Cobertes vegetals en vinya

Implicacions agronòmiques i mediambientals

Jordi Recasens, Carlos Cabrera i Bàrbara Baraibar

Cobertes vegetals en vinya

Implicacions agronòmiques i mediambientals

Jordi Recasens, Carlos Cabrera i Bàrbara Baraibar

Grup de Recerca de Malherbologia i Ecologia Vegetal

Universitat de Lleida

Edicions de la Universitat de Lleida, 2023
Maquetació: Edicions i Publicacions de la Universitat de Lleida
Fotografies: Jordi Recasens

ISBN 978-84-9144-420-6

DOI 10.21001/cobertes_vegetals_en _vinya.2023

Índex

1. Introducció: el cultiu de la vinya 9

2. Canvis en el maneig del sòl 11

3. Les cobertes vegetals 19

3.1. Tipologia de cobertes 25

3.2. Finalització de la coberta 40

4. Efecte de les cobertes en el vigor i el rendiment del cultiu 45

4.1. Noves tècniques de mesura del vigor 46

5. On s'emmarquen les cobertes vegetals des d'una perspectiva global? 49

5.1. Cobertes vegetals i viticultura regenerativa 49

5.2. Les cobertes vegetals com a mesura agroambiental en la nova PAC 2023-2027 51

5.3. El maneig de cobertes en vinya i els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) 53

Conclusions 57

Referències bibliogràfiques 59

Aquesta monografia constitueix una revisió bibliogràfica sobre l'ús de cobertes vegetals en vinya, en què se'n destaquen els beneficis agronòmics i mediambientals, així com les limitacions i els condicionants associats a la seva implementació.

Per a la seva elaboració s'aporten, entre d'altres, resultats dels projectes desenvolupats pel Grup de Recerca de Malherbologia i Ecologia Vegetal de la Universitat de Lleida dins de les convocatòries següents: Agencia Estatal de Investigación i Fons Europeus de Desenvolupament Rural (FEDER)(Projectes PID2020-113229RB-C42, AGL2014-52465-C4-2-R, AGL2017-83325-C4-2R i TED2021-130138A-100); Convocatòria de Projectes RIS3CAT-COTPA; Convocatòria de Grups Operatius del Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca, Convocatòria Interreg Sudoe Projecte COPPEREPLACE, i projecte COCEDER del Ministerio de Transición Ecológica, així com resultats obtinguts d'assajos realitzats en convenis específics amb els cellers i les empreses següents: Celler Raimat; Raventós Codorníu; Alrasa Agraria, SL; Ana-Tere, SA; Don Jesús, SA; ADV Raimat; Jean Leon; Família Torres; L'Olivera Cooperativa; ADV Ecològica de Ponent, i Lab-Ferrer.

Jordi Recasens és catedràtic de Botànica Agrícola i Malherbologia de la Universitat de Lleida; Carlos Cabrera ha gaudit d'un contracte predoctoral (2018-2022) per part de la Universitat de Lleida. Bàrbara Baraibar és investigadora del programa postdoctoral Beatriu de Pinós de la Secretaria d'Universitats i Recerca, Departament d'Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya (2019 BP 00142) finançat pel programa R+I Horizon 2020 de la UE.

Volem expressar el nostre agraïment a Pau Moragas, enginyer agrònom i responsable de producció de la Cooperativa L'Olivera de Vallbona de les Monges per la revisió tècnica que, com a expert viticultor, ha realitzat d'aquest document. També volem agrair al professor Àlex Escolà, del Grup de Recerca d'Agricultura de Precisió de la Universitat de Lleida, la revisió dels continguts exposats sobre la tecnologia LiDAR i que el seu grup ha portat a terme en els nostres assajos experimentals.

D'altres treballs i publicacions del grup del Grup de Recerca de Malherbologia i Ecologia Vegetal es poden trobar a la web següent: www.grem.udl.cat o contactant al correu: jordi.recasens@udl.cat

Lleida, abril 2023

1. Introducció: el cultiu de la vinya

La vinya (*Vitis vinifera*) ha esdevingut un cultiu amb una important transcendència històrica, agronòmica, cultural i social a la regió mediterrània. L'inici del seu cultiu a la part més occidental del Mediterrani se situa entre els segles IX i VII aC (Echevarría i Vera-Rodríguez, 2015; Puiggròs 2018) i el seu maneig ha anat evolucionant amb el temps. En l'actualitat, manté un posicionament important quant a extensió i mercat a escala europea, amb prop de 3,7 milions d'hectàrees, en què Espanya (26%), França (21%) i Itàlia (19%) són els països amb més superfície de cultiu (OIV, 2020). El sector vitivinícola a Espanya ha mostrat una profunda evolució el darrer segle obligada per la seva adaptació als canvis actuals en la demanda de vi. L'activitat vitivinícola (incloent-hi la viticultura, l'elaboració del vi i la seva comercialització) genera un valor afegit brut (VAB) total superior als 23.700 milions d'euros anuals, equivalents al 2,2% del VAB nacional. En concret, la contribució directa del sector se situa per sobre dels 11.600 milions d'euros (OIVE, 2020). A més, el vi esdevé un element identificador amb el territori, i especialment amb les diferents denominacions d'origen on es produeix, i ha arribat a convertir-se en un exponent entre cultura i societat. A Espanya, la producció de vi se situa l'any 2022 en 40,9 milions d'hectolitres (fig. 1), una xifra lleugerament per sobre de la mitjana de producció dels darrers 10 anys (MAPA-INFOVI, 2022; CECRV, 2022).

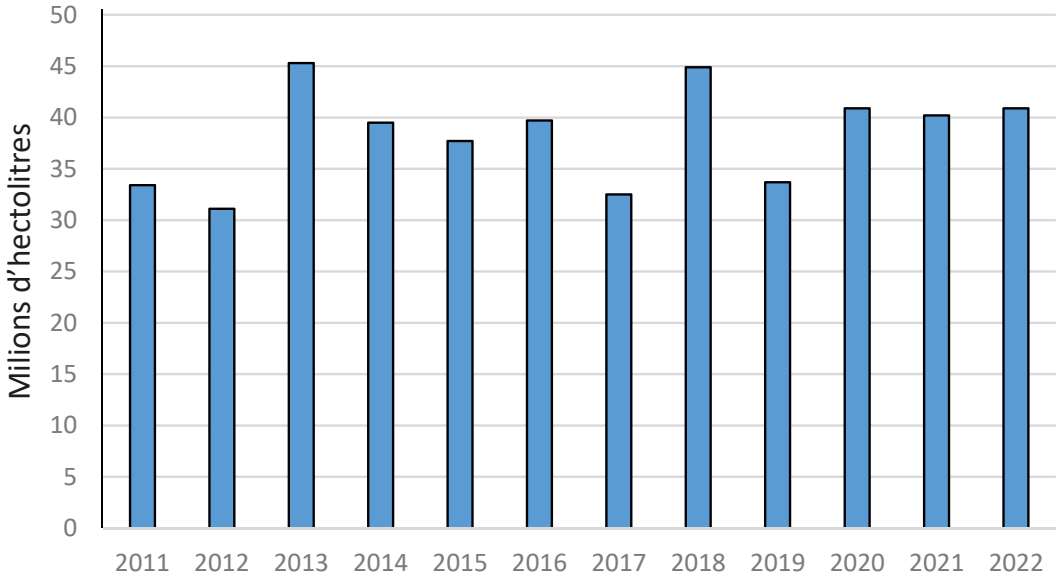

Figura 1. Volum de vi produït a Espanya els darrers anys (Font: CECRV, 2022).

No obstant, l'escenari de la viticultura actual no és aliena a canvis importants i singulars, entre els quals destaquen els efectes del canvi climàtic que imposen unes condicions cada cop més adverses per al cultiu atès que la qualitat i el volum del vi es poden veure afectats per la situació d'emergència climàtica vigent i alhora pot fer modificar les expectatives de producció (Van Leeuwen, 2019). Avui dia, el canvi climàtic suposa l'amenaça més gran a què s'enfronta el sector, un fet ja vaticinat fa uns anys per Jones i Webb (2010) i Schultz i Jones (2010). A Espanya, el 60% de la superfície cultivada es troba en terrenys de secà (MAPA-ESYRCE, 2022) i es caracteritza per una important variació interanual com a conseqüència de la forta dependència de la pluviometria. La regió mediterrània, on hi ha la major part de les vinyes d'Europa, està classificada com una àrea crítica davant el canvi climàtic, raó per la qual l'impacte en el sector vitivinícola pot ser realment agressiu (Giorgi, 2006; Van Leeuwen, 2019).

A la taula 1, es mostra el nombre d'hectàrees de vinya en secà i en regadiu en diferents comunitats autònomes de l'Estat espanyol. Pel que fa a Catalunya, un 84,4% (47.947 ha) de les terres destinades a vinya són de secà i un 15,6% (8.891 ha), de regadiu.

Taula 1. Hectàrees de vinya de secà i regadiu en diferents comunitats autònomes (Font: MAPA-ESYRCE, 2022)

Comunitat autònoma	Superfície				
	Secà		Regadiu		Total
	ha	%	ha	%	
Andalusia	19.502	3,6	1.993	0,5	21.495
Aragó	23.516	4,3	12.218	3,2	35.734
Astúries	3	0	0	0	3
Castella – La Manxa	220.416	40,2	232.674	60,7	453.090
Castellà - Lleó	48.549	8,9	26.579	6,9	75.128
Cantabria	21	0	0	0	21
CATALUNYA	47.947	8,7	8.891	2,3	56.838
C. Valenciana	39.451	7,2	18.877	4,9	58.328
Extremadura	50.721	9,3	32.027	8,4	82.748
Galicia	23.473	4,3	1.567	0,4	25.040
Illes Balears	507	0,1	2.507	0,7	3.014
Illes Canàries	4.487	0,8	3.179	0,8	7.666
Madrid	8.036	1,5	642	0,2	8.678
Murcia	13.797	2,5	5.200	1,4	18.997
Navarra	7.320	1,3	11.331	3,0	18.651
País Basc	11.683	2,1	1.647	0,4	13.330
Rioja	28.806	5,3	24.000	6,3	52.806
Total	548.235	100	383.332	100	931.567

2. Canvis en el maneig del sòl

En la darrera dècada del segle XX, el cultiu de la vinya ha sofert uns canvis profunds que han implicat una transformació molt important associada a la seva modernització. Així, els darrers 30-40 anys, destaquen com a més singulars: a) la millora del cultiu mitjançant plantacions en zones no només marginals, sinó també sobre terrenys més fèrtils amb l'ajut de tècniques de reg o de fertirrigació; b) la modificació del sistema de conducció, que passa de les configuracions tradicionals en vas a la implementació a gran escala de plantacions en espatllera; c) l'ús de material vegetal de tipus clonal i lliure de virosi, i d) la mecanització de les tasques de cultiu (Resco, 2015).

Un fet nou d'aquests darrers anys ha estat el tipus de maneig del sòl. De manera tradicional, les labors han estat les pràctiques més usuals, i encara avui dia ho són (fig. 2 i 3). Un dels principals objectius és mantenir el sòl lliure de males herbes per evitar la seva competència amb la vinya en aigua i nutrients. Aquesta és una pràctica ben arrelada en vinyes de secà, en terrenys pobres i sovint marginals, però també en zones de cultiu més productives i de tradició vitivinícola. Aquestes labors del sòl, en profunditat o en superfície, a part de mantenir l'espai net de males herbes, permet incorporar adobs, forçar un arrelament de la vinya més profund, facilitar la infiltració d'aigua i l'aeració del sòl (Ibáñez, 2015).

Figura 2. Vinya llaurada a finals d'hivern.

Figura 3. Vinya llaurada a finals de tardor.

Figura 4. Cultivador entre vinyes.

El nombre de labors depèn, principalment, del règim climàtic i de la densitat de vegetació que s'hi desenvolupi. Se solen distingir entre labors d'hivern, d'estiu i de tardor (Hidalgo, 2002; Salazar i Melgarejo, 2005; ID-David, 2022). Les labors d'hivern, a part d'eliminar la flora desenvolupada a la tardor o a l'hivern, ajuden a millorar la infiltració d'aigua i s'utilitzen també per incorporar adobs. De vegades són labors profundes fetes amb arreu de pales (vertadera) que enterren les males herbes. Les labors durant el període actiu de les vinyes (primavera i estiu) s'efectuen de manera preferent per arrencar les males herbes i evitar la seva competència amb el cultiu, i s'acostumen a realitzar amb aparells de poca profunditat (10-15 cm), com ara grades o cultivadors (fig. 4). Les labors de tardor, quan es practiquen, es fan per reduir la compactació produïda durant la campanya. Aquestes labors poden ser fetes de nou amb estris a certa profunditat (20-25 cm) o amb subsolador, i, a part de la descompactació, es realitzen també per rejovenir el sistema radicular i crear noves arrels a les extremitats prop del tronc. Quan es fan, sol ser a l'octubre o novembre i en carrers alterns perquè hi hagi temps per a la regeneració primaveral del nou sistema radicular. L'any següent s'alternen els carrers. D'altra banda, sota les files de la vinya, les labors amb equips amb acció intercep (anomenats per aquesta raó "intercep") es poden fer amb estris molt diversos, com ara els de fulla, rotatoris amb dents o pues, d'estrella, etc. (fig. 5, 6 i 7). La seva eficàcia variarà segons el tipus del sòl i la possible pedregositat existent.

Llaurar el sòl és una pràctica eficaç per al control de les males herbes (Steenwerth i Guerra, 2012), però la seva recurrència al llarg de l'any pot provocar alguns problemes. Les labors fan pujar a la superfície noves llavors que, combinades amb l'increment de la mineralització del nitrogen del sòl per efecte de l'aeració, acaben incrementant els

Figura 5. Intercep de fulla.

Figura 6. Intercep giratori amb pues.

Figura 7. Intercep d'estrella.

fluxos d'emergència de males herbes (Bàrberi, 2002). Per tant, les labors dels carrers, com les passades d'intercep sota la fila, configuren un escenari amb conseqüències serioses i negatives per al sistema. La recurrent remoció del sòl incrementa el risc d'erosió i de pèrdua de sòl fèrtil (Glover et al., 2000), empobreix l'estructura del sòl, crea una sola de labor (Abad et al., 2021a), redueix el contingut de matèria orgànica (Smith et al., 2008) i altera la composició de microorganismes (Virto et al., 2012). A més, l'agressivitat d'aquesta tècnica pot arribar a afectar negativament els ceps (Prosdocimi et al., 2016), sobretot als més joves, ja que redueix la presència d'arrels superficials (Lanini et al., 2011, Smart et al., 2006). Finalment, hem d'afegir-hi l'elevat consum de combustible que comporta i que alhora genera el doble d'empremta de carboni que l'ús de pesticides o fertilitzants (Jradi et al., 2018).

Paral·lelament, a meitats del segle XX, l'aparició dels herbicides de síntesi va comportar un canvi qualitatiu quant a les tasques de maneig del sòl a les vinyes. La facilitat d'aplicar-los, el baix cost i l'alta eficàcia a l'hora de controlar males herbes van substituir, en gran mesura, les labors del sòl. Amb herbicides es poden fer aplicacions a tota la parcel·la, però resulta més econòmic i dirigit fer l'aplicació només sobre els rodals d'herba (fig. 8 i 9); a més, seguint els principis de l'agricultura de precisió, es poden portar a terme fins i tot aplicacions localitzades a partir del mapa d'infestació obtingut per imatges aèries (Jiménez-Brenes et al., 2019). Però de manera més singular, aquesta estratègia ha permès en moltes zones un canvi qualitatiu en el maneig de les vinyes: fer l'aplicació d'herbicides exclusivament sota la línia del cultiu acompanyada d'un manteniment de la vegetació espontània als carrers (fig. 10). Aquest control de l'herba als carrers s'efectua mitjançant passades freqüents de picadora, una tècnica que permet mantenir la presència de vegetació a un nivell baix de desenvolupament sense pertorbar el sòl (Valencia-Gredilla et al., 2020). Una darrera opció per evitar l'ús d'herbicides és la combinació d'aquestes passades de picadora pels carrers amb la passada d'intercep sota les files (fig. 11).

Figura 8. Aplicació d'herbicides al carrer.

Figura 9. Detall de la barra d'aplicació.

En alguns casos, sota les files de la vinya es porta a terme el control de la vegetació amb passades de segadora de discos (fig. 12), una estratègia menys agressiva per al sòl, però, atès que és menys eficaç que l'intercep, requereix de més recurrència de passades i alhora és més dependent de l'estat de desenvolupament de la vegetació al llarg de la campanya.

El control mecànic amb picadora pels carrers no està exempt de riscos. Segons les espècies de males herbes presents al carrer, la seva contenció se'n pot veure limitada. En espècies amb alta capacitat de propagació vegetativa, com la calcida (*Cirsium arvense*) (fig. 13 i 14) o el gram (*Cynodon dactylon*) (fig. 15, 16 i 17), la pertorbació mecànica

amb picadora no en limita l'expansió de rizomes, estolons o arrels de propagació, ans al contrari, pot activar noves gemmes de desenvolupament on destinar-hi els assimilats i afavorir-ne l'expansió.

Figura 10. Efecte de l'aplicació d'herbicida sota la fila i de la passada de picadora pel carrer.

Figura 11. Passada de picadora pel carrer. Sota les files, s'hi ha passat l'intercep.

Figura 12. Control de la vegetació del carrer amb picadora i sota les files, amb segadora de discos.

Figura 13. Rosetes de propagació de calcida (*Cirsium arvense*).

Figura 14. Capítols florals de calcida.

Quant a l'aplicació d'herbicides sota la línia del cultiu, se sol fer amb aplicacions en postemergència a base de glifosat, però també es fan aplicacions, en premergència o postemergència precoç, d'altres matèries actives com flazasulfuron, oxifluorfen o diflufenican, tant soles com en barreja (Recasens et al., 2018). Segons l'emergència i el desenvolupament de males herbes, se solen realitzar dos aplicacions al llarg de la campanya, o fins i tot més, sobretot si es disposa de reg per degoteig, ja que l'emergència d'herba serà més contínua. En aquesta situació, com en altres cultius llenyosos, com ara fruiters, oliveres o cítrics, l'aplicació freqüent d'herbicides, i de manera especial la de matèries actives amb un mateix mecanisme d'acció, ha arribat a causar la selecció

de biotips de males herbes amb gens de resistència. Aquest fet ha estat verificat en espècies del gènere *Conyza* (fig. 18 i 19) en vinyes convencionals a Catalunya (Cabrera-Pérez et al., 2022a) i en altres cultius llenyosos d'altres zones de l'Estat (Urbano et al., 2007). Davant aquests casos, cal recórrer a matèries actives amb diferents mecanismes d'acció o usar mètodes mecànics (Recasens et al., 2021).

Figura 15. Infestació de gram (*Cynodon dactylon*).

Figura 16. Estolons de gram.

Figura 17. Inflorescència de gram.

Figura 18. Infestació de *Conyza bonariensis*.

Figura 19. *Conyza bonariensis* a la línia de vinya.

En vinyes ecològiques, en canvi, per al control de les males herbes hi continua havent una clara dependència de les labors del sòl, tant als carrers com sota les files. En aquests escenaris, com és obvi, no s'apliquen herbicides de síntesi ni tampoc hi estan autoritzades altres substàncies químiques que puguin tenir un efecte herbicida, encara que siguin d'origen natural (Reglament UE 218/848). Malgrat aquestes restriccions, alguns estudis han verificat l'efecte de diferents substàncies naturals, com àcid acètic, metabisulfit potàssic o barreges d'àcid fúlvic i húmic en el control de certes males

herbes com *Conyza bonariensis* (Cabrera-Pérez et al., 2022a). No obstant això, mentre que els resultats obtinguts han estat molt eficaços en condicions controlades, com ara en placa de Petri o en hivernacle, no se n'han obtingut uns resultats similars en condicions de camp —sota les files de la vinya—, atès el flux continu d'emergències de males herbes i la desigual fenologia de les plàntules de la població, i, per tant, se n'ha obtingut una resposta molt desigual davant la matèria activa emprada. En qualsevol cas, en vinyes ecològiques, per al control de males herbes es continua mantenint com a estratègia principal la realització de labors del sòl, en general, mitjançant passades de grada o cultivadors pel carrer i d'intercep sota les files.

D'altra banda, en vinyes ecològiques, la freqüència de realització de labors es veu associada a l'augment de la superfície de cultiu amb aquesta certificació. A Espanya, l'any 2021 la superfície de vinya ecològica era de 142.176 ha, una xifra equivalent al 15% del total de superfície de vinya (MAPA 2022). Catalunya és la segona comunitat autònoma de l'Estat amb més percentatge de vinya ecològica, amb gairebé un 48% (27.161 ha) del total de superfície de vinya (56.838 ha), amb un increment, l'any 2021, de 3.400 ha respecte al 2020 (CCPAE, 2022). Aquest increment també s'ha donat a la DO Costers del Segre, que engloba les vinyes de la demarcació de Lleida, on la superfície de vinya ecològica l'any 2021 era de 2.614 ha (un 55%) del total de 4.712 ha (fig. 20). Aquests increments ens obliguen a recordar que el maneig del sòl en aquestes superfícies és i serà —de moment—, majoritàriament depenent de les labors. A més, dins l'agenda del MAPA, quant a producció ecològica (MAPA, 2022), es pretén que la superfície de vinya ecològica a Espanya sigui del 25% per a l'any 2030. Es presenta aquí on escenari que obliga a cercar solucions de compromís dins el balanç entre els beneficis de la producció ecològica i els riscos derivats del tipus de maneig del sòl.

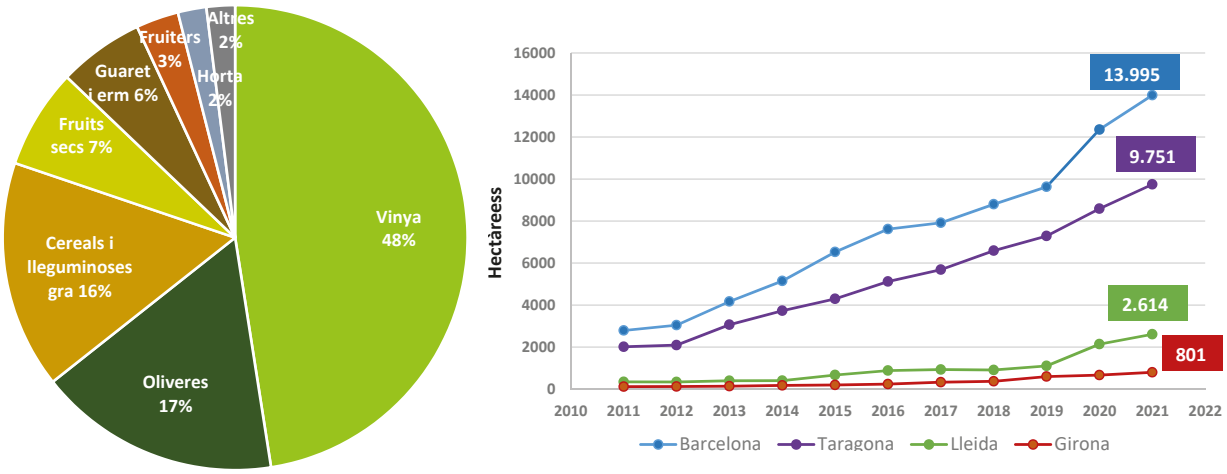

Figura 20. Esquerra: tipus de cultius en agricultura ecològica a Catalunya l'any 2021. Dreta: Evolució del cultiu de vinya en agricultura ecològica en el període 2011-2021 a Catalunya (Font: CCPAE [2022]).

3. Les cobertes vegetals

Des de fa uns anys, en el cultiu de la vinya les circumstàncies que han justificat la realització de labors han deixat de tenir una clara prioritat, i com a alternativa ha agafat protagonisme l'establiment de cobertes vegetals per mantenir el sòl (Giralt et al., 2011, Ibáñez, 2015). Si es tracta de cobertes sembrades, aquesta opció ha estat més freqüent en vinyes de regadiu que de secà, però si és en cobertes espontànies, han estat, curiosament, majoritàries en vinyes de secà (fig. 21). Aquest fet reflecteix una clara tendència vers la sembra de cobertes quan es té una infraestructura que atenua el possible efecte competitiu de les cobertes, com és el reg.

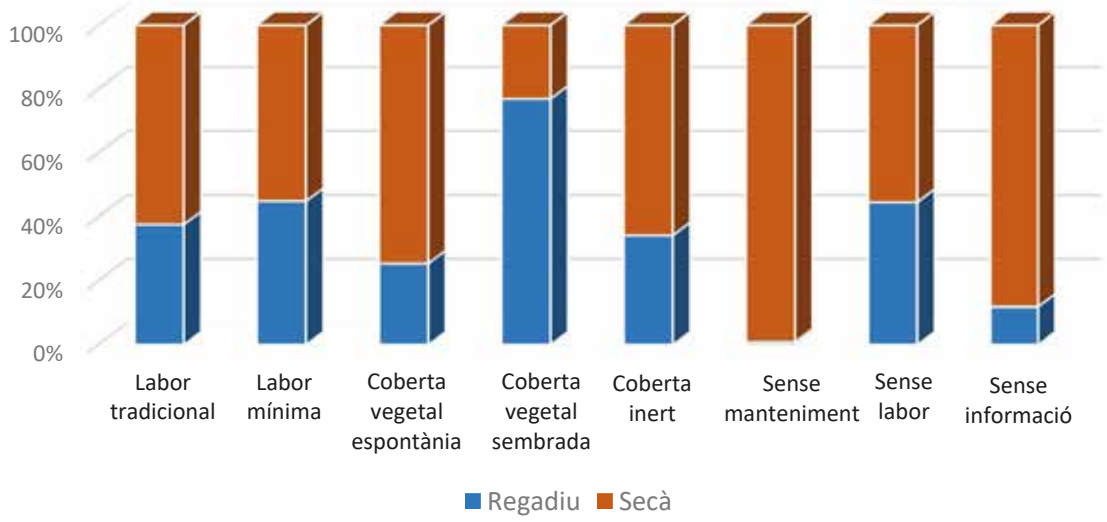

Figura 21. Percentatge de superfície de vinya a Espanya, en regadiu i en secà, en funció del tipus de maneig del sòl (Font: MAPA-ESYRCE 2019).

A la taula 2, es mostren dades, corresponents a la campanya 2019, dels diferents tipus de maneig del sòl en les plantacions de vinya a Espanya. Es pot observar com la labor del sòl (mínima o tradicional) és la pràctica més freqüent en més del 90% de la superfície de vinya de l'Estat.

La implementació de cobertes vegetals en vinyes (fig. 22 i 23) és una tècnica de maneig del sòl que s'ha vist incrementada de manera significativa a escala mundial els darrers anys (Abad et al., 2021a; Bavougian i Read, 2018; Ball et al., 2020), fins i tot

en zones on el règim de pluges constitueix una forta limitació (Gómez et al., 2011). Aquesta tendència vers l'establiment de cobertes posa en relleu la necessitat de saber quines són les seves característiques i establir, per a cada situació en concret, un balanç adequat entre els beneficis esperats i els possibles perjudicis associats. I és precisament en aquest punt on cal tenir present la diversitat d'opcions d'allò que anomenem "coberta vegetal" (Abad et al., 2021a). La Soil Science Society of America (SSSA, 2023) defineix el terme *cover crop* ("coberta vegetal"): "Una coberta vegetal és un cultiu dens que protegeix i millora el sòl i que s'acostuma a instal·lar entre períodes productius d'altres cultius o entre els arbres en les plantacions de fruiters o entre les línies dels ceps, en vinyes". Aquesta definició és amplia i engloba el paper dels cultius coberta establerts en rotació amb cultius extensius, així com les cobertes vegetals que se sembren entre les files dels cultius llenyosos, com en el cas de les vinyes. Una definició més pròxima és la que recull EVENA (2012): "Una coberta vegetal viva és una tècnica que consisteix a mantenir amb herba el sòl del cultiu, ja sigui deixant créixer la vegetació natural o bé sembrant una espècie vegetal amb aquesta finalitat."

Taula 2. Tècniques de manteniment del sòl en vinya a Espanya. Dades de l'any 2019 (Font: MAPA-ESYRCE 2019)

Tècniques de manteniment del sòl	Superfície (ha)	Superfície (%)
Labor tradicional	239.460	25,1
Labor mínima	625.560	65,7
Sense labor	2.879	0,3
Coberta vegetal espontània	43.344	4,5
Coberta vegetal sembrada	1.567	0,2
Coberta inert	1.977	0,2
Sense manteniment	37.228	3,9
Sense informació	814	0,1
Total	952.829	100

L'establiment de cobertes vegetals com a alternativa a les labors del sòl estarien justificades per les següents raons (Abad et al., 2021a i 2021b; Giralt, 2011; Ibáñez, 2015; MAPA 2013):

1. Necessitat d'evitar l'erosió del sòl: la capa superficial del sòl és la més fèrtil i, al mateix temps, la més afectada per processos d'erosió, tant hídrics com eòlics. La falta de protecció de la superfície del sòl n'incrementa el risc de pèrdua. A més, les labors acceleren els processos de degradació de la matèria orgànica, un dels principals agents estructurals del sòl.

2. Tolerància a una possible presència d'herba: la presència de vinyes en terrenys amb sòls més fèrtils, l'ús de sistemes de reg i les limitacions de rendiment establertes en molts consells reguladors fan que no sigui necessari eliminar completament la vege-

Figura 22. Sembra d'una coberta.

Figura 23. Coberta espontània.

tació, i fins i tot en zones on es vol mantenir el sòl nu el maneig pot ser menys dràstic de cara a l'eliminació de les males herbes.

3. Demanda social a l'hora de reduir l'ús d'herbicides: aquesta visió social està molt estesa i condiciona el sistema de producció de molts cultius. La seva exclusió en el cultiu de la vinya és on més arrelament i projecció ha tingut, tant des del punt de vista agronòmic com social.

4. Valor de la biodiversitat dels sistemes agrícoles: en la recerca d'un compromís per poder harmonitzar producció i sostenibilitat, la integració d'elements i infraestructures ecològiques en els sistemes agrícoles ha tingut un auge molt significatiu. En vinyes, la implementació de cobertes vegetals ajuda a anar en aquesta direcció.

Malgrat els beneficis exposats, la implementació de cobertes vegetals és encara minoritària en les vinyes a Espanya. Només un 4,7 % de la superfície de vinya del país té cobertes vegetals (MAPA-ESYRCE, 2019) (taula 2).

En qualsevol cas, diversos treballs han demostrat els beneficis agronòmics i mediambientals que la presència d'una coberta vegetal aporta al sòl (Ibáñez, 2015). Aquests avantatges es veuen reflectits en un significatiu increment de matèria orgànica amb la sembra de poàcies (també anomenades gramínies), fabàcies (conegudes també com a lleguminoses) o fins i tot amb la flora espontània (Mattii et al., 2005). Com a conseqüència, l'estructura del sòl millora i disminueix l'erosió (Virto et al., 2012; Vrsic et al., 2011). En aquest sentit, en un estudi realitzat en vinyes de La Rioja alabesa (Pérez-Parmo, 2022), s'han estimat pèrdues de sòl per erosió de 17,9 tones per hectàrea i any en sòls sotmesos a labor davant les 2,1 tones per hectàrea i any en sòls amb cobertes espontànies. Aquest maneig esdevé de gran interès en el clima mediterrani davant les pluges torrencials que comporten la pèrdua de sòl fèrtil per escorrentia (fig. 24 i 25) i pel fet que les cobertes ajuden a la infiltració d'aigua i a evitar l'erosió (Kosmas et al., 1997). També és significatiu verificar que la presència de cobertes permet passar maquinària després d'episodis de pluges (Ovalle et al., 2007). Igualment, la presència de cobertes incrementa la biodiversitat, tant la del bioma del sòl com la de les poblacions d'artròpodes (Abad et al., 2021a). I un aspecte no menys rellevant és el fet que amb un maneig adequat de la coberta s'afavoreix el manteniment d'un balanç òptim entre el desenvolupament vegetatiu dels ceps i el desenvolupament del raïm mitjançant el control d'un possible excés de vigor dels pàmpols (Abad et al., 2021b), i, alhora, des del punt de vista fitosanitari, permet reduir els riscos d'atacs de patògens mitjançant un millor microclima del raïm (Valdés-Gómez et al., 2008).

Cal afegir també que la implantació d'una coberta vegetal a les vinyes permet exercir pressió sobre males herbes, especialment sobre aquelles que esdevenen més infestants, ja sigui mitjançant un efecte de competència per recursos o creant un efecte d'ombreig que dificulti l'emergència primaveral de determinades espècies (Fernando i Shrestha, 2023). En aquesta línia, Valencia-Gredilla et al. (2020) han demostrat l'efecte inhibidor de la presència d'una coberta d'ordi (*Hordeum vulgare)* sembrada en vinyes en regadiu sobre l'expansió vegetativa del gram (*Cynodon dactylon*), fins i tot amb una eficàcia més elevada que amb la utilització d'herbicides (fig. 26).

En vinyes de secà també s'ha demostrat que en lloc de realitzar labors freqüents als carrers (fig. 27), es pot mantenir un recobriment molt baix de males herbes i establir una coberta vegetal d'ordi o de raigràs (*Lolium multiflorum*) (fig. 28) (Recasens, et al., 2022).

Les cobertes també poden tenir un efecte inhibidor de la presència de males herbes per l'alliberament d'exsudats de fulles i rels i la seva posterior descomposició. En condicions *in vitro*, s'ha verificat que exsudats de diferents espècies, d'interès com a cobertes vegetals, com *Hordeum murinum*, *Hordeum vulgare*, *Festuca arundinacea*, *Bromus*

Figura 24. Erosió del sòl d'una vinya per escorrentia.

Figura 25. Danys en ceps joves causats per l'escorrentia
després d'un període de pluges.

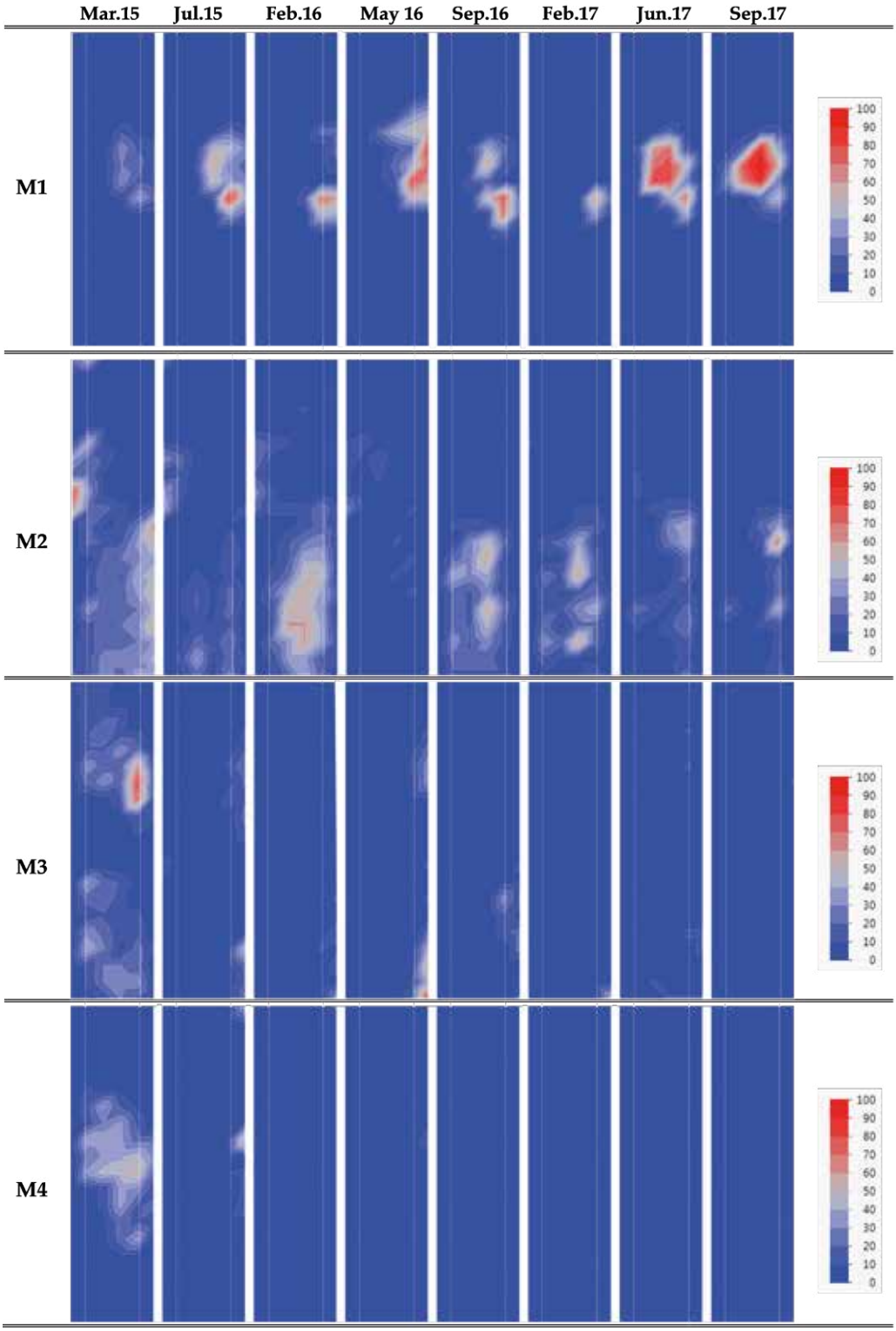

Fig. 26. Evolució al llarg de diferents dates de mostreig d'una infestació de *Cynodon dactylon* (valors en percentatge de sòl cobert) als carrers d'una parcel·la de vinya en funció del tipus de maneig establert. M1: coberta espontània i maneig amb passada de picadora; M2: coberta espontània i maneig amb picadora i herbicida; M3: labor del sòl; M4: sembra d'una coberta d'ordi. Cada parcel·la mostra dues línies blanques laterals per diferenciar la part central del carrer on es va realitzar el maneig respecte als marges, on el maneig va ser menys intens i influenciat per l'efecte de l'aplicació d'herbicida sota la fila de vinya (Valencia-Gredilla et al., 2020).

spp., *Medicago sativa*, *Trifolium incarnatum* o *Phacelia tanacetifolia* tenen un significatiu efecte inhibidor de la germinació i del desenvolupament radicular d'espècies de difícil control químic en vinyes, com ara *Conyza bonariensis*, *Kochia scoparia* i *Aster squamatus* (Puig et al., 2021).

Figura 27. Vinya llaurada per eliminar les males herbes.

Figura 28. Coberta d'ordi per al control de les males herbes.

3.1. Tipologia de cobertes

Els aspectes agronòmics relatius a l'establiment d'una coberta vegetal en vinyes se centren en tres aspectes clau: a) la **superfície** on s'estableix, b) la seva tipologia (**composició**) i c) la seva temporalitat (**durada**). Aquest darrer aspecte va lligat a les característiques de les espècies que componen la coberta i del moment en el qual es realitza la sembra, així com la seva finalització. La superfície de la parcel·la que la coberta vegetal pot arribar a cobrir pot ser variable. La coberta vegetal es pot instal·lar en tots els carrers de les vinyes (fig. 29), estar combinada en carrers alterns amb altres tècniques de maneig del sòl (per exemple, labors) (fig. 30) o be cobrir tota la superfície de la parcel·la, tant l'espai dels carrers com la línia de les vinyes (coberta total) (fig. 31). A part, segons el tipus de sistema a què s'aculli el productor, es poden combinar la coberta dels carrers amb passades d'intercep sota les vinyes o amb aplicacions d'herbicida, i també hi ha l'opció de fer cobertes en carrers alterns i cada any permutar la passada de cultivador o de subsolador sobre les cobertes amb la finalitat d'evitar un excés de compactació del sòl a causa del trànsit de maquinària (fig. 30).

Un segon aspecte de les característiques de la coberta és la seva composició florística, la qual pot ser molt diversa, però que es concreta en dues opcions: coberta espontània o coberta sembrada.

Figura 29. Vinya amb coberta en tots els carrers.

Figura 30. Vinya amb coberta en carrers alterns.

La **coberta espontània** ofereix avantatges, com ara que està constituïda per la flora present al banc de llavors del sòl i, per tant, comporta un important estalvi en la seva preparació i costos de llavor. Resulta molt adient configurar cobertes espontànies o

Figura 31. Vinya amb coberta total.

Figura 32. Passada de subsolador en un carrer
i de picadora en l'adjacent.

naturals protagonitzades per poàcies anuals d'hivern (per exemple, *Hordeum murinum*, *Bromus rubens*, *B. hordeaceus*, *Vulpia myuros*, *Poa annua*) (fig. 33) que mostren un cicle de vida relativament curt. Se'n pot fins i tot afavorir l'autosembra, si el maneig

mecànic (segadora o picadora) es passa a finals de primavera, després que hagin granat. Poden ser també interessants les cobertes espontànies protagonitzades per brassicàcies (dites també crucíferes), com la ravenissa blanca (*Diplotaxis erucoides*) (fig. 34) o la mostassa borda (*Sinapis arvensis*), espècies de desenvolupament ràpid que finalitzen el cicle a meitats o finals de primavera, mostren poca coincidència fenològica amb el cicle de la vinya i es redueixen, per tant, les possibilitats de competència. Altres dicotiledònies anuals poden també estar presents en cobertes espontànies: geraniàcies com *Erodium cicutarium*, cariofil·làcies com *Stellaria media*, lamiàcies com *Lamium amplexicaule*, asteràcies com *Calendula arvensis* i, de manera especial, fabàcies del gènere *Medicago* o *Vicia*. Malgrat el port baix i el desenvolupament humil, farà que tinguin menys protagonisme, especialment en vinyes de secà. En qualsevol cas, un aspecte d'interès és saber quin maneig cal fer de la vegetació espontània per afavorir una coberta desitjada i concreta.

Figura 33. Coberta espontània gairebé mono-específica d'ordi bord (*Hordeum murinum*).

Figura 34. Coberta espontània amb predomini de ravenissa blanca (*Diplotaxis erucoides*).

En l'establiment de cobertes espontànies, el repte és fer un maneig adient perquè no es vegi afavorida la presència d'altres herbes de germinació i emergència primaveral que puguin exercir competència amb la vinya durant l'estiu. La finalització del cicle de la coberta espontània obre pas a l'emergència d'espècies de males herbes de cicle estival, sovint de més vigor i més competitives. Seria el cas d'espècies anuals com els blets (*Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*), la morella (*Solanum nigrum*) o la botja (*Kochia scoparia*), que en condicions de reg se'n veurien encara més afavorides (Recasens et al., 2018). Es donen també situacions problemàtiques en què el protagonisme l'assoleixen herbes plurianuals o anuals amb una alta capacitat de disseminació i expansió. Un cas és el ja esmentat del gram (*Cynodon dactylon*), planta amb estolons que emergeixen a la primavera, a partir de rizomes plurianuals, i s'estenen a ras del

sòl (fig. 15, 16 i 17). El seu potent vigor i la capacitat d'expansió defineixen l'agressivitat de l'espècie i la capacitat d'ocupació de l'espai. Un altre exemple és *Aster squamatus*, una planta perenne que sobreviu a les passades de picadora gràcies a la seva capacitat de generar, a la base de les tiges i per sota del nivell del tall, gemmes de renovació alhora que les tiges es van lignificant (fig. 35 i 36). Un altre cas és la ja citada *Conyza bonariensis* (fig. 37 i 38), una espècie anual/biennal que mostra una perllongada emergència a la primavera que dificulta l'eficàcia dels mètodes de control (Recasens et al. 2021). Cal afegir que tant *A. squamatus* com *C. bonariensis* produeixen capítols florals amb milers de fruits (aquenis) que es dispersen amb facilitat pel vent gràcies a la presència d'apèndixs plomosos (vilans) i, per tant, poden colonitzar espais no coberts per la vegetació (Valencia-Gredilla, 2020; Recasens et al., 2020). D'altra banda, i com ja s'ha comentat, espècies vivaces com la corretjola (*Convolvulus arvensis*) (fig. 39 i 40), l'esmentada calcida (*Cirsium arvense*) (fig. 13 i 14) o el bàbol (*Cardaria draba*) (fig. 41 i 42) es poden veure afavorides per les labors de preparació del sòl per a la sembra,

Figura 35. Infestació d'*Aster squamatus*.

Figura 36. Detall de la regeneració d'*Aster squamatus* després de la passada de la picadora.

Figura 37. Infestació de *Conyza bonariensis*.

Figura 38. Rosetes de *Conyza bonariensis*.

Figura 39. Emergència de plantes de corretjola (*Convolvulus arvensis*).

Figura 40. Corretjola en flor.

Figura 41. Emergència del bàbol (*Cardaria draba*).

Figura 42. Inflorescència del bàbol (*Cardaria draba*).

una tasca que pot fragmentar les rels de propagació d'aquestes herbes, dispersar-les i esdevenir competidores serioses de la coberta i, de fet, també de la vinya.

Pel que fa a les **cobertes sembrades**, poden ser de caràcter temporal o permanent (Ibáñez 2015). Les primeres són les constituïdes per espècies de caràcter anual que se sembren a la tardor, després de la verema, i s'enterren a la primavera o bé resten sobre el sòl com un rostoll. Si la coberta és sembrada, cal seleccionar l'espècie o les espècies adients per establir-les al carrer de les vinyes i que assoleixin els objectius per als quals s'utilitzen (evitar l'erosió, competir contra les males herbes, afavorir l'estructura del sòl, etc.). A l'hora de seleccionar l'espècie per sembrar, cal tenir en compte, entre d'altres, certs atributs, com la velocitat d'establiment i la seva potencial biomassa. En aquest sentit, els models d'emergència poden ser útils a

l'hora de predir l'establiment de les espècies seleccionades (Cabrera-Pérez, et al., 2022b) i procedir així a realitzar la sembra d'acord amb les condicions ambientals enregistrades. Les espècies que se solen utilitzar per a la sembra d'una coberta temporal acostumen a ser poàcies i fabàcies anuals o bé mescla d'espècies de les dues famílies. Les poàcies més freqüents són l'ordi (*Hordeum vulgare*) (fig. 43), el sègol (*Secale cereale*), el triticale (*X Triticosecale* sp.) (fig. 44), la civada (*Avena strigosa*) (fig. 45) i el raigràs (*Lolium multiflorum*) (fig. 46), i entre les fabàcies anuals, espècies del gènere *Medicago* (*M. arabica*, *M. Polymorpha*, *M. rugosa*), *Trifolium* (*T. subterraneum*) (fig. 47), i *Vicia* (*V. villosa*, *V. sativa*, *V. faba*). La poàcia mediterrània *Brachypodium distachyon* s'ha implementat també al sud d'Espanya com a coberta en oliveres i amb bons resultats (Saavedra et al., 2016), i podria ser també adequada en vinyes de secà. També s'han utilitzat cobertes protagonitzades per brassicàcies com la mostassa (*Sinapis alba*) (fig. 48) o la camelina (*Camelina sativa*) (fig. 49), o boraginàcies com *Phacelia tanacetifolia* (fig. 50). En qualsevol cas, una solució molt freqüent és establir una barreja de diferents espècies, principalment de poàcies i fabàcies, així com de brassicàcies (Ibáñez, 2015) (fig. 51, 52 i 53). L'establiment d'aquestes cobertes, és a dir, l'èxit en germinar, emergir i produir prou biomassa dependrà de la climatologia o del nivell de fertilitat del sòl, per tant, caldrà ajustar les barreges per assolir els objectius perseguits.

Figura 43. Coberta d'ordi (*Hordeum vulgare*).

Figura 44. Coberta de triticale (x *Triticosecale* sp.).

Figura 45. Coberta de civada (*Avena strigosa*).

Figura 46. Coberta de raigràs (*Lolium multiflorum*).

Figura 47. Coberta de trèvol (*Trifolium subterraneum*).

Figura 48. Coberta de mostassa (*Sinapis alba*).

Figura 49. Coberta de camelina (*Camelina sativa*).

Figura 50. Coberta de *Phacelia tanacetifolia*.

Figura 51. Barreja de sègol (*Secale cereale*) i veça (*Vicia villosa*).

Figura 52. Barreja d'ordi (*Hordeum vulgare*), veça (*Vicia villosa*) i mostassa (*Sinapis alba*).

Figura 53. Barreja d'*Hordeum vulgare* i *Medicago rigidula*.

Les cobertes vegetals permanents són aquelles que cobreixen el sòl durant tot l'any i al llarg de diversos anys. Solen estar constituïdes per espècies de cicle plurianual que mostren aptitud per propagar-se a partir de gemmes basals o subterrànies i mantenen les part vegetatives sobre el sòl durant tot l'any. Se solen regenerar de manera activa després de passar la segadora o la picadora. Entre aquestes espècies, destaquen les poàcies del gènere *Festuca* (fig. 54) (*F. arundinacea*, *F. ovina*, *F. rubra*), *Bromus catharticus* (fig. 55), *Lolium perenne*, les fabàcies com *Trifolium repens*, *T. pratense* o la trepadella (*Onobrychis viciifolia*) (fig. 56 i 57). És freqüent també utilitzar sembra de diferents espècies, alguna de plurianual (per exemple, *F. arundinacea*) en barreja amb altres d'anuals de germinació i implantació més ràpida (per exemple, *Hordeum vulgare*) i veça (*Vicia villosa*). En aquestes barreges, les espècies anuals aporten la majoria de biomassa el primer any, mentre que després de la sega, el protagonisme durant l'estiu, i en especial durant les campanyes següents, rau en l'espècie plurianual cespitosa més adaptada a la pertorbació causada per picadores o segadores. Pot resultar també d'interès la sembra d'espècies plurianuals del gènere *Plantago* (com *P. lanceolata*, *P. coronopus*), *Taraxacum officinale* atès el seu port en roseta i la ràpida ocupació de l'espai, o de *Linum perenne*, que a part d'exercir el paper com a coberta, aporta una vistosa floració (fig. 58). També són d'interès barreges de poàcies plurianuals, com, per exemple, *Festuca arundinacea* i *Poa pratensis* (fig. 59) que garanteixen un recobriment més ràpid del sòl el primer any, protagonitzat per *Poa pratensis*, per deixar pas, els anys següents, al predomini de *Festuca arundinacea*. En qualsevol cas, cal tenir present la competència que pot exercir la coberta plurianual durant el període vegetatiu de la vinya, atès que tant el cultiu com la coberta lluitaran pels mateixos recursos del sòl durant l'estiu (vegeu l'apartat 4). Finalment, una estratègia que treu profit de la biomassa de les cobertes per manejar l'espai de la línia de les vinyes és la implantació de poàcies plurianuals que desenvolupin força biomassa (per exemple, *Festuca arundinacea*, *Bromus catharticus* o *Paspalum dilatatum*) i quan la passada de la picadora dipositi les restes de la coberta de manera lateral sota les files de les vinyes (fig. 60 i 61). Es crea així un encoixinat de

Figura 54. Coberta de *Festuca arundinacea*.

Figura 55. Coberta de *Bromus catharticus*.

restes vegetals que pot dificultar l'emergència de males herbes sota els ceps. No obstant això, aquesta estratègia estaria restringida a vinyes amb reg, on s'assoliria, al llarg de la campanya, la biomassa necessària per part de la coberta per poder crear l'encoixinat.

Figura 56. Coberta de trepadella (*Onobrychis viciifolia*).

Figura 57. Detall de la trepadella a l'hivern.

Figura 58. Coberta de lli (*Linum perenne*).

Figura 59. Barreja de *Poa pratensis* i *Festuca arundinacea*.

Aquestes cobertes protagonitzades per espècies plurianuals també es poden veure afectades per possibles males herbes competidores que sobreviuen a les pertorbacions de la maquinària (Recasens et al., 2018). Ja hem comentat el cas del gram (*Cynodon dactylon*), que inicia el seu desenvolupament a partir de gemmes ubicades en rizomes subterranis que emeten estolons aeris i la planta entra en competència amb la coberta. La picadora elimina fragments de la seva part aèria, però no afecta els estolons atès que queden prostrats arran del sòl. No obstant això, s'ha verificat que si la coberta vegetal exerceix un notable ombreig quan el gram es comença a desenvolupar, pot ser una estratègia útil per contenir-ne la infestació (Valencia-Gredilla et al., 2020), i en aquest cas, les cobertes plurianuals seran més eficaces.

Figura 60. Coberta de *Festuca arundinacea* picada amb deposició de la biomassa tallada sota els ceps.

Figura 61. Aspecte de l'encoixinat de palla de *Festuca arundinacea* aportat sota els ceps pel tall de la picadora.

3.2. Finalització de la coberta

Com s'ha citat, l'interès per instal·lar una coberta en vinyes s'associa també amb el fet de poder finalitzar-la en un moment adient per restringir al màxim el període de possible competència amb el cultiu. La pràctica més usual de finalització de les cobertes en vinya és mitjançant passada de picadora (fig. 62) per deixar sobre el sòl un residu de fragments de matèria orgànica morta de ràpida descomposició (Sims i Frederick, 1970, Bremer et al. 1991) (fig. 63). Aquesta passada de picadora pot servir també per triturar els sarments tallats en el moment de la prepoda. El moment de finalització de la coberta amb picadora pot variar, però en la majoria dels casos se sol fer a la primavera; ben aviat, com ara a l'abril, moment en què la coberta mostra gran quantitat de biomassa, o bé unes setmanes més tard, com, per exemple, al juny, una situació que permet que la coberta exerceixi un efecte d'ombreig sobre l'emergència de males herbes estivals. Finalitzar la coberta de manera precoç a la primavera té com a avantatge que redueix el període de competència de la coberta amb la vinya, però en limita l'efecte d'ombreig sobre les males herbes que puguin emergir. El moment òptim de finalització de la coberta amb picadora quedarà determinant, doncs, pel context i les necessitats de cada vinya quant a maneig de males herbes i disponibilitat o no de reg.

Figura 62. Passada de picadora sobre una coberta.

Figura 63. Residu de la coberta que deixa la picadora.

Una alternativa a la picadora és el corró laminat (més conegut per la seva denominació en anglès *roller crimper*) (fig. 64), un estri que aixafa la coberta quan es troba en un estadi de màxim desenvolupament i crea un encoixinat vegetal dens i uniforme sobre el sòl (fig. 65, 66 i 67). El seu ús per finalitzar cultius coberta en sistemes extensius ha assolit un gran protagonisme, especialment de cara a exercir un control clar sobre les males herbes (Halde et al., 2015; Champagne et al., 2019). En canvi, el seu ús en cobertes vegetals en vinyes tot just s'ha començat a experimentar (Cabrera-Pérez, 2022c). En aquests escenaris, la capa de residu que resta sobre el sòl, després de la passada del

corró, és més duradora que amb la picadora, donat que crea una barrera física que dificulta l'emergència de males herbes (Bavougian et al., 2018). De fet, la passada d'aquest corró sobre una coberta de poàcies en causa el doblament, però no el tall, i deixa la planta encara viva, però iniciant una lenta decrepitud arran del sòl que afavoreix, per tant, la presència de restes vegetals durant força temps (fig. 68, 69, 70 i 71). En aquest sentit, és important realitzar la passada del corró quan la coberta ha assolit una gran biomassa i es troba en màxima floració (antesi) i que coincideix amb un estadi de desenvolupament que garanteixi que les plantes —en concret les poàcies— restin ajagudes i no es redrecin de nou. Per a aquest objectiu, són recomanables poàcies de port alt i amb canya d'un cert gruix (per exemple, *Triticale*, *Hordeum*, *Avena*), de manera que el seu doblament asseguri que la planta restarà ajaguda sobre el sòl (Cabrera-Pérez, 2022c). Cobertes formades per plantes de port baix i canya prima, tant sembrades (*Lolium multiflorum*, *Vulpia* sp.) (fig. 72 i 73) com espontànies (*Bromus* sp., *Hordeum murinum*), no són recomanables. Tampoc ho són les poàcies plurianuals com *Festuca arundinacea* o *Bromus catharticus*, perquè, atès que tenen una tija prima, el corró no assoliria l'objectiu desitjat perquè aquestes plantes centren el seu port vegetatiu en una mota de fulles basals arran de terra. No obstant això, malgrat que no són adequades per ser sotmeses a la passada del corró laminat, no s'ha de menysprear el seu paper com a cobertes, si les condicions són favorables. Per la seva banda, la passada de corró sobre dicotiledònies ha de ser també quan aquestes assoleixen el seu màxim port (per exemple, *Phacelia*, *Sinapis*, *Camelina*) (fig. 74 i 75), que coincideix sovint amb el moment de floració. No obstant això, les tiges de les dicotiledònies no es dobleguen, sinó que es parteixen a causa de l'aixafament de la planta per l'acció del corró, i el seu efecte com a encoixinat

Figura 64. Corró laminat específic per a cobertes de vinya.

Figura 65. Aixafament de la coberta pel corró laminat.

Figura 66. Passada de corró sobre coberta de mostassa.

Figura 67. Passada de corró laminat sobre coberta d'ordi.

pot no ser igualment durador segons la quantitat de biomassa que resta sobre el sòl. En canvi, l'encoixinat creat sobre cobertes de poàcies pot tenir una durada molt efectiva a l'hora de recobrir el sòl, fins a tres mesos després de l'actuació (fig. 76 i 77).

Com ja hem dit, la finalització de la coberta amb corró laminat és una eina molt útil en el control de males herbes perquè crea una capa de vegetació que causa el màxim ombreig i dificulta la seva emergència. En aquest sentit, Cabrera-Pérez, (2022c) observa en cobertes en vinya un significatiu efecte de la passada de corró respecte a la passada amb picadora, en reduir l'emergència del gram (*Cynodon dactylon*), així com d'altres males herbes d'estiu, principals competidores amb la vinya (fig. 78).

Figura 68. Coberta de triticale després de passar el corró.

Figura 69. Coberta d'ordi després de passar el corró.

Figura 70. Coberta de civada després de passar el corró.

Figura 71. Gruix de l'encoixinat de civada creat per la passada del corró.

Figura 72. Coberta de raigràs just després de passar el corró.

Figura 73. Coberta de raigràs redreçada poques hores després de passar el corró.

Figura 74. Coberta de *Phacelia tanacetifolia* després de passar el corró.

Figura 75. Coberta de mostassa després de passar el corró.

Figura 76. Coberta d'ordi tres mesos després de passar el corró.

Figura 77. Coberta de triticale tres mesos després del passar el corró.

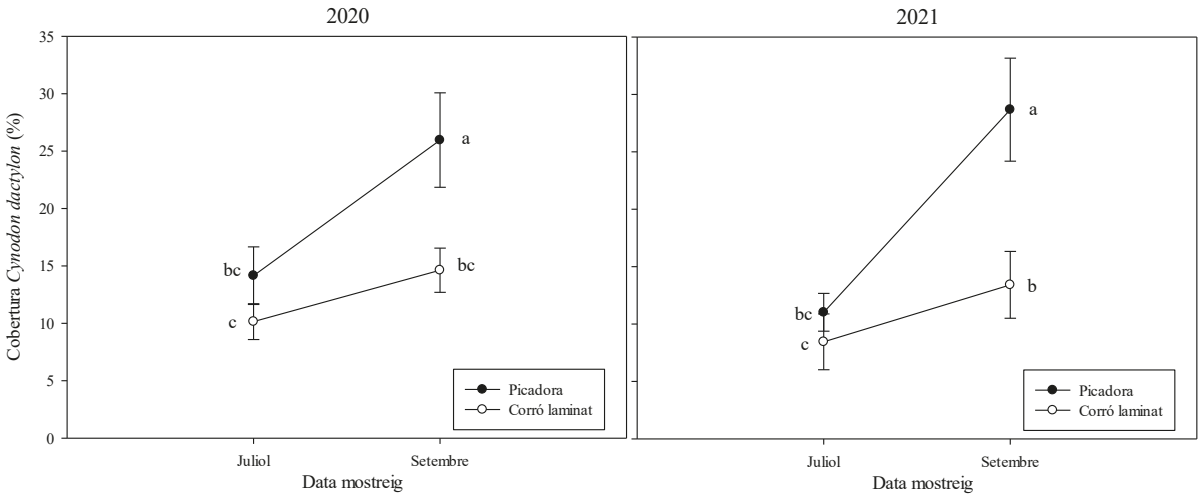

Fig. 78. Percentatge mitjà de recobriment del sòl d'una vinya, al juny i al setembre, per part del gram (*Cynodon dactylon*) en funció del mètode de finalització de la coberta: picadora o corró laminat en dues campanyes diferents (2020 i 2021). Els valors són els valors mitjans de cinc cobertes diferents. Lletres diferents indiquen diferències significatives.

4. Efecte de les cobertes en el vigor i el rendiment del cultiu

A part dels beneficis, també s'han descrit desavantatges derivats de la presència de cobertes vegetals a les vinyes. La més destacada és la competència per aigua i nutrients amb els ceps, així com el major risc de gelades primaverals (Steenwerts i Guerra, 2012). En la seva revisió, Abad et al. (2021b) fan un recull, a escala global, de l'efecte competitiu diferent de les cobertes en diverses zones vitivinícoles, en què s'observa una resposta desigual en funció de la climatologia de la zona i si el sistema és de secà o de regadiu (fig. 79). Aquesta revisió sintetitza que en zones de clima càlid i temperat és on s'han constatat un nombre més ampli d'estudis que confirmem un rendiment menor en vinyes amb presència de cobertes (color groc de la figura), però, curiosament, aquestes minves, en sistemes de secà, estan recollides més en clima temperat que en clima càlid.

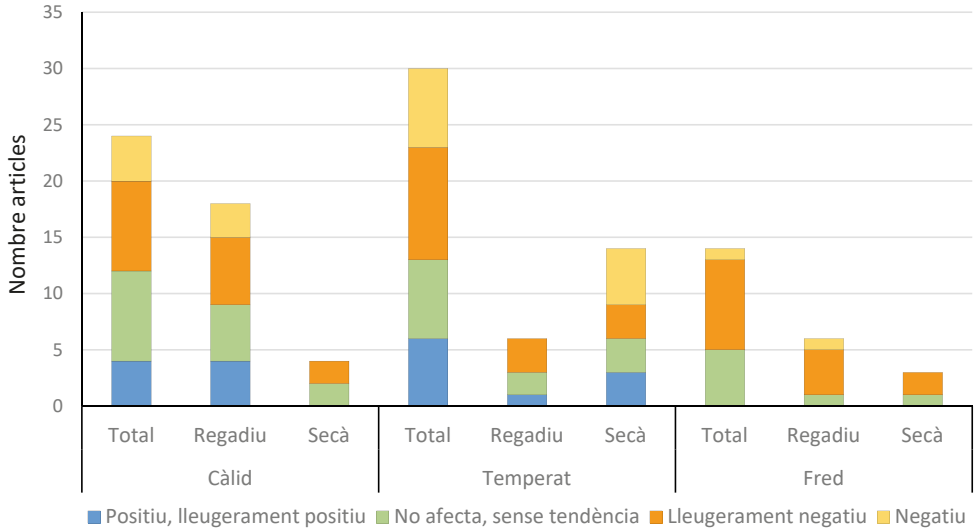

Fig. 79. Impacte de les cobertes vegetals sobre el rendiment de les vinyes segons las condiciones climàtiques i la presència o no de reg (Font: Abad et al., 2021b).

Pel que fa a l'Estat, són escassos els treballs que hagin avaluat les possibles pèrdues de rendiment en vinya causades per la presència de cobertes vegetals. Ibáñez (2015) observa, en vinyes de La Rioja, que les cobertes vegetals fan disminuir el pes de fusta de poda i el pes del sarment entre un 28% i un 40% de mitjana de cinc anys d'assaig respecte al tractament amb labor del sòl. En un assaig a La Rioja alabesa, Kortabarria (2017) observa, en vinyes amb cobertes vegetals, valors significativament menors de pes

de poda, una tendència a un rendiment menor —estimat entre un 4% i un 15%—, un nombre menor de raïms i també del pes mitjà del raïm respecte a ceps amb el sòl llaurat. Ramírez et al. (2022) confirmen unes pèrdues de rendiment entre un 27% i un 34% en vinyes d'Andalusia amb coberta vegetal. Això no obstant, observen un ampli contingut en sòlids solubles més adients per a l'elaboració del vi tradicional de la zona d'estudi. En vinyes a Catalunya, Giralt et al. (2011) estimen la pèrdua de rendiment amb cobertes permanents o temporals entre un 20 i un 40%, segons la campanya, respecte a una situació de labor del sòl. Guerra et al. (2022), en un treball a llarg termini realitzat a la Comunitat de Madrid, constata, en vinyes en regadiu, un rendiment menor amb cobertes espontànies que en sòls llaurats, però la producció de raïm se situa dins els límits màxims que estableix el Consell Regulador. Ibáñez et al. (2022) analitzen l'efecte de sembrar o no una coberta vegetal a base de barreja de poàcies i fabàcies, així com l'efecte de la presència o no de reg en el cultiu. Mentre que en un any no troba diferències significatives ni per l'efecte de la coberta ni pel reg, el segon any, amb un estiu molt calorós, observa pèrdues de rendiment, que són més acusades en situació sense reg. No obstant això, afegeixen que el tractament amb coberta pot esdevenir una eina sostenible per equilibrar la producció i el desenvolupament vegetatiu de la planta i millorar alhora la qualitat del vi, especialment en tot allò relacionat amb la quantitat d'antocians i de polifenols. Arran de l'estudi, proposen l'ús de cobertes que puguin tenir un cicle mitjà-curt o puguin ser segades en un moment adient abans del quallat del raïm.

4.1. Noves tècniques de mesura del vigor

Per poder donar resposta a l'efecte de les cobertes sobre el vigor de la vinya, cal obtenir uns indicadors de vigor. Els paràmetres més usuals utilitzats són superfície foliar exposada (ELA) i pes de poda, així com diverses estimacions relacionades amb la producció i el rendiment, com ara nombre de raïms, pes de raïms, pes mitjà del raïm, nombre de raïms per cep i índex de Ravaz (pes de raïms/pes de sarments) (Rodríguez-Lovelle at al. 1999; Tesic et al. 2007). A banda, un dels indicadors més adient per donar informació de l'estat hídric de la planta és el potencial hídric de tija (Intrigliolo et al., 2007), que es determina mitjançant una càmera de pressió Scholander (Scholander et al., 1965). Totes aquestes mesures impliquen un mostreig periòdic i contínues determinacions al llarg del període vegetatiu, així com amb la verema i la poda de la vinya.

Una alternativa tecnològica que s'ha començat a aplicar recentment per mesurar el vigor de fruiters i vinyes és l'ús d'escàners làser terrestres mòbils equipats amb sensors basats en LiDAR (acrònim de *Light Detection, and Ranging*) (Llorens et al., 2011; Escolà et al., 2017) (fig.80). El sistema es basa en un sensor, o més, basat en LiDAR que mesura la distància als objectes que hi ha al voltant, un sensor inercial que mesura les inclinacions del sistema per corregir les mesures i un receptor SSNG (Sistema Satel·litari de Navegació Global) per donar coordenades absolutes als punts mesurats. L'equip enregistra les dades

de tots els dispositius mentre escaneja la parcel·la per recrear després l'escena en forma de núvol de punts tridimensional d'alta resolució (fig. 81). Mitjançant algoritmes específics, es calcula la secció transversal del dosser foliar perpendicular a l'eix longitudinal de les files cada pocs centímetres (fig. 82), de manera que amb totes les mesures es pot analitzar el desenvolupament del cultiu i la seva variabilitat en tota la parcel·la. Aquesta tecnologia s'ha començat a aplicar en vinyes en època hivernal abans de la poda per obtenir informació d'alçàries i volums, i tenir així una reconstrucció de l'arquitectura del cultiu (Moreno et al., 2020). Tanmateix, s'ha començat a aplicar en vinyes per estimar, precisament, la pèrdua de vigor per l'efecte competitiu de les cobertes vegetals i obtenir una clara correlació entre els valors de LiDAR i els paràmetres de vigor obtinguts de manera tradicional (Cabrera-Pérez et al., 2023). Aquestes noves tecnologies permeten obtenir mesures més ràpides sobre l'impacte de les cobertes vegetals a la vinya i, sens dubte, esdevenen eines clau per optimitzar-ne el maneig.

Figura 80. Mesura del dosser foliar amb un escàner terrestre mòbil basat en sensor LiDAR.

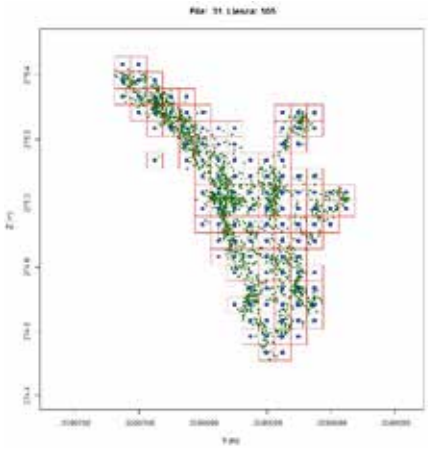

Figura 81. Núvol de punts corresponents a una secció transversal d'un cep.

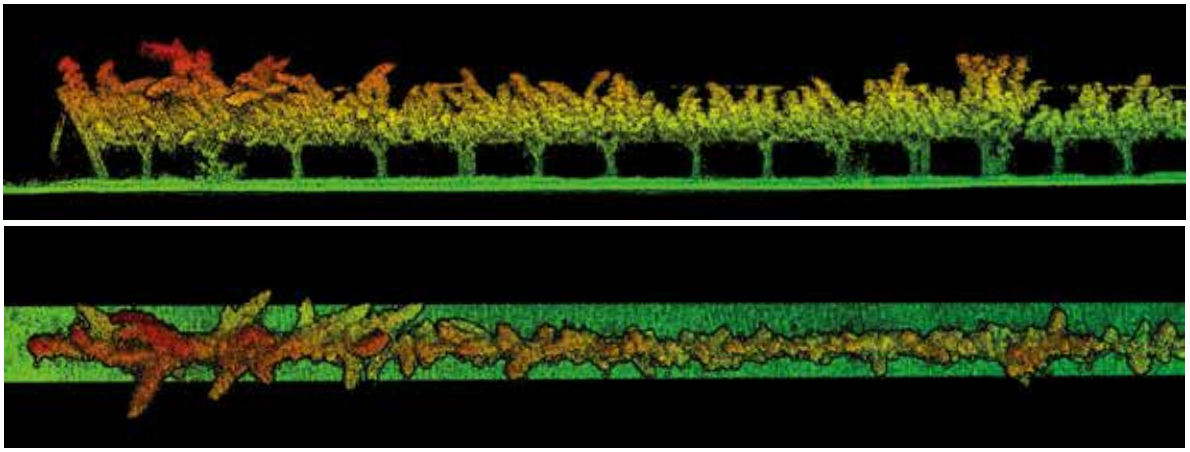

Figura 82. Representació del dosser foliar de la vinya a partir del núvol de punts tridimensional obtingut amb l'escàner làser. A dalt: visió lateral. A sota: visió zenital.

5. On s'emmarquen les cobertes vegetals des d'una perspectiva global?

5.1. Cobertes vegetals i viticultura regenerativa

El concepte agricultura regenerativa apareix als anys 80 sobre un concepte més enllà de l'agricultura ecològica, atès que inclou canvis "macroestructurals" i de "rellevància social", i alhora busca incrementar, en lloc de disminuir, els recursos productius (Harwood, 1983). Aquesta filosofia vol emfatitzar tres aspectes claus: i) la interrelació de totes les parts d'un sistema agrícola, inclòs l'agricultor i la seva família; ii) la importància dels innombrables equilibris biològics del sistema; i iii) la necessitat de maximitzar, en el sistema, les relacions biològiques beneficioses i minimitzar l'ús de materials i pràctiques que pertorbin aquestes relacions. D'entre els 10 punts que resumeixen els postulats que persegueix l'agricultura regenerativa (Harwood, 1983), podem destacar els següents: 1) la producció d'aliments altament nutritius lliures de biocides i amb alts rendiments; 2) incrementar, més que fer decréixer, la productivitat, la fertilitat i les característiques físiques de les capes superficials del sòl; 3) la producció de cultius s'ha de basar en l'estabilitat de les interaccions biològiques per eliminar la necessitat de biocides sintètics; 4) no s'han d'utilitzar substàncies que causin disrupció en l'estructura biològica dels sistema agrícola en referència als fertilitzants sintètics; 5) cal establir una íntima relació entre el participant (productor, agricultor) en el sistema i el mateix sistema; i 6) s'han d'utilitzar sistemes integrats que siguin autosuficients en nitrogen mitjançant la pròpia fixació biològica.

En qualsevol cas, davant aquest adveniment de l'agricultura regenerativa, no acaba d'haver-hi un clar consens en cap definició i sí, en canvi, esforços per distingir entre "regenerativa", "orgànica" i altres agricultures "alternatives" (Giller et al., 2021). Mentre per a alguns autors i organitzacions agricultura regenerativa és, de manera inequívoca, una forma d'agricultura ecològica, altres opinions estan obertes a acceptar un ús mínim d'adobs sintètics, i fins i tot minerals, certs agroquímics sempre de manera racional, i també la incorporació de residus orgànics no agrícoles. En qualsevol cas, i des d'una perspectiva agronòmica, els dos grans reptes més freqüentment lligats a l'agricultura regenerativa són: a) la restauració de la qualitat del sòl, incloent-hi la captura de carboni per mitigar el canvi climàtic, i b) revertir la pèrdua de biodiversitat (Giller et al., 2021).

Figura 83. Coberta amb barreja de poàcies i fabàcies.

Quan aquests objectius es plantegen des del camp de la viticultura, podem parlar de viticultura regenerativa (fig. 83). En aquest sentit, la recentment creada (2021) Asociación de Viticultura Regenerativa (https://www.viticulturaregenerativa.org/) té com a objectiu impulsar un canvi de paradigma en la gestió de les vinyes basant-se en el cicle del carboni per regenerar els sòls, frenar l'erosió, fomentar la biodiversitat i lluitar contra el canvi climàtic. Per tant, per portar a terme pràctiques agrícoles centrades a afavorir el contingut de carboni orgànic del sòl proposen reduir o cessar les labors, establir encoixinats, sembrar cobertes vegetals i portar a terme fertilitzacions orgàniques (FAO, 2021; Blanco-Canqui et al., 2015). La reducció o cessament de les labors pot ajudar a segrestar els continguts de carboni orgànic al sòl a raó de 0,1 a 1,0 tones de carboni per any (Lal, 2004), atesa la major quantitat de contingut de carboni orgànic protegit físicament dins dels microagregats de sòls no llaurats (Six i Paustian, 2014; Six et al., 2000). Alhora, les cobertes vegetals incrementen el contingut de carboni orgànic al sòl per l'aportació de les plantes, tant per sobre com per sota del sòl (Poulton et al., 2018; Morlat i Jacquet, 2003). La magnitud d'aquests efectes varia en funció de les propietats del sòl i del clima (Blanco-Canqui et al., 2015), i depèn del tipus de coberta i la seva composició i diversitat (Guzmán et al., 2019). En aquest sentit, Gattullo et al. (2020) comproven, en un assaig de tres anys en vinyes a Itàlia, que les cobertes vegetals de *Festuca arundinacea* van fer incrementar el contingut de carboni orgànic, els continguts totals de nitrogen i la biomassa microbiana en un 136%, un 93% i un 112%, respectivament. Al seu torn, aquests autors observen també que la presència de cobertes vegetals no té un efecte signifi-

catiu sobre la qualitat del raïm ni del rendiment del cultiu, excepte en la campanya en què la pluviometria és molt escassa. En aquesta línia, treballs recents a Catalunya (Andrés et al., 2022) posen en relleu la contribució de la viticultura regenerativa per millorar la biodiversitat del sòl a través de l'increment del contingut de carboni del sòl i revertir-ne la degradació química i física. Per tant, la necessitat de disposar d'indicadors apropiats per avaluar l'eficàcia d'aquests agroesquemes esdevé una prioritat, especialment en la viticultura mediterrània.

5.2. Les cobertes vegetals com a mesura agroambiental en la nova PAC 2023-2027

Com s'ha exposat anteriorment, la presència de cobertes ofereix beneficis clars per al sistema productiu de la vinya, i arriba a constituir un element de qualitat (Ibáñez, 2015). Els beneficis mediambientals que aporta la implementació d'una coberta vegetal ha estat un dels criteris que s'han tingut en compte a l'hora de plantejar les pràctiques que cal realitzar per obtenir les ajudes dins l'actual política agrària comuna (PAC) (MAPA-PAC, 2022). En efecte, la reforma de la PAC iniciada l'any 2023 vol fomentar una agricultura més sostenible dins de l'anomenada arquitectura verda, i amb aquesta finalitat planteja una sèrie d'ecorègims —de caràcter voluntari per a l'agricultor— que se centren en dues temàtiques mediambientals clau. D'una banda, en l'agricultura baixa en carboni i, de l'altra, en l'agroecologia (MAPA-PAC, 2022). La primera té com a objectiu millorar l'estructura dels sòls, reduir l'erosió i la desertificació, augmentar el contingut de carboni i reduir les emissions. Entre les pràctiques proposades, destaca la P6, anomenada "cobertes vegetals espontànies o sembrades en cultius llenyosos" (fig. 84), mitjançant la qual es persegueix augmentar la capacitat del sòl pel fet de retenir carboni i reduir així la vulnerabilitat als impactes del canvi climàtic, i alhora crear una capa de restes orgàniques sobre el sòl que faci disminuir les necessitats de fertilitzants. Al mateix temps, es pretén reduir les labors i les emissions de gasos d'efecte hivernacle i contribuir a l'objectiu OE4 del Pla Estratègic de la PAC, aprovat recentment per la Comissió. La quantia d'aquest ajut per a l'any 2023 varia en funció del tipus de pendent que tingui l'explotació: menys del 5% (61,07 €/ha), entre el 5% i el 10% (113,95 €/ha) i més del 10% (165,17 €/ha), i té un llindar de 15 ha. L'agricultor s'ha de comprometre a: i) establir una coberta vegetal espontània o sembrada durant tot l'any, ja sigui viva o seca, de manera que el sòl no quedi nu en cap moment de l'any, ii) la coberta ha de romandre viva sobre el terreny durant un període mínim de quatre mesos entre l'1 d'octubre i 31 de març (tot i que a Catalunya s'autoritza restringir-ho entre l'1 de novembre i el 28 de febrer); iii) el maneig de la coberta s'ha de dur a terme amb mètodes mecànics (sega mecànica o desbrossadora) per limitar l'efecte competitiu sobre el cultiu; iv) les restes vegetals de la coberta un cop segades o desbrossades s'han de dipositar a manera de *mulching*, o encoixinat, sobre el terreny, i l'espai ocupat per la coberta ha d'ésser d'un mínim d'un 40% de l'amplada lliure de la projecció de la capçada i en cap cas inferior a 0,5 m; v) en cas de sembra de les cobertes, es permeten

labors superficials per preparar el terreny per a la sembra i que no suposin la modificació de l'estructura del sòl; vi) no es permès l'ús d'herbicides ni d'altres fitosanitaris sobre la coberta per poder afavorir la biodiversitat, tot i que hi pot haver alguna excepció davant l'afectació per part d'alguna plaga.

Figura 84. Coberta de trepadella (*Onobrychis viciifolia*).

No obstant això, alguns treballs proposen, com una estratègia viable en vinyes de secà, l'establiment de cobertes només en carrers alterns (Giralt, 2011) per reduir així l'efecte competitiu de la coberta sobre el cultiu, però malauradament no se seguirien les pautes que demanen els actuals ecorègims de la PAC i no s'acollirien a la subvenció. Aquesta disjuntiva ens retorna al debatut balanç entre producció i sostenibilitat, i exposa, un cop més, la necessitat de comptar amb resultats experimentals suficients per poder exigir pràctiques agronòmiques concretes. D'altra banda, els ecorègims no especifiquen res sobre el tipus de maneig que cal realitzar sota la línia de les vinyes, un espai que, en general, es trobaria sotmès a remocions del sòls mitjançant passades d'intercep. Aquí es podria plantejar l'opció d'un maneig combinat de cobertes al carrer i d'encoixinats orgànics sota la fila. En un treball recent, Cabrera-Pérez (2023) ha verificat que els ceps amb encoixinats orgànics sota la fila, com, per exemple, amb estelles de pi o amb clofolla d'ametlla, mostraven més vigor i rendiment, atesa la temperatura menor del sòl i una pèrdua d'aigua menor sota els encoixinats, que en aquells on es van realitzar passades d'intercep o de segadora. Una estratègia combinada de coberta al carrer i encoixinat sota la fila podria compensar les pèrdues de vigor i rendiment que causen les cobertes, especialment en sistemes de secà. Amb aquest objectiu, s'han establert uns

Figura 85. Assaig combinat de cobertes i encoixinats.
Línies de vinya amb i sense encoixinat de clofolla d'ametlla
amb coberta d'ordi o no als carrers adjacents.

primers assajos en algunes vinyes del país (fig. 85) combinant cobertes d'ordi al carrer i encoixinat de clofolla d'ametlla sota els ceps. Aquí s'afavoriria un escenari d'economia circular en l'aprofitament d'aquests subproductes (per exemple, pi, clofolla d'ametlla o altres restes orgànics), però caldria també estimar els costos d'adquirir-los i instal·lar-los. Aquestes alternatives combinades obren un interessant escenari per afavorir l'establiment de cobertes vegetals seguint les directrius dels ecorègims. Atès que algunes veus expertes comenten que l'ajut d'aquests esquemes ambientals no compensaria les possibles pèrdues de rendiment que puguin causar les cobertes, sobretot en secà, es presenta aquí un interessant repte per trobar un maneig adient de la coberta (composició, forma i moment de finalització) i possible combinació amb un encoixinat orgànic que minimitzi aquests riscos i sigui econòmicament rendible.

5.3. El maneig de cobertes en vinya i els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS)

L'any 2015, tots els estats membres de les Nacions Unides van aprovar 17 objectius com a part de l'Agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible (ODS) (ONU, 2015) que constitueixen un clam universal per posar fi a la pobresa, protegir el planeta i millorar la vida i les perspectives de les persones a tot el món. Des d'aquella data, els ODS s'inclouen en tot tipus de polítiques, plans i programes de qualsevol nivell administratiu. Les pràctiques enumerades com a ecorègims dins la reforma de la PAC tenen un clar encaix amb aquesta Agenda 2030 sobre ODS (ONU, 2015). Aquesta Agenda con-

templa 17 objectius que abasten des de l'eliminació de la pobresa fins a la lluita contra el canvi climàtic. Si s'analitzen detalladament aquests objectius, podem establir-hi un clar lligam en alguns a través de pràctiques de maneig com les abans exposades quant a la implementació de cobertes vegetals en vinyes. Els presentem ordenats en funció del nivell de proximitat i implicació:

Objectiu 13. Canvi climàtic. Aquest objectiu té un clar encaix amb els ecorègims proposats per la reforma de la PAC 2023-2027 abans esmentats. L'establiment de cobertes vegetals en vinyes permet augmentar la capacitat del sòl de retenir carboni, reduir-ne la vulnerabilitat als impactes del canvi climàtic i alhora crear una capa de restes orgàniques sobre el sòl que faci disminuir les necessitats de fertilitzants. Al mateix temps, es pretén reduir les labors i, en conseqüència, les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Objectiu 15. Vida d'ecosistemes terrestres. Els sistemes agrícoles —que podem definir també com a agroecosistemes— hostatgen una diversitat biològica que aporta uns serveis ecosistèmics singulars, però que són més fràgils que els sistemes naturals. El risc d'alteració del seu equilibri per pertorbacions o intensificació del maneig és alt. La preservació de la diversitat biològica en aquests agroecosistemes sembla bastant urgent. Implementar estratègies de manteniment del sòl amb cobertes vegetals afavoreix l'establiment del primer esglaó de la cadena tròfica del sistema i la seva diversitat biològica i funcional.

Objectiu 12. Producció i consum responsables. Aquest objectiu pretén desvincular el creixement econòmic de la degradació mediambiental, augmentar els recursos i promoure estils de vida sostenibles. La millora dels sistema de producció vitivinícola ha d'anar dirigida a reduir l'ús de recursos, especialment en la conservació del sòl. L'establiment de cobertes vegetals en vinyes permet conservar l'estructura del sòl agrícola, reduir les labors i la seva erosió i, alhora, incrementar-ne la fertilitat. A més, en escenaris de producció ecològica la reducció d'aplicacions de fitosanitaris i de fertilitzants de síntesi implica estalvi d'energia relacionada amb la producció d'aliments.

Objectiu 8. Creixement econòmic. L'optimització del cultiu de la vinya i de la seva producció pot ajudar a establir escenaris econòmics més igualitaris i a projectar el vi com un producte de mercat que afavoreixi el creixement econòmic del sector vitivinícola per a totes les tipologies de productors i territoris. L'adequació del seu

cultiu en zones de secà, tradicionalment poc productives, pot afavorir el creixement econòmic del territori i l'estabilització de població en zones rurals.

Objectiu 4. Educació de qualitat. Molts centres destinats a l'educació i/o integració de persones amb discapacitat o amb risc d'exclusió social inclouen diversos tipus de tasques com una estratègia clau d'ocupació. En alguns, l'activitat agrícola esdevé una tasca ocupacional preferent. Hi ha precedents, en aquest sentit, per part d'empreses i cooperatives vitivinícoles. Dins la diversitat d'activitats que cal portar a terme, la implementació i el manteniment de cobertes vegetals pot esdevenir un element integrador i ocupacional més. Aquesta activitat té un encaix perfecte amb l'ODS 4, "garantir una educació inclusiva, equitativa i de qualitat i promoure oportunitats d'aprenentatge".

Conclusions

La informació aportada en aquesta revisió bibliogràfica descriu la diversitat de situacions existents a l'hora d'implementar una coberta vegetal en vinya, així com els condicionants que cal tenir en compte. Les cobertes esdevenen unes eines més de maneig del sistema que cal saber adequar en funció dels objectius perseguits. Com ja s'ha apuntat, les cobertes vegetals permeten mitigar els efectes perjudicials causats per les labors del sòl, aporten matèria orgànica, diversitat biològica, redueixen l'erosió, competeixen amb les males herbes i permeten l'accés de maquinària després de les pluges. La seva instal·lació en una explotació vitivinícola no implica una millora immediata del sistema ni uns beneficis agronòmics garantits. Tanmateix, els seus efectes sobre el sistema poden ser també negatius com ara afavorir la presència de gelades i, de manera especial, afectar el vigor de les vinyes. Tot dependrà de molts factors, i el més important és la possible presència de reg o no, d'aquí la importància de saber amb quins objectius es planteja una coberta, de quin tipus són i com finalitzar-la. Hi ha diversos treballs que aporten propostes concretes sobre composició i dosi de sembra, però cal adequar-les a les condicions climàtiques del territori i a la disponibilitat o no de reg. El protagonisme que han assolit les cobertes dins l'actual estratègia dirigida vers la viticultura regenerativa, o fins i tot més enllà, dins els actuals ecorègims proposats per la reforma de la PAC es presenta com una estratègia prometedora i afavoridora de la sostenibilitat ambiental del sistema, però en qualsevol cas, cal establir uns indicadors que permetin quantificar els beneficis aportats per les cobertes sobre la qualitat del sòl, sobre la biodiversitat i en la reducció de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, però sense oblidar els possibles desavantatges que puguin causar sobre el vigor i el rendiment. Un escenari ple de reptes que requereix de molta experimentació.

Referències bibliogràfiques

Abad, J.; Hermoso de Mendoza, I.; Marín, D.; Orcaray, L. i Santesteban, L. G. (2021a). Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. OenoOne 1, 295-312.

Abad, J.; Hermoso de Mendoza, I.; Marín, D.; Orcaray, L. i Santesteban, L.G. (2021b). Cover crops in viticulture. A systematic review (2). Implications on vineyard agronòmic performance. OenoOne 2, 1-27.

Andrés, P.; Doblas-Miranda, E.; Silva-Sánchez, A.; Mattana, S. i Font, F. (2022). Physical, Chemical, and Biological Indicators of Soil Quality in Mediterranean Vineyards under Contrasting Farming Schemes. Agronomy 12, 2643.

Ball, K.R.; Baldock, J.A.; Penfold, S.A.; Power, S.J.; Woodin, Smith, P. i Pendall, E. (2020). Soil organic carbon and nitrogen pools are increased by mixed grass and legume cover crops in vineyard agroecosystems: Detecting short-term management effects using infrared spectroscopy. Geoderma 379, 114619.

Bàrberi, P. (2002). Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issues? Weed Res. 42, 177-193.

Bavougian, C.M. i Read, P.E. (2018). Mulch and groundcover effects on soil temperature and moisture, surface reflectance, grapevine water potential, and vineyard weed management. PeerJ. 6, e5082.

Blanco-Canqui, H.; Shaver, T.M.; Lindquist, J.L.; Shapiro, C.A.; Elmore, R.W.; Francis, C.A. i Hergert, G.W. (2015). Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. Agron. J. 107, 2449–2474.

Bremer, E.; Van Houtum, W. i Van Kessel, C. (1991). Carbon dioxide evolution from wheat and lentil residues as affected by grinding, added nitrogen, and the absence of soil. Biol. Fertil. Soils 11, 221–227.

Cabrera-Pérez, C.; Royo-Esnal, A. i Recasens, J. (2022a). Herbicidal effect of diferent alternative compounds to control *Conyza bonariensis* in vineyards. Agronomy Basel 12, 960.

Cabrera-Pérez, C.; Recasens, J.; Baraibar, B. i Royo-Esnal, A. (2022b). Emergence modelling of 18 species susceptible to be used as cover crops in Mediterranean semiarid vineyards. European Journal of Agronomy 132, 126413.

Cabrera-Pérez, C. (2022c). Weed management strategies based on cover crops, mulches and bioherbicides in Mediterranean vineyards. Universitat de Lleida. 180 p. Tesi doctoral.

Cabrera-Pérez, C., Llorens, J., Escolà, A., Royo-Esnal, A. i Recasens, J. (2023). Organic mulches as an alternative for under-vine weed management in Mediterranean irrigated vineyards: impact on agronomic performance. European Journal of Agronomy, 145, 126798.

CCPAE (2022). Recull d'estadístiques del sector ecològic a Catalunya 2021 i evolució 2020-2021. (https://www.ccpae.org/index.php?option=com_contentytask=viewyid=400yItemid=232ylang=ca_ES) (amb accés el 2-1-2023)

CECRV (2022). El sector en cifras. https://vinosdo.wine/sala-de-prensa/el-sector-en-cifras/ (accés el 20/02/2023).

Champagne, R.J.; Wallace, J.M.; Curran, W,S. i Baraibar, B. (2019). Agronomic and economic tradeoffs between alternative cover crop and organic soybean sequences. Renewable Agriculture and Food System 36, 17–25.

Echevarría, A. i Vera-Rodríguez, J.C (2013). Sistemas agrícolas del I milenio a.C. en el yacimiento de La Orden-Seminario de Huelva. Viticultura protohistórica a partir del análisis arqueológico de las huellas de cultivo, en: S. Celestino i J. Blánquez (eds.). Patrimonio Cultural de la Vid y el Vino, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, 2013. 95-106.

Escolà, A., Martínez-Casasnovas, J.A.; Rufat, J. et al. (2017). Mobile terrestrial laser scanner applications in precision fruticulture/horticulture and tools to extract information from canopy point clouds. Precision Agric. 18, 111–132 (2017).

EVENA (2012). Ensayos de cubiertas vegetales en viña. 1995-2010. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Litografía Ipar. Pamplona, 2012, 182p.

FAO - ITPS (2021). Recarbonizing Global Soils: A Technical Manual of Recommended Management Practices. Vol. 3. Cropland, Grassland, Integrated Systems and Farming Approaches-Practices Overview; FAO. Rome, Italy, 2021.

Fernando. M. i Shresta, A. (2023). The potential of cover crop for weed management: a sole tool or component of an integrated weed management system? Plants 12(4), 752.

Gattullo, C.E.; Mezzapesa, G.N.; Stellacci, A.M.; Ferrara, G.; Occhiogrosso, G.; Petrelli, G.; Castellini, M. i Spagnuolo, M. (2020). Cover Crop for a Sustainable Viticulture: Effects on Soil Properties and Table Grape Production. Agronomy: 10, 1334.

Giller, K.E.; Hijbeek, R.; Andersson, J.A. i Sumberg J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. Outlook on Agriculture 50, 13-25.

Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. Geophys Res Lett 33. L08707.

Giralt, L.; Domingo, C.; Catalina, O.; Bartra, E.; Capdevila, F. i Rovira, R. (2011). La coberta vegetal com a tècnica de maneig del sòl a la vinya. Fitxa Tècnica 82. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. 7 p.

Glover, J.D.; Reginald, J.P. i Andrews, R.K. (2000). Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington state. Agric. Ecosyst. Environ. 80, 29–45.

Gómez, J.A.; Guzman, G. i Lorite, I. (2011). A conceptual water balance model to explore the impact of different soil management on water availability for vineyards under contrasting environments. Soil Use and Management 27, 502-514.

Guerra, J.G.; Cabello, F.; Fernández-Quintanilla, C.; Peña. J.M. i Dorado J. (2022). How weed management influence plant community composition, taxonomic diversity and crop yield: A long-term study in a Mediterranean vineyard. Agroc. Ecos. Environ. 326, 107816,

Guzmán, G.; Cabezas, J.M.; Sánchez-Cuesta, R.; Lora, A.; Bauer, T.; Strauss, P.; Winter, S.; Zallere, J.G. i Gómez, J.A. (2019). A field evaluation of the impact of temporary cover crops on soil properties and vegetation communities in southern Spain vineyards. Agric. Ecosyst. Environ. 272, 135–145.

Halde, C.; Bamford, K.C. i Entz, M.H. (2015). Crop agronomic performance under a six year continuous organic no-till system and other tilled and conventionally managed systems in the northern Great Plains of Canada. Agric. Ecosyst. Environ. 213, 121–130.

Harwood, R.R. (1983). International overview of regenerative agriculture. In: Proceedings of Workshop on Resource-efficient Farming Methods for Tanzania, Morogoro, Tanzania, 16–20 May 1983, Faculty of Agriculture, Forestry, and Veterinary Science, University of Dares Salaam, Morogoro, TZ: Rodale Press.

Hidalgo, L. (2002). Tratado de Viticultura General. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Ibáñez, S. (2015). Mantenimiento del suelo en el viñedo mediante cubiertas vegetales. Ed. Gobierno de La Rioja. 167 p.

Ibáñez, S.; Rivacoba, L. i García-Escudero E. (2022). Efectos del riego combinado con el mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal. IV Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH, Pamplona. Acta de Horticultura: 423-428.

ID-DAVID (2022). El laboreo en la viña. Una estratègia ideal para el manejo del suelo. ID-DAVID Smarting Solutions. https://id-david.com/laboreo-vina/ (accés el 05/01/2023).

Intrigliolo, D.; Ferrer, P.J. i Castel, J.R. (2007). Monitorización del riego en vid. A: Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Baeza, P.; Lissarrague, J.R. i Sánchez, P. (eds.). Madrid.

Jiménez-Brenes, F.M.; López-Granados, F.; Torres-Sánchez, J.; Peña, J.M.; Ramírez, P.; Castillejo-González, I.L. i De Castro, A.I. (2019). Automatic UAV-based detection of *Cynodon dactylon* for site-specific vineyard management. PLoS ONE 14, e0218132.

Jones, G.V. i Webb, L.B. (2010). Climate Change, Viticulture, and Wine: Challenges and Opportunities. Journal of Wine Research 21(2-3): 103-106.

Jradi, S.; Bouzdine, T.; Bernard Delhomme, C. i Jaegler, A. (2018). Tracking carbon footprint in 33 French vineyards: A DEA performance assessment, Journal of Cleaner Production 192, 43-54.

Kortabarria, J. (2017). Cubiertas vegetales en un viñedo de La Rioja alavesa. Influencia sobre el estado hídrico, crecimiento vegetativo, producción y calidad. Universidad del País Vasco. 209 p. Tesis doctoral.

Kosmas, C.; Danalatos, N.; Cammeraat, L.H.; Chabart, M. et al. (1997). The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. Catena. 29, 45-59.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science: 304, 1623-1627.

Lanini, W.T.; McGourty, G.T. i Thrupp, L.A. (2011). Weed management for organic vineyards. Organic Winegrowing Manual, 69-82.

Llorens, J.; Gil, E.; Llop, J. i Escolà, A. (2011). Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. Sensors 11, 2177-2194.

MAPA (2013). Guía de mantenimiento del suelo en viñedo mediante cubiertas vegetales. Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 71 p.

MAPA (2022) Producción Ecológica. Estadísticas 2021. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. (https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/) (accés el 02/01/2023).

MAPA-ESYRCE (2019). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Análisis de las plantacions de viñedo en España. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/vinedo2019_tcm30-562250.pdf (accés el 27/12/2022).

MAPA-ESYRCE (2022). Encuesta sobre superfícies y rendimiento de cultivos. Resultados provisionales provinciales y autonómicos. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/datos_prov2022_tcm30-641401.pdf (Accés el 21/03/2023)

MAPA-INFOVI (2022). https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/vitivinicultura/INFOVI_2021.aspx (accés el 27-12-2022).

MAPA-PAC (2022). El Plan Estratégico de la PAC de España (2023-2027). Resumen del plan aprobado por la Comisión Europea. https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/resumen-pac-es_tcm30-627662.pdf (accés el 05/01/2023).

Mattii, G.B., Storchi, P. i Ferrini, F. (2005). Effects of soil management on physiological, vegetative and reproductive characteristics of Sangiovese grapevine. Advances in Horticultural Science, 19 (4), 198-205.

Moreno, H.; Valero, C.; Bengoechea-Guevara, J.M. i Ribeiro, A. (2020). On-ground vineyard reconstruction using a LiDAR-based automated System. Sensors 20, 1102.

Morlat, R. i Jacquet, A. (2003). Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without interrow sward. Am. J. Enol. Vitic. 54, 1-7.

OIV (2020). State of the World Vitivinicultural Sector in 2020. Ed. International Organisation of Vine and Wine. 19 p.

OIVE (2020). Importancia económica y social del sector vitivinícola en España. Ed. Organización Interprofesional del Vino de España, 23 p.

ONU (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/ (accés el 28/12/2022).

Ovalle, C.; Del Pozo, A.; Lavín, A. i Hirzel, J. (2007). Cubiertas vegetales en viñedos: comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras y efectos sobre la fertilidad del suelo. Agricultura Técnica, 67 (4), 384-392.

Pérez-Parmo, R.; Aizpurua, A.; Zarauz, L.; Uribeetxebarria, A.; Jalón, E.F. i Unamunzaga, O. (2022). Cubierta vegetal espontánea como herramienta frente a la erosión en un viñedo de La Rioja alavesa. IV Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH, Pamplona. Acta de Horticultura, 411-414.

Poulton, P.; Johnston, J.; Macdonald, A.; White, R. i Powlson, D. (2018). Major limitations to achieving "4 per 1000" increases in soil organic carbon stock in temperate regions: Evidence from long-term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom. Glob. Chang. Biol. 24, 2563-2584.

Prosdocimi, M.; Cerdà, A. i Tarolli, P. (2016). Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. Catena 141, 1–21.

Puig, C.G.; Valencia-Gredilla, F.; Pardo-Muras, M.; Souto, C.; Recasens, J. i Pedrol, N. (2021). Predictive phytotoxic value of water-soluble allelochemicals in plant extracts for choosing a cover crop or mulch for specific weed control. Italian Journal of Agronomy 16:1872.

Puiggròs, J.M. (2018). La cultura de la vinya i el vi a Catalunya, de l'edat mitjana als temps actuals. Universitat de Barcelona. 366 p. Tesi doctoral.

Ramírez, P.; Cabezas, J.M.; Páez, F.C. i León J.M. (2022). Efectos de cubiertas vegetales sembradas sobre un viñedo cultivado en ecológico de la variedad Pedro Ximénez. IV Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH, Pamplona. Acta de Horticultura, 395-404.

Recasens, J.; Valencia, F.; Montull, J.M. i Taberner, A. (2018). Malas hierbas problemáticas en viñedos con cubiertas vegetales y métodos químicos para su control. Vida Rural 444: 48-58.

Recasens, J.; Conesa, J.A. i Juárez, A. (2020). Las invasiones vegetales en sistemas agrícolas. Retrospectiva de los últimos 40 años en Catalunya. ITEA 116(3), 190-211.

Recasens, J.; Conesa, J.A.; Royo-Esnal, A.; Torra, J. i Montull. J.M. (2021). Identificación y características de las especies de malas hierbas del género *Conyza*. Col·lecció TRICHOMA núm 2. DOI 10.21001/trichoma 2.2021. Ed. Cátedra Corteva de Malherbología. Edicions de la Universitat de Lleida. Disponible on line: file:///C:/Users/Usuari/Downloads/Trichoma_a2021n2.pdf

Recasens, J.; Cabrera-Pérez, C.; Llorens, J.; Rincón, S. i Escolà, A. (2022). Manejo de cubiertas vegetales en viñedo para el control de malas hierbas. Balance entre vigor y sostenibilidad. XVIII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. 26-29 abril. Mérida. Actas, 155-160.

Reglament Unió Europea (2018). Reglament (UE) del Parlament Europeu i del Consell de 30 de maig de 2018, sobre producció ecològica i etiquetatge dels productes ecològics i pel qual es deroga el Reglament (CE) 834/2007 del Consell.

Resco, P. (2015). Viticultura y cambio climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Universidad Politécnica de Madrid. 194 p. Tesi doctoral.

Rodríguez-Lovelle, B.; Soyer, J.P. i Molot, C. (1999). Efectos del enherbado en viticultura sobre la nutrición mineral, el rendimiento y el vigor. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales, 14, 1-12.

Saavedra, M.; Casanova, C.; Sánchez-Jiménez, F.J. i Alcántara, C.J. (2016). Características de la gamínea *Brachypodium distachyon* como cubierta vegetal. Ed. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 2016. Córdoba. 21 p.

Salazar, D.M. i Melgarejo, P. (2005). Viticultura. Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinós. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Scholander, P.; Hammel, H.; Brandstreet, E. i Hemmingsen, E. (1965). Sap pressure in vascular plants. Science, 148, 339-346.

Schultz, H.R. i Jones, G.V. (2010). Climate induced historic and future changes in viticulture. Journal of Wine Research 21(2-3): 137-145.

Sims, J.L. i Frederick, L.R. (1970). Nitrogen immobilization and decomposition of corn residue in soil and sand as affected by residue particle size. Soil Sci. 109, 355–361.

Six, J. i Paustian, K. (2014). Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool. Soil Biol. Biochem. 31, 2099-2103.

Six, J.; Elliott, E.T. i Paustian, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. Soil Biol. Biochem: 32, 2099-2103.

Smart, D.R.; Schwass, E.; Lakso, A. i Morano, L. (2006). Grapevine rooting patterns: a comprehensive analysis and a review Am. J. Enology Vitic. 57, 89-104.

Smith, R.; Bettiga, L.; Cahn, M.; Baumgartner, K.; Jackson, L.E. i Bensen, T. (2008). Vineyard floor management affects soil, plant nutrition, and grape yield and quality. Calif. Agric. 62, 184-190.

SSSA (2023) Soil Science Society of America. Glossary of Soil Science Terms. (https://www.soils.org/publications/soils-glossary/#) (accés l'11/01/2023).

Steenwerth, K. i Guerra, B. (2012). Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: A review. American Journal of Enology and Viticulture 63, 149-164.

Tesic, D.; Keijer, M. i Hhutton, R.J. (2007). Influence of vineyard floor management practices on grapevine vegetative growth, yield and fruit composition. American Journal of Enology and Viticulture 58 (1), 1-11.

Urbano, J.M.; Borrego, A.; Torres, V.; Leon, J.M.; Jiménez, C.; Dinelli, G. i Barnes, J. (2007). Glyphosate-Resistant heiry fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. Weed Technology 21, 396-401.

Valdés-Gómez, H.; Fermaud, M.; Roudet, J.; Calonnec, A. i Gary, C. (2008). Grey mould incidence is reduced on grapevines with lower vegetative and reproductive growth. Crop Prot. 27, 1174–1186.

Valencia-Gredilla, F.; Royo-Esnal, A.; Juárez-Escario, A. i Recasens, J. (2020). Different Ground Vegetation Cover Management Systems to Manage *Cynodon dactylon* in an Irrigated Vineyard. Agronomy 10, 908.

Van Leeuwen, C.; Destrac-Irvine, A.; Dubernet, M.; Duchêne, E.; Gowdy, M.; Marguerit, E.; Pieri, Ph.; Parker, A.; de Résseguier i Ollat, N. (2019). An update on the impact of Climate change in viticulture and potential adaptations. Agronomy 9, 514.

Virto, I.; Imaz, M.J.; Fernández-Ugalde, O.; Urrutia, I.; Enrique, A. i Bescansa, P. (2012). Soil quality evaluation following the implementation of permanent cover crops in semi-arid vineyards. Organic matter, physical and biological soil properties. Span. J. Agric. Res. 10 (4), 1121-1132.

Vrsic, S.; Ivancic, A.; Pulko, B. i Valdhuber, J. (2011). Effect of soil management systems on erosion and nutrition loss in vineyards on steep slopes. Journal of Environmental Biology, 32 (3), 289-294.

Universitat de Lleida