *et al.*, 2016). Cal destacar que la majoria dels estudis s'han fet sobre plantes, artròpodes i ocells (Plexida *et al.*, 2018), per la qual cosa és esperable que a mesura que augmenti en el futur el nombre de treballs centrats en els tàxons menys estudiats, com per exemple fongs i mamífers, vagi augmentant l'evidència científica dels efectes beneficiosos dels sistemes silvoarables.

D'altra banda, la majoria dels beneficis descrits se centren en mètriques com la diversitat o abundància de les espècies. Encara que en la majoria de casos aquests indicadors són crucials i perfectament vàlids, és important ressaltar que, en determinades circumstàncies o contextos, altres mètriques o indicadors poden ser més rellevants per valorar l'interès dels sistemes silvoarables des d'un punt de vista ambiental o ecològic. Per exemple, en zones o regions amb un nombre elevat d'endemismes, la quantitat d'espècies (és a dir la diversitat o riquesa *per se*) no hauria de ser l'indicador que es prengué com a referència, sinó l'adequació dels sistemes silvoarables a les necessitats ecològiques d'aquests endemismes que únicament es troben en aquestes zones. El mateix pot passar en regions o hàbitats amb un elevat nombre d'espècies amenaçades o amb estatus de conservació desfavorable, on el mer fet d'incrementar la biodiversitat no ha de ser la mètrica de referència, sinó la capacitat dels sistemes silvoarables per contribuir a millorar (o no) l'estat de conservació d'aquestes espècies rares o amenaçades. En definitiva, no tan sols la diversitat o riquesa (quantitat d'espècies) o l'abundància (quantitat d'individus), sinó de vegades la singularitat (presència d'espècies úniques, rares o amenaçades) ha de ser tinguda en compte per valorar els beneficis ambientals dels sistemes silvoarables en un context determinat. A banda del tipus de tàxons beneficiats i de les mètriques usades

per valorar aquests beneficis, el context paisatgístic és un altre element a tenir en compte. Estudis recents assenyalen que els efectes dels sistemes silvoarables sobre la biodiversitat depenen en gran manera del tipus de paisatge en el qual s'implanten i especialment del contrast que generen respecte a la situació inicial. Dues revisions sistemàtiques (Mupepele *et al.*, 2021; Kletty *et al.*, 2023) van mostrar beneficis clars enfront de monocultius agrícoles, mentre que en sistemes silvopastorals els efectes eren menys evidents quan es comparaven amb pasturatges oberts o masses forestals. Això indica que la magnitud del canvi introduït pel sistema —per exemple, afegir arbres i bardisses en un cultiu molt homogeni— determina en bona part si la biodiversitat respon de manera detectable. Per exemple, en paisatges agrícoles simplificats, la incorporació d'arbres, bardisses o marges vegetals genera suficient novetat estructural per atreure fauna diversa, augmentar recursos florals i afavorir serveis com la pol·linització o el control biològic. En canvi, en zones amb abundant cobertura arbòria la creació d'espais oberts o franges cultivables aporta una novetat ecològica menor, amb efectes més modestos sobre la flora i la fauna associades a clarianes i ecotons.

En resum, en base tant a la bibliografia (Plieninger *et al.*, 2015; Veen *et al.*, 2009) com a l'experiència del projecte LIFE AgroForAdapt, es pot afirmar que els sistemes silvoarables ben dissenyats i gestionats ofereixen una oportunitat rellevant de millora de la biodiversitat, sempre que incorporin criteris com la diversificació estructural, la connectivitat ecològica i la preservació d'hàbitats o espècies valuosos preexistents (rars o amenaçats o importants des del punt de vista funcional). No obstant això, també és important recordar que els beneficis no són automàtics pel simple fet d'implantar un sistema silvoarable i requereixen un disseny i un maneig adaptats al context local.

Finalment, cal afegir que a més del seu valor intrínsec des del punt de vista de la conservació, la biodiversitat pot aportar beneficis directes als objectius productius de les explotacions agrícoles. Una major diversitat funcional pot contribuir a la reducció de la incidència de plagues, a la millora de la pol·linització (Kletty *et al.*, 2023) i a una superior estabilitat productiva enfront de variacions climàtiques o biològiques. En aquest sentit, entre els grups més rellevants destacarien els pol·linitzadors silvestres (com ara abelles solitàries i sírfids),

els artròpodes depredadors de plagues (caràbids, crisòpids, aranyes, etc.), alguns ocells insectívors associats a bardisses i arbratge dispers, els ratpenats (Tuneu-Corral *et al.*, 2023) i uns micromamífers que participen en la dinàmica del sòl. La instal·lació d'elements llenyosos, la diversificació estructural i el manteniment de marges vegetals afavoreixen de manera especial aquests grups, i al mateix temps reforcen els serveis ecosistèmics essencials per a la producció agrícola.



2.2. Exemples de sistemes silvoarables beneficiosos per a la biodiversitat

Diversos estudis recents mostren com els sistemes silvoarables poden augmentar la biodiversitat i la provisió de múltiples serveis ecosistèmics, al mateix temps que contribueixen a la mitigació del canvi climàtic i a la sostenibilitat econòmica agrària (Smith *et al.*, 2022; Guerrero *et al.*, 2024). Una revisió recent confirma que els sistemes silvoarables tendeixen a millorar diferents indicadors de biodiversitat en una àmplia varietat de contextos (Kletty *et al.*, 2023), encara que ja s'ha comentat que la magnitud

d'aquests efectes pot variar segons el tipus de sistema i el context paisatgístic, i és més evident quan els sistemes s'implanten en entorns agrícoles simplificats (Mupepele *et al.*, 2021; Van Vooren *et al.*, 2017; Staton *et al.*, 2022a). La Taula 2. Exemples de sistemes silvoarables en contextos agrícoles i els seus efectes positius sobre diferents grups de biodiversitat. resumeix alguns exemples concrets documentats en sistemes agroforestals de clima temperat.

Quadre 3. Factors clau que determinen els beneficis d'un sistema silvoarable sobre la biodiversitat

Estructura i complexitat de l'hàbitat creat: més estrats i més heterogeneïtat i presència de franges herbàcies generen més nínxols ecològics i recursos per a la fauna i la flora.

Selecció i combinació d'espècies: triar espècies arbòries i herbàcies que aportin floracions contínues i complementàries, així com refugis i estructures adequades per a la fauna auxiliar.

Pràctiques de maneig: limitar l'ús de fitosanitaris i el conreu intensiu, mantenir vegetació espontània o bandes florals i planificar el moment de la sega o collita perquè siguin compatibles amb la fenologia de la fauna.

Context del paisatge: els beneficis augmenten quan el sistema aporta novetat estructural (arbres en paisatges agrícoles simples, o clarianes en paisatges molt densos) o quan reforça la connectivitat amb hàbitats naturals.

Temps de maduració del sistema: molts efectes positius requereixen anys de recorregut fins que l'estructura llenyosa i les interaccions ecològiques es consoliden.

Taula 2. Exemples de sistemes silvoarables en contextos agrícoles i els seus efectes positius sobre diferents grups de biodiversitat.

Component agrícola	Component llenyós	Variable estudiada	País	Referència
Oliveres	Marge	Diversitat de diversos ordres d'insectes	Espanya	Cotes <i>et al.</i> , 2010
Blat de moro, blat, ordi	Fileres d'arbres	Diversitat, densitat i abundància d'invertebrats	França, Bèlgica, Anglaterra	Boinot <i>et al.</i> , 2019; Pardon <i>et al.</i> , 2019; Staton <i>et al.</i> , 2021
Rotació de blat, blat de moro i remolatxa	Noguera en doble filera	Activitat-densitat i riquesa d'artròpodes epigeus	Bèlgica	Pardon <i>et al.</i> , 2020
Pèsol	Bardisses i fileres de freixe, cirerer, auró, sicòmor, noguera i avellaner	Abundància i diversitat d'artròpodes aeris	Regne Unit	Peng <i>et al.</i> , 1993
Cereals	Fileres de pomers	Riquesa, diversitat i diversitat funcional d'abelles silvestres i sírfids	Regne Unit	Staton <i>et al.</i> , 2022b
Cereals i farratgeres	Marge	Abundància de caràbids	França	Aviron <i>et al.</i> , 2005
Vinya	Marge	Riquesa d'ocells	Hongria	Verhulst <i>et al.</i> , 2004
Cereals o hortalisses	Marge d'arbustos i arbres	Abundància de rosegadors i musaranyes	França	Michel <i>et al.</i> , 2007
Soja o blat de moro	Fileres d'auró, freixe	Riquesa d'ocells	EUA	Gibbs <i>et al.</i> , 2016



3

Bones pràctiques per promoure la biodiversitat en sistemes silvoarables

Aquest capítol recull criteris pràctics de disseny i gestió orientats a promoure la biodiversitat. Es destaquen aspectes clau com l'heterogeneïtat estructural, la connectivitat ecològica i la gestió adaptada al context. L'objectiu és facilitar l'aplicació d'aquests sistemes en finques reals.

Després d'analitzar en els capítols anteriors la relació entre biodiversitat i sistemes silvoarables, aquest capítol recull els principis ecològics que han de guiar el seu disseny i gestió per maximitzar els beneficis sobre la biodiversitat.

La biodiversitat constitueix un element essencial del funcionament dels sistemes silvoarables, però la seva millora depèn del disseny i de les pràctiques de maneig aplicades. No n'hi ha prou amb afegir arbres als cultius o viceversa: per generar beneficis ambientals reals és necessari planificar l'estructura, la composició i el funcionament del sistema seguint un enfocament agroecològic, és a dir prioritant processos ecològics com la diversificació, l'eficiència en l'ús de recursos i la integració funcional entre components. Amb aquest enfocament, s'esbossen aquí aspectes clau de la gestió i el disseny d'aquests sistemes per guiar tècnics, gestors i agricultors interessats a crear sistemes silvoarables més biodiversos, resilients i sostenibles. Es basa tant en l'evidència científica disponible com en l'experiència adquirida en el projecte LIFE AgroForAdapt, amb l'objectiu de proporcionar recomanacions realistes, adaptables i transferibles a diferents contextos agraris.

Disseny del sistema

- **Augmentar l'heterogeneïtat estructural i la diversitat vegetal.** Combinar arbres, bardisses, marges vegetals i franges herbàcies en diferents configuracions espacials incrementa la complexitat vertical i horitzontal per tal com genera més hàbitats i nínxols per a la fauna i la flora. La selecció d'espècies arbòries i herbàcies complementàries —especialment autòctones o adaptades al clima mediterrani— permet aportar floracions escalonades i fruits i refugis de diferents grandàries, fonamentals per als pol·linitzadors i la fauna auxiliar.
- **Afavorir la connectivitat ecològica.** Situar els sistemes silvoarables de manera que actuïn com a corredors o “illes verdes” entre hàbitats naturals o seminaturals. Els marges i les bardisses vives tenen un paper essencial en aquesta connectivitat per tal com enllacen diferents parcel·les i faciliten el desplaçament de la fauna auxiliar.
- **Mantenir àrees obertes en zones estepàries.** En aquests entorns, la superfície ocupada per elements llenyosos s'ha de mantenir molt limitada (per exemple, entorn del 10%) per no comprometre els hàbitats d'espècies estepàries, i ha de ser dissenyada com a mosaic equilibrat, amb franges o espais sense arbratge que mantinguin hàbitats adequats per a aquestes espècies.
- **Compatibilitzar la mecanització amb el valor ecològic.** El disseny ha de permetre l'accés de maquinària sense eliminar la vegetació auxiliar ni compactar el sòl. Les fileres amples i ben orientades faciliten la gestió i redueixen conflictes entre components.

Gestió adaptada

- **Reduir o eliminar l'ús de fitosanitaris i herbicides** priorititzant tècniques preventives com les cobertes vegetals i complementant-ho amb maneig mecànic o manual quan sigui possible.
- **Conservar el sotabosc o vegetació espontània sota els arbres si no suposa una amenaça seriosa per a la seva vitalitat**, especialment en sistemes implantats en cultius extensius, on aquests espais actuen com a refugi i font d'aliment.
- **Evitar les labors intensives a prop d'arbres o bardisses** per respectar zones d'amortiment que permetin el desenvolupament de vegetació natural i redueixin l'alteració del sòl.
Planificar les tasques de manteniment i aprofitament per compatibilitzar-les amb la reproducció o l'activitat de grups sensibles (p. ex., ocells i pol·linitzadors).
- **Compatibilitzar la producció amb zones de refugi permanents**, com ara tolles temporals, murs de pedra o petits bosquets, que aporten hàbitats essencials per a rèptils, amfibis i micromamífers.

Mesures específiques per a grups biològics prioritaris

- **Pol·linitzadors:** mantenir abundants recursos florals, amb floracions escalonades i substrats de nidificació (fusta morta, sòls nus, marges florals).
- **Ocells d'ecotò:** disposar d'arbres dispersos o pals com a posadors, i evitar la poda i altres tractaments durant l'època de cria.
- **Ocells esteparis:** conservar zones obertes i evitar emprar altes densitats llenyoses i espècies de gran desenvolupament en àrees d'espai vital i nidificació. Evitar el conreu del sòl en època de nidificació.
- **Rèptils i amfibis:** mantenir refugis, murs de pedra seca, microhàbitats humits i zones d'ombra amb vegetació natural.
- **Flora silvestre:** minimitzar el conreu i permetre la regeneració d'espècies arvenses autòctones.

Quadre 4. Principis pràctics per a un disseny silvoarable biodivers

Combinar diverses espècies d'arbres, bardisses i franges herbàcies per augmentar l'heterogeneïtat.

Afavorir la connectivitat ecològica entre parcel·les i hàbitats naturals.

Triar espècies autòctones o adaptades amb floracions escalonades.

Mantenir zones obertes en àrees d'interès per a ocells esteparis.

Conservar marges i franges de vegetació espontània.

Reduir fitosanitaris i conservar vegetació espontània als marges.



4

Seguiment de la biodiversitat en sistemes silvoarables

El seguiment de la biodiversitat s'aborda com una eina clau per avaluar i millorar els sistemes silvoarables. Es presenten els principis generals, els dissenys experimentals i els principals mètodes de mostreig. També s'hi inclou l'experiència i els resultats del projecte LIFE AgroForAdapt.

4.1. Objectius i enfocament general

El seguiment de la biodiversitat és una eina clau per avaluar l'efectivitat dels sistemes silvoarables sobre aquest servei ecosistèmic essencial i orientar la seva millora al llarg del temps. Permet verificar si les pràctiques de disseny i gestió aplicades compleixen els seus objectius ecològics, identificar quins elements funcionen millor i ajustar les actuacions per maximitzar els beneficis ambientals sense comprometre la productivitat. Més enllà de l'avaluació científica, el seguiment compleix una funció pràctica i estratègica:

Dona suport a la presa de decisions sobre el terreny perquè proporciona informació objectiva sobre els efectes reals de les mesures implementades.

Facilita la transferència de coneixement perquè permet comparar experiències entre finques i regions.

Aporta evidències útils per a les polítiques agràries i ambientals perquè reforça el paper dels sistemes silvoarables com a eina d'adaptació al canvi climàtic i conservació de la biodiversitat.

L'enfocament general que es proposa en aquest manual es basa en tres principis:

Senzillesa i estandardització. Els mètodes han de ser aplicables amb recursos limitats i comparables entre finques, prioritzant indicadors fàcilment mesurables i reproduïbles.

Pertinència ecològica. Els grups bioindicadors seleccionats han de reflectir de manera directa els canvis estructurals i funcionals de l'hàbitat (ocells, pol·linitzadors, vegetació, etc.).

Coherència temporal i espacial. Els mostrejos han de repetir-se al llarg del temps en les mateixes parcel·les tractades (silvoarables) i de control (sistemes de referència representatius de les pràctiques habituals en la zona) amb un enfocament experimental.

Perquè el seguiment de la biodiversitat en sistemes silvoarables sigui eficaç, comparable i sostenible a llarg termini, és fonamental aplicar protocols estandarditzats i adaptats al context mediterrani, que permetin obtenir dades robustes sense requerir mitjans tècnics complexos (figura 5). A més, el treball s'ha de fer preferentment a escala de parcel·la o conjunt de parcel·les dins de cada finca, ja que és en aquest nivell on els efectes de les pràctiques de maneig i de l'estructura del sistema es poden detectar més directament.

D'aquesta manera, el seguiment de la biodiversitat no es concep com un objectiu en si mateix, sinó com un instrument d'aprenentatge adaptatiu capaç de millorar de manera contínua el disseny i la gestió dels sistemes silvoarables.



Figura 5. Principis per a un seguiment eficaç de la biodiversitat. El procés es basa en la coherència i la continuïtat del mostreig, combinant dades biològiques i ambientals, prioritzant els grups més sensibles i integrant els resultats en la gestió per millorar la biodiversitat.

4.2. Metodologies recomanades

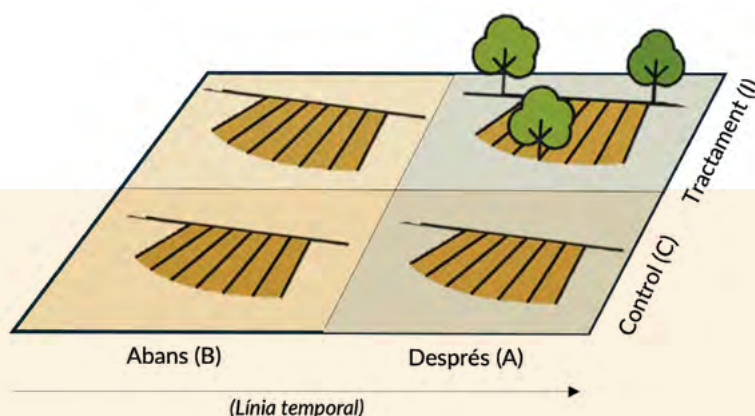
La planificació del seguiment ha d'incloure un disseny experimental clar, que asseguri la repetició espacial i temporal dels mostrejos i permeti diferenciar els efectes reals de les actuacions de la variabilitat natural.

Planificació del seguiment i el disseny experimental

En el projecte LIFE AgroForAdapt es van adoptar dos esquemes experimentals complementaris per avaluar els efectes dels sistemes silvoarables sobre la biodiversitat, en comparació amb els sistemes agrícoles de monocultiu de referència (figura 6):

- **Disseny BACI (Before-After Control-Impact):** possibilita comparar parcel·les tractades (silvoarables) i parcel·les control (monocultius) abans i després de la implantació del sistema silvoarable. Aquest enfocament permet avaluar els efectes directes de les actuacions, ja que permet distingir els canvis temporals atribuïbles a la gestió dels que responen a la variabilitat natural del sistema. És el disseny més robust per avaluar l'efectivitat del nou sistema silvoarable implantat.
- **Disseny CI (Control-Impact):** compara parcel·les silvoarables i monocultius en un mateix període temporal, sense disposar de dades prèvies a la intervenció. S'utilitza quan els sistemes ja existien abans d'iniciar-se el seguiment i no és possible obtenir informació de referència prèvia. Tot i que menys potent que el BACI, proporciona informació valuosa sobre diferències atribuïbles al nou sistema implantat.

Figura 6. Esquema conceptual dels dissenys experimentals utilitzats en el seguiment de biodiversitat en sistemes silvoarables. El disseny BACI (Before-After Control-Impact) compara parcel·les tractades i parcel·les control abans i després de la intervenció, i permet detectar els efectes atribuïbles a la implementació del sistema silvoarable. Quan només es disposa de dades posteriors a la instal·lació del sistema, la comparació entre parcel·les silvoarable i el monocultiu correspon a un disseny CI (Control-Impact), representat en la zona verda de l'esquema.



L'elecció del disseny experimental depèn del tipus de sistema, de la disponibilitat de dades prèvies i dels recursos disponibles per al seguiment. En tot cas, és fonamental mantenir la coherència espacial (mateixes parcel·les silvoarables i monocultius) i temporal (mateix període fenològic o època de mostreig) per assegurar resultats comparables. A més, és recomanable fer aquests seguiments sobre diverses parcel·les, tant de tipus tractament com de tipus control (es recomana un mínim de tres de cada tipus), ja que, amb una grandària de mostra massa petita, serà impossible obtenir resultats concloents sobre els possibles efectes beneficiosos de la biodiversitat.

Selecció de grups bioindicadors i mètodes

Amb el disseny del seguiment ja definit, la selecció dels grups bioindicadors (el tipus d'organismes en els quals se centra el seguiment) ha de respondre als objectius del seguiment i al tipus d'hàbitat present en cada finca, i també a l'escala de treball. Els grups més utilitzats en el context mediterrani inclouen ocells, pol·linitzadors, vegetació, rèptils i mamífers, per la seva sensibilitat als canvis estructurals de l'hàbitat i la rellevància funcional que mostren.

Per exemple, si el nou sistema silvoarable no implica un canvi substancial en la disponibilitat de flors i nèctar, és possible que no tingui gaire sentit fer un seguiment de pol·linitzadors. En relació a l'escala de treball, si el nou sistema silvoarable s'implanta a petita escala, per exemple, en una o poques parcel·les aïllades, és recomanable triar organismes o grups taxonòmics de poca mobilitat, per exemple rèptils, vegetació o pol·linitzadors. Si, en canvi, la implantació afecta una superfície més gran, que engloba unes quantes parcel·les o tota una finca, llavors pot ser adequat fer el seguiment d'ocells o

mamífers. Això perquè avaluar els efectes a petita escala serà molt complicat mitjançant el seguiment d'organismes que utilitzen una superfície molt més extensa que l'escala en què s'ha implantat el sistema silvoarable.

Els protocols descrits en aquest manual no requereixen equipament sofisticat i es poden aplicar amb recursos limitats, sempre que el personal disposi d'una formació bàsica en identificació i mostreig. La periodicitat mínima recomanada és anual, repetint els mostrejos en els mateixos punts o transectes per detectar tendències i avaluar l'evolució dels sistemes a mitjà termini.

La interpretació dels resultats millora significativament quan les dades biològiques es complementen amb informació ambiental bàsica, com la presència de floració, la cobertura d'ombra o el grau d'humitat del sòl. Aquestes dades poden recollir-se *in situ* durant el mostreig o derivar-se d'eines de teledetecció o sensors remots.

A la taula 3 es resumeixen els mètodes de seguiment més utilitzats per a cada grup bioindicador, juntament amb els indicadors més freqüents i les principals consideracions per a la seva correcta aplicació.

Grup	Indicadors	Mètodes	Observacions clau
Ocells	Riquesa, abundància, diversitat, presència/ absència	Punts d'escolta, transectes, mapatge, bioacústica	Bon indicador d'hàbitat; resposta a elements llenyosos i marges
Micromamífers	Presència, freqüència de detecció, ús de l'hàbitat	Paranys de captura en viu (<i>Sherman</i> o <i>Longworth</i>), cambres parany a baixa altura	Sensibles a la cobertura vegetal i a l'estructura del sotabosc; la seva presència indica bona connectivitat i disponibilitat de refugis. Requereixen permisos específics i personal especialitzat per al seu mostreig
Pol·linitzadors	Abundància, riquesa, índex Shannon	Transectes florals, o paranys de plat (<i>pan traps</i>)	Molt dependents de la floració i del maneig herbaci
Papallones diürnes	Abundància, riquesa, composició de comunitats	Transectes lineals estandarditzats (<i>pollard walk</i>)	Indicadors sensibles de la diversitat florística i del maneig de l'hàbitat.
Altres invertebrats	Riquesa, abundància, composició funcional	Paranys de caiguda (<i>pitfall</i>), paranys d'intercepció o mostrejos manuals	Inclouen coleòpters, aràcnids i ortòpters; reflecteixen la complexitat estructural i la pertorbació del sòl.
Vegetació	Cobertura, riquesa específica, composició florística	Quadrats, transectes, espectrometria o sensors remots	Reflecteixen les condicions del sòl, la gestió i la complexitat estructural

Taula 3. Resum dels mètodes de seguiment més utilitzats per avaluar la biodiversitat en sistemes silvoarables, organitzats per grans grups bioindicadors.

Imatge 8. Observador de camp fent un cens d'ocells (punt d'escolta) durant el projecte LIFE AgroForAdapt.
Foto: Francesc Sardà Palomera.



Quadre 5. Glossari bàsic de termes de seguiment de biodiversitat

Riquesa d'espècies: Nombre total d'espècies diferents detectades en un punt, transecte o parcel·la.

Abundància: Nombre total d'individus observats d'un grup o d'una espècie.

Diversitat (p. ex., índex Shannon): Indicador que integra riquesa i abundància relativa, i fa destacar les comunitats equilibrades.

Transecte: Recorregut lineal de longitud definida on es registren espècies seguint un protocol estàndard.

Transecte floral: Transecte dissenyat per mostrejar pol·linitzadors durant la floració.

Pollard walk: Mètode estandarditzat per censar papallones caminant per un transecte fix i registrant individus en un corredor predefinit.

Punts d'escolta: Estacions fixes on es detecten ocells per observació i oïda durant un temps i en un radi determinat.

Bioacústica: Registre automàtic de sons ambientals (cants d'ocells, insectes, amfibis) amb gravadores.

Paranys de caiguda (*pitfall*): Recipients enterrats a nivell del sòl per capturar invertebrats que cauen en desplaçar-se.

Paranys d'intercepció: Superfícies verticals que intercepten el vol d'insectes i els dirigeixen a un recipient col·lector.

Paranys de plat (*pan trap*): Recipients petits de colors (blau, groc, blanc) plens d'aigua sabonosa que atreuen i capturen pol·linitzadors i altres insectes.

Paranys Sherman o Longworth: Dispositius de captura en viu per a micromamífers, formats per una caixa metàl·lica amb mecanisme de tancament automàtic que permet retenir-los sense causar-los cap dany i en condicions segures fins al seu alliberament.

Cambres parany: Càmeres automàtiques activades per moviment o calor que permeten detectar fauna críptica o nocturna.

Quadrats de vegetació: Parcel·les petites (p. ex., 1×1 m) per mesurar cobertura, riquesa i composició florística.

4.3. Seguiments de la biodiversitat en el projecte LIFE AgroForAdapt

Presentació del seguiment

En el marc del projecte LIFE AgroForAdapt es va desenvolupar un programa de seguiment de la biodiversitat per avaluar els efectes de diferents sistemes agroforestals demostratius sobre diversos grups bioindicadors, concretament ocells, pol·linitzadors (abelles i sírfids) i papallones diürnes. En el cas concret dels sistemes silvoarables, el seguiment es va centrar en ocells i pol·linitzadors seguint el protocol D5, disponible en la web del projecte (<https://agroforadapt.eu/>).

Els ocells van ser censats mitjançant punts d'escolta de deu minuts situats en les parcel·les silvoarables i en les parcel·les control (monocultius). En cada punt es van registrar totes les espècies detectades visualment o auditivament en un radi de 100 m, la qual cosa permet valorar la riquesa específica de manera comparable entre sistemes i anys. Cada punt d'escolta va ser visitat dues vegades cada primavera, i d'aquesta manera es va obtenir un valor de riquesa d'ocells per cada estació i visita.

L'abundància de pol·linitzadors es va considerar mitjançant transectes florals de 100 m de longitud (que podien estar dividits en subtransectes) i 2 m d'ample, recorreguts a velocitat constant, comptabilitzant abelles mel·líferes, borinots, abelles silvestres i sírfids. Aquest mostreig es va complementar amb el registre de l'abundància de flors i la proporció de sòl nu en cada transecte, variables clau per interpretar la resposta d'aquests insectes. Cada transecte es va repetir tres vegades per primavera i per cada transecte i visita es va obtenir un valor d'abundància de cadascun dels subgrups de pol·linitzadors esmentats. El seguiment es va fer a escala de parcel·la o conjunt de parcel·les dins de cada finca, la qual cosa permet relacionar directament els

canvis observats amb l'estructura i el maneig de cada sistema agroforestal, sense extrapolar els resultats a escala de paisatge.

Sistemes avaluats i estructura del seguiment

En total, el programa de seguiment va incloure divuit sistemes silvoarables demostratius, pertanyents a dues tipologies clarament diferenciades:

- **9 sistemes silvoarables de nova implantació:** parcel·les agrícoles en les quals es va introduir per primera vegada un component llenyós durant el projecte, per transformar-les en sistemes silvoarables.
- **9 sistemes silvoarables preexistents:** sistemes que ja combinaven arbres i cultius abans de l'inici del projecte i que representen sistemes silvoarables en una fase de maduresa una mica més avançada, tot i que generalment en un període encara juvenil de la vegetació llenyosa.

Aquests sistemes estaven distribuïts entre dues regions d'Espanya (Catalunya i Castella i Lleó) i dues regions de França (Occitània i Provence-Alps-Côte d'Azur).

El seguiment es va dur a terme entre 2022 i 2025. En els sistemes de nova implantació es van fer mostres abans i després de la implantació del component llenyós. En tots dos tipus de sistema el disseny de mostreig incloïa habitualment dues parcel·les tractament (silvoarable) i dues parcel·les control (monocultiu), la qual cosa va proporcionar una replicació interna suficient i un conjunt de dades equilibrat per avaluar els efectes dels sistemes silvoarables sobre la biodiversitat (Figura 7).



Figura 7. Exemple de disseny de mostreig en un dels sistemes silvoarables demostratius del projecte, situat a Monells (Girona, Catalunya, Espanya). Es representen els punts d'escolta per a ocells (punts) i els seus buffers de 100 m de radi, diferenciant parcel·les silvoarables (en groc) i parcel·les control en monocultiu (en blau). També es mostren els transectes de 100 m fraccionats i utilitzats per al mostreig de pol·linitzadors, igualment codificats en groc (tractament) i blau (control). Les àrees delimitades en vermell corresponen a les parcel·les silvoarables implantades dins de la finca.

Disseny experimental

El seguiment es va basar en dos esquemes experimentals complementaris:

- **Disseny BACI**, aplicat en els sistemes de nova implantació, comparant parcel·les abans i després de la intervenció.
- **Disseny CI**, aplicat en parcel·les silvoarables preexistents i en terrenys de monocultiu en cada finca.

Les variables analitzades van incloure principalment la riquesa específica d'ocells, avaluada mitjançant models lineals mixtos (GLMM), juntament amb mètriques d'abundància i diversitat per a insectes i vegetació.

Resultats per als ocells

En els sistemes silvoarables preexistents (disseny CI) es va detectar un augment significatiu en la riquesa d'ocells en les parcel·les silvoarables respecte al monocultiu (control), associat principalment a espècies vinculades a hàbitats agroforestals o d'ecotò (p. ex., *Sylvia spp.*, *Emberiza spp.*, *Lanius spp.*), mentre que les espècies estrictament agrícoles o forestals van mostrar variacions menors no significatives estadísticament.

En els sistemes de nova implantació no es van detectar efectes significatius entre el període “abans” i “després” de la implantació. Aquest resultat suggereix que els beneficis sobre la biodiversitat d'ocells requereixen un període de maduració que permeti que el component llenyós, la vegetació espontània i els marges florals es desenvolupin prou. Aquest patró coincideix amb la literatura, que assenyala que els efectes positius s'observen típicament a partir del quart o cinquè any des de la implantació.

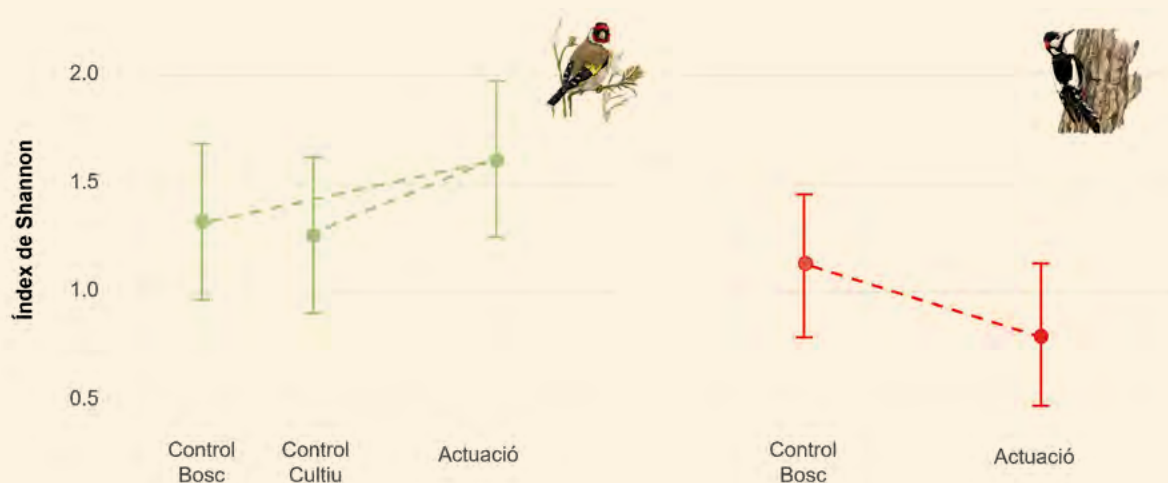


Figura 8. Índex de diversitat de Shannon de les comunitats d'ocells en sistemes silvoarables preexistents en parcel·les control (bosc i cultiu) i en parcel·les amb tractament. A l'esquerra, en verd, es representen les espècies associades a hàbitats mixtos o ecotonals, mentre que a la dreta, en vermell, les espècies forestals. Els punts representen els valors mitjans estimats pel model i les barres verticals indiquen els intervals de confiança del 95 %. Les línies discontinúes mostren el canvi entre parcel·les control i amb tractament per a cada grup ecològic.

Els resultats suggereixen que els efectes positius sobre la riquesa i la diversitat d'ocells poden requerir un cert temps per manifestar-se, i que són més evidents en els sistemes silvoarables preexistents (edat mitjana del component llenyós de $10,3 \pm 4,6$ anys) que en els de nova implantació.



Imatges 9 i 10. *El cotoliu (Lullula arborea) i la cadenera (Carduelis carduelis) són espècies comunes en sistemes silvoarables mediterranis.*
Font: AdobeStock.

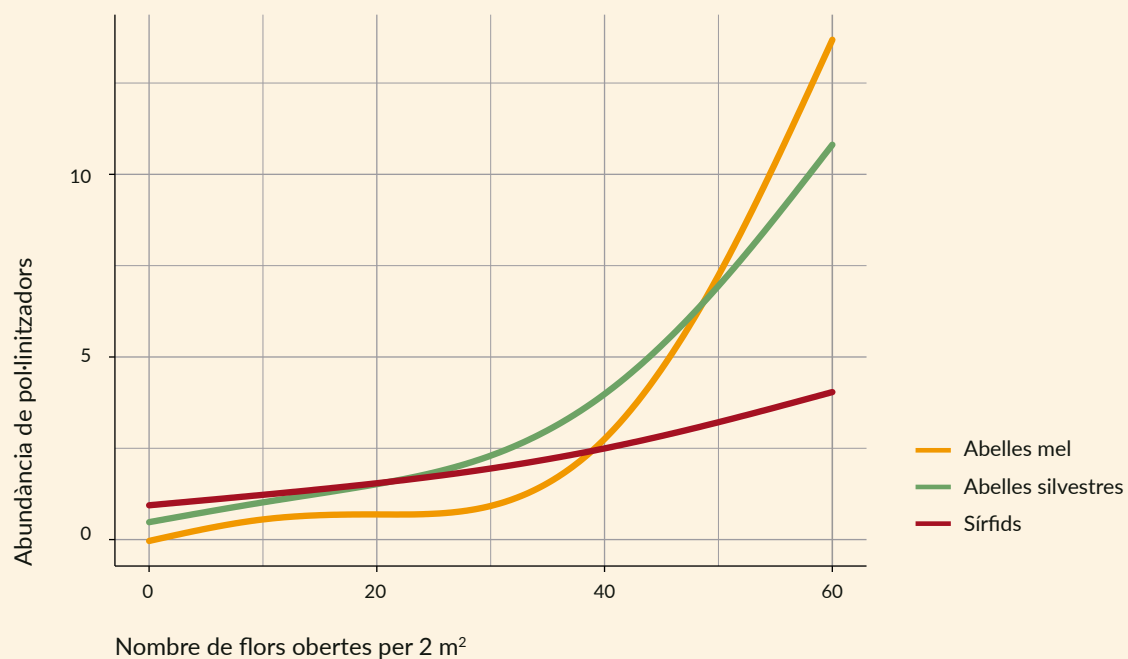


Figura 9. Efecte de la floració sobre els principals grups de pol·linitzadors. Les abelles mel·líferes, les abelles silvestres i els sírfids mostren una tendència a l'augment d'abundància a mesura que creix el nombre de flors obertes.



Imatge 11. Borinot comú (*Bombus terrestris*) recol·lectant nèctar d'una flor.

Resultats per a pol·linitzadors (abelles de la mel, borinots, altres abelles silvestres i sírfids)

Els resultats del seguiment no mostren efectes directes del tractament silvoarable sobre la riquesa, la diversitat o l'abundància dels diferents grups de pol·linitzadors (abelles de la mel, borinots, altres abelles silvestres i sírfids), ni en els sistemes de nova implantació (disseny BACI) ni en els sistemes preexistents (disseny CI).

Malgrat l'absència d'efectes del tractament, els models van detectar efectes ambientals clars, consistents i estadísticament significatius relacionats amb la floració. L'abundància de flors registrada en els transectes va ser el predictor més influent, amb efectes positius sobre abelles de la mel, abelles silvestres i sírfids. La resposta va ser coherent entre grups: a més disponibilitat de flors, més abundància de pol·linitzadors.

En conjunt, aquests resultats indiquen que, en un termini curt i mitjà, els pol·linitzadors responen principalment a la disponibilitat de recursos florals, més que a la mera presència del component llenyós. En el marc d'aquest seguiment, la floració registrada va correspondre majoritàriament a espècies herbàcies presents en marges, cobertes i franges entre arbres, mentre que la contribució directa de la floració d'espècies llenyoses va ser limitada o no es va poder aïllar de manera específica.

No obstant això, en sistemes silvoarables que incorporen espècies arbòries amb floracions abundants i ben sincronitzades amb l'activitat dels pol·linitzadors, com passa en determinats sistemes amb fruiters, el component llenyós pot actuar com una font addicional de recursos florals i reforçar la disponibilitat d'aliment a escala temporal i espacial. En aquest sentit, una gestió adequada de l'estrat herbaci entre arbres o en els marges llenyosos, orientada a promoure una floració diversa i contínua, pot generar efectes positius sobre les poblacions de pol·linitzadors. Estudis realitzats en sistemes silvoarables consolidats han mostrat increments en la riquesa i la diversitat funcional d'abelles silvestres en comparació amb monocultius, associats principalment a una més gran disponibilitat i diversitat de recursos florals, especialment en l'estrat herbaci del sistema agroforestal (Staton *et al.*, 2022a). Aquests efectes podrien traduir-se en beneficis indirectes tant per al cultiu herbaci com per al mateix component llenyós del sistema.





5

Conclusions i propostes per al futur

Es sintetitzen els principals aprenentatges del manual i es destaca el paper dels sistemes silvoarables en la transició cap a una agricultura més sostenible. També es posen en relleu els factors clau per al seu èxit i es plantegen línies de futur per a la seva consolidació.



5.1. Principals conclusions

1. Transició agroecològica i sinergies entre producció i conservació. Els sistemes silvoarables constitueixen una eina sòlida per avançar cap a una agricultura mediterrània més resilient, biodiversa i sostenible. L'experiència del projecte LIFE AgroForAdapt i l'evidència científica recopilada en aquest manual confirmen que, quan es dissenyen i gestionen adequadament, aquests sistemes poden generar beneficis simultanis de tipus productiu, ecològic i social. Més enllà de ser una alternativa tècnica, representen un model de transició agroecològica que permet integrar la producció agrícola amb la conservació de la biodiversitat, la millora dels serveis ecosistèmics i l'adaptació al canvi climàtic, generant beneficis tant per a les explotacions com per a la societat en el seu conjunt.

2. Beneficis per a la biodiversitat. Els sistemes silvoarables incrementen l'heterogeneïtat estructural i funcional del paisatge, i per tant ofereixen refugi i recursos a una gran varietat d'espècies

—especialment pol·linitzadors, ocells i una altra fauna auxiliar— i milloren la connectivitat ecològica a escala local i territorial. Els resultats del projecte LIFE AgroForAdapt corroboren aquests beneficis, especialment en el cas dels ocells de mitjans agroforestals i quan els sistemes silvoarables han assolit un grau suficient de maduresa.

3. Importància del disseny i la gestió. La selecció d'espècies, la densitat i la disposició de l'arbratge, la gestió dels marges i l'ús racional de fitosanitaris i conreu són factors determinants per garantir resultats positius i sostenibles.

4. Rellevància del seguiment. El seguiment de la biodiversitat és essencial per avaluar els efectes de les mesures implantades, identificar bones pràctiques i orientar la gestió adaptativa. Dissenyos experimentals robustos (com el BACI) i l'ús de grups bioindicadors —ocells, pol·linitzadors o vegetació— permeten obtenir informació comparable i útil per a la presa de decisions.

5.2. Propostes de futur

El desenvolupament dels sistemes silvoarables en l'àmbit mediterrani requereix consolidar els avenços reeixits i afrontar un seguit de reptes que condicionaran la seva adopció a més escala. A partir de l'experiència del projecte LIFE AgroForAdapt, es proposen aquestes línies d'acció prioritàries:

1. Consolidar la base de coneixement i el seguiment. Mantenir i ampliar programes de monitoratge a llarg termini és

fonamental per avaluar l'evolució ecològica i productiva dels sistemes silvoarables. És necessari incorporar grups biològics menys estudiats —flora herbàcia, fongs del sòl, artròpodes no pol·linitzadors, micromamífers...— i reforçar les anàlisis tant a escala de parcel·la com de paisatge. El seguiment hauria d'integrar-se en xarxes estandarditzades i en marcs experimentals robustos (per exemple, BACI), amb la finalitat de millorar la comparabilitat entre regions i contextos agrícoles.

2. Reforçar la transferència, la formació i l'acompanyament tècnic. L'adopció dels sistemes silvoarables depèn en gran manera de la disponibilitat d'assessorament especialitzat. És prioritari consolidar xarxes de suport tècnic que orientin el disseny, la implantació i la gestió adaptativa dels sistemes, així com integrar els sistemes agroforestals en la formació agrària i forestal a diferents nivells. Les finques demostratives i els intercanvis entre agricultors constitueixen eines clau per accelerar la difusió del coneixement pràctic.

3. Ampliar l'evidència sobre biodiversitat en sistemes silvoarables. Tot i que l'evidència científica i els resultats del projecte LIFE AgroForAdapt confirmen el potencial dels sistemes silvoarables per millorar la biodiversitat, els efectes observats varien segons el tipus de sistema, el grau de maduresa, el context paisatgístic i el grup biològic considerat. La majoria dels estudis disponibles se centren en ocells i insectes, mentre que altres components rellevants de la biodiversitat —flora, fongs del sòl, micromamífers o biodiversitat funcional— continuen estant menys representats.

Cal avançar cap a avaluacions més integrals que abastin una més gran diversitat de configuracions silvoarables (marges, fileres, sistemes joves i madurs, diferents cultius i espècies llenyoses) i un conjunt més ampli d'indicadors biològics i funcionals, per identificar quins dissenys i quines pràctiques de maneig maximitzen els beneficis per a la biodiversitat.

4. Promoure un enfocament territorial, participatiu i coherent. La implantació eficaç dels sistemes silvoarables requereix una planificació territorial informada, basada en diagnòstics ambientals i socioeconòmics. La coordinació entre agricultors, administracions locals, centres de recerca i entitats de conservació és essencial per identificar àrees prioritàries

i integrar aquests sistemes en corredors ecològics, mosaics agroforestals o estratègies de gestió del risc d'incendis. La coherència entre polítiques agràries, forestals i de biodiversitat és clau per maximitzar el seu impacte a escala de paisatge.

5. Impulsar la innovació i el valor afegit. La diversificació de productes agroforestals —fusta, biomassa, fruits, plantes aromàtiques o serveis ambientals—, juntament amb possibles sistemes de certificació, pot millorar la rendibilitat i el reconeixement social dels sistemes silvoarables. Igualment, la innovació tècnica (eines de planificació territorial, sensors remots, models de gestió adaptativa) i organitzativa (cooperatives, cadenes curtes de comercialització, pagaments per serveis ecosistèmics) obrirà noves oportunitats a la seva consolidació.

Bibliografia

AGFORWARD (2017). *Sustainable Intensification of European Agroforestry*. Final Project Report, Grant Agreement No 613520, European Commission, Brussels.

AVIRON, S.; BUREL, F.; BAUDRY, J.; SCHERMANN, N. (2005). «Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(3), 205-217.

BALDOCK, D.; BEAUFOY, G.; BROUWER, F.; GODESCHALK, F. (1996). *The Nature of Farming: Low Intensity Farming Systems in Nine European Countries*. Institute for European Environmental Policy (IEEP).

BENTON, T. G.; VICKERY, J. A.; WILSON, J. D. (2003). «Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?» *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9).

BIBBY, C. J.; BURGESS, N. D.; HILL, D. A.; MUSTOE, S. H. (2000). *Bird Census Techniques* (2nd ed.). Academic Press.

BOINOT, S.; POULMARÇ'H, J.; MEZIERE, D.; LAURI, P. E.; SARTHOU, J. P. (2019). «Distribution of overwintering invertebrates in temperate agroforestry systems: implications for biodiversity conservation and biological control of crop pests». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 285: 106630.

BRAUN-BLANQUET, J. (1932). *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. McGraw-Hill, Nova York, 439 p.

BURGESS, P. J.; CROUS-DURAN, J.; DEN HERDER, M.; DUPRAZ, C.; FAGERHOLM, N.; FREESE, D.; GARNETT, K.; GRAVES, A. R.; HERMANSEN, J. E.; LIAGRE, F.; MIRCK, J.; MORENO, G.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; PALMA, J. H. N.; PANTERA, A.; PLIENINGER, T.; UPSON, M. (2015). AGFORWARD Project Periodic Report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD. 95pp.www.agforward.eu/documents/AGFORWARD%20613520%20First%20Year%20Report%2027%20Feb%202015.pdf.

BURTON, A. C.; NEILSON, E.; MOREIRA, D.; LADLE, A.; STEENWEG, R.; FISHER, J. T.; BAYNE, E.; BOUTIN, S. (2015). «Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes». *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675-685. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12432>.

COELLO, J., SANTANA, J. C., DE TORRE, B., LIAGRE, F. (2026). *Manual de disseny i gestió de sistemes agroforestals silvoarables en condicions mediterrànies*. LIFE AgroForAdapt. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació 124 Pp.

COTES, B.; CAMPOS, M.; PASCUAL, F.; GARCÍA, P. A.; RUANO, F. (2010). «Comparing taxonomic levels of epigeal insects under different farming systems in Andalusian olive agroecosystems». *Applied Soil Ecology*, 44(3), 228-236. doi: 10.1016/j.apsoil.2009.12.011.

DEN HERDER, M.; BURGESS, P. J.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; HERZOG, F.; HARTEL, T.; UPSON, M.; VIHOLAINEN, I.; ROSATI, A. (2015). *Preliminary stratification and quantification of agroforestry according to systems studied in WP2–WP5*. Milestone 1, AGFORWARD project (Grant Agreement no. 613520). 24 April 2015. https://www.agforward.eu/documents/M1_Stratification%20of%20agroforestry.pdf.

DEN HERDER, M.; MORENO, G.; MOSQUERA-LOSADA, R.M.; PALMA, J.H.N.; SIDIROPOULOU, A.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; et al. (2017). *Current extent and stratification of agroforestry in the European Union*. *Agroforestry Systems*, 91, 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. (2011). *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. Éditions France Agricole.

FRAIXEDAS, S.; LINDÉN, A.; PIHA, M.; CABEZA, M.; GREGORY, R.; LEHIKONEN, A. (2020). «A state-of-the-art review on birds as indicators of biodiversity: Advances, challenges, and future directions». *Ecological Indicators*, 118, 106728. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106728>.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R.; et al. (2013). «Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance». *Science*, 339(6127), 1608-1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>.

GIBBS, S.; KOBLENTS, H.; COLEMAN, B. et al. «Avian diversity in a temperate tree-based intercropping system from inception to now». *Agroforest Syst* 90, 905-916 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9901-7>.

GREGORY, R. D.; NOBLE, D. G.; FIELD, R.; MARCHANT, J. H.; RAVEN, M.; GIBBONS, D. W. (2003). «Using birds as indicators of biodiversity». *Ornis Hungarica*, 12, 11-24.

GUERRERO, I.; BIELZA, M.; DIAZ-CANEJA, M.; ANGILERI, V.; ASSOULINE M.; BOSCO, S.; CATARINO, R.; CHEN, M.; KOEBLE, R.; LINDNER, S.; MAKOWSKI, D.; et al. (2024). *Quantifying the impact of sustainable farming practices on environment and climate. Greenhouse gas emissions, carbon sequestration and nutrient loss data from meta-analysis*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

JOSE, S. (2009). «Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview». *Agroforestry Systems*, 76, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>.

KLETTY, F.; ROZAN, A.; HABOLD, C. (2023). «Biodiversity in temperate silvoarable systems: A systematic review». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 351, 108480.

KREMEN, C.; MILES, A. (2012). «Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs». *Ecology and Society*, 17(4), 40. <https://doi.org/10.5751/ES-05035-170440>.

LAWSON, G.; MURARU, C.; BERTOMEU, M.; CORBACHO, J. 2024. «Defining forests and agroforests in the EU (Version 5)». *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14161921>.

MARSHALL, E. J. P.; MOONEN, A. C. (2002). «Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89(1-2), 5-21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00315-2).

MORENO, G.; DUPRAZ, C.; PALMA, J. H. N.; *et al.* (2015). «Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of ecosystem services and biodiversity». A: *Agroforestry - The Future of Land Use* (AGFORWARD Project).

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; McADAM, J. H.; ROMERO-FRANCO, R.; SANTIAGO-FREIJANES, J. J.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. (2009). «Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe». A: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; McADAM, J.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. (eds.) *Agroforestry in Europe. Advances in Agroforestry*, vol 6. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_1.

MUPEPELE, A. C.; KELLER, M. I DORMANN, C. F. (2021). «European agroforestry has no unequivocal effect on biodiversity: a time-cumulative meta-analysis». *BMC Ecol Evo* 21, 193. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01911-9>.

PARDON, P.; REHEUL, D.; MERTENS, J.; REUBENS, B.; DE FRENNE, P.; DE SMEDT, P.; PROESMANS, W.; VAN VOOREN, L.; VERHEYEN, K. (2019). «Gradients in Abundance and Diversity of Ground Dwelling Arthropods as a Function of Distance to Tree Rows in Temperate Arable Agroforestry Systems». *Agric. Ecosyst. Environ.*, 270-271, 114-128.

PARDON, P., MERTENS, J., REUBENS, B., REHEUL, D., COUSSEMENT, T., ELSSEN, A., NELISSEN, V., VERHEYEN, K. (2020). «Juglans regia (walnut) in temperate arable agroforestry systems: effects on soil characteristics, arthropod diversity and crop yield». *Renewable Agriculture and Food Systems* 35, 533-549. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000176>.

PENG, R. K.; INCOLL, L. D.; SUTTON, S. L.; WRIGHT, C.; CHADWICK, A. (1993). «Diversity of airborne arthropods in a silvoarable agroforestry system». *J. Appl. Ecol.* 30:55162.

TORRALBA, M.; FAGERHOLM, N.; BURGESS, P. J.; MORENO, G.; PLIENINGER, T. (2016). «Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.

- PLEXIDA, S.; SOLOMOU, A.; POIRAZIDIS, K.; SFOUGARIS, A. (2018). «Factors affecting biodiversity in agrosylvopastoral ecosystems with in the Mediterranean Basin: a systematic review». *Journal of Arid Environments*, 151, 125-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.11.017>.
- PLIENINGER, T.; HARTEL, T.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; BEAUFOY, G.; BERGMEIER, E.; KIRBY, K.; MONTERO, M. J.; MORENO, G.; OTEROS-ROZAS, E.; VAN UYTVANCK, J. (2015). «Wood- pastures of Europe: geographic coverage, social-ecological values, conservation management, and policy implications». *Biological Conservation*, 190, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.014>.
- SMITH L. G.; WESTAWAY S.; MULLENDER B. B.; GHALEY B. B.; XU Y.; LEHMANN L. M.; et al. (2022). «Assessing the multidimensional elements of sustainability in European agroforestry systems». *Agricultural Systems*, 197:103357.
- STATON, T.; WALTERS, R. J.; SMITH, J.; BREEZE, T. D.; GIRLING, R. D. (2021). «Evaluating a trait-based approach to compare natural enemy and pest communities in agroforestry vs. arable systems». *Ecological Applications*, 31(4), e02294. <https://doi.org/10.1002/eap.2294>.
- STATON, T.; BREEZE, T. D.; WALTERS, R. J.; SMITH, J.; GIRLING, R. D. (2022a). *Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. Ecological Economics*, 191:107214.
- STATON, T.; WALTERS, R. J.; BREEZE, T. D.; SMITH, J.; GIRLING, R. D. (2022b). «Niche complementarity drives increases in pollinator functional diversity in diversified agroforestry systems». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 336, 108035. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108035>.
- TUNEU-CORRAL, C.; PUIG-MONTSERRAT, X.; RIBA-BERTOLÍN, D.; RUSSO, D.; REBELO, H.; CABEZA, M.; LÓPEZ-BAUCELLS, A. (2023). «Pest suppression by bats and management strategies to favour it: a global review». *Biological Reviews*, 98, 1564-1582. <https://doi.org/10.1111/brv.12967>.
- VAN VOOREN, L.; REUBENS, B.; BROEKX, S.; DE FRENNE, P.; NELISSEN, V.; PARDON, P.; VERHEYEN, K. (2017). «Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 244:32-51.
- VEEN, P.; JEFFERSON, R.; DE SMIDT, J.; VAN DER STRAATEN, J. (2009). *Grasslands in Europe of High Nature Value*. KNNV Publishing, Zeist.
- VERHULST, J.; BÁLDI, A.; KLEIJN, D. (2004). «Relationship between land-use intensity and species richness and abundance of birds in Hungary». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 465-473. doi:10.1016/j.agee.2004.01.043.

Aquest manual forma part de les publicacions tècniques elaborades en el marc del projecte LIFE AgroForAdapt (2021-2026-<https://agroforadapt.eu>). L'objectiu del projecte és promoure els sistemes agroforestals com a eina d'adaptació al canvi climàtic i de millora de la viabilitat econòmica i ambiental del sector agrícola, ramader i forestal en la zona mediterrània. En el projecte es defineix sistema agroforestal com la pràctica de combinar deliberadament vegetació llenyosa (arbres o arbustos) amb sistemes agrícoles i/o ramaders per generar beneficis a partir de les seves interaccions ecològiques i econòmiques. Almenys un 5% de la superfície del sistema està ocupat per les capçades de la vegetació llenyosa quan assoleix el ple desenvolupament, i almenys un terç de la superfície ho està pel component agrícola i/o ramader.

En particular, el present manual es centra en els efectes dels sistemes silvoarables (combinació de vegetació llenyosa amb sistemes agrícoles) sobre la biodiversitat. S'ha concebut com un document tècnic i divulgatiu destinat a professionals, personal tècnic i gestors de finques, com també a responsables de polítiques agràries i ambientals.

Així, recull coneixements científics i experiències pràctiques del projecte LIFE AgroForAdapt, i alhora ofereix criteris de disseny, gestió i seguiment orientats a afavorir la biodiversitat en aquesta mena de sistemes.

Socis del projecte LIFE AgroForAdapt



Entitats co-financadores del projecte



El projecte LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682) està cofinançat pel programa LIFE de la Unió Europea. Les opinions i els punts de vista expressats són, però, només dels autors i no reflecteixen necessàriament els de la Unió Europea ni els de CINEA. Ni la Unió Europea ni l'autoritat concedent se'n poden considerar responsables.



Cofinançat per
la Unió Europea