

Millora de la diversitat florística en pastures al massís del Collsacabra¹

Josep Luquin-Lleixà, Carme Casas-Arcarons

Grup de Recerca en Biodiversitat, Ecologia i Tecnologia Ambiental (BETA), Departament de Biociències, Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya (UVic), Vic

REBUT: 1 DE MARÇ DE 2021 · ACCEPTAT: 23 DE JUNY DE 2021

RESUM

Les pastures són hàbitats de gran diversitat i riquesa florística, amb un gran valor ecològic i productiu, utilitzats des de fa segles per la ramaderia. Les pastures seminaturals, entre les quals hi ha els prats de dall, en són un exemple clar. Per tal d'assegurar-ne la conservació cal que se'n faci una gestió adequada. L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar l'efectivitat de diferents tècniques de restauració sobre la diversitat i la riquesa florística de les pastures seminaturals situades al massís del Collsacabra (Osona), en concret al costat de l'estany del Coll. També analitza l'evolució de l'estat de conservació i els efectes de les tècniques aplicades en la producció de les pastures. L'estudi s'ha dut a terme durant quatre anys (2015-2018), en un prat seminatural i un prat sembrat, aplicant

-
1. Aquest article és un resum del treball de fi de grau del mateix nom, defensat el juny de 2019 a la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya. El treball va rebre un accèssit en el premi d'estudiants de la Institució Catalana d'Estudis Agraris (ICEA) de 2020.

Correspondència: Josep Luquin Lleixà i Carme Casas Arcarons. A/e: josep96lull@gmail.com i carme.casas@uvic.cat.

les tècniques de restauració següents: escampada d'herba segada, trasplantament de pans de terra i sembra. Els resultats obtinguts mostren una millora notable en els dos prats, tant en diversitat com en riquesa florística, però no s'observen diferències significatives entre les tècniques utilitzades, ni tampoc amb les parcel·les de control. No hi ha afectacions negatives en la producció. La millora ecològica dels prats sembla seguir una evolució positiva gràcies a les tècniques usades, però és necessari continuar el seguiment de les parcel·les en estudi per a confirmar aquesta tendència.

PARAULES CLAU: prat seminatural, prat de dall, prat sembrat, diversitat florística, riquesa florística, conservació de pastures, restauració de pastures.

Improving the floral diversity in pastures of the Collsacabra massif

ABSTRACT

Pastures are habitats with a high ecological and productive value, and they have been used for centuries for livestock farming. Seminatural pastures, including hay meadows, are the best example. To ensure the conservation of this habitat, it should be managed taking into account the protection of biodiversity. The main purpose of this study is to assess the effectiveness of different restorative techniques on the floristic diversity and richness of seminatural pastures on the Collsacabra massif (Osona region, Catalonia, Spain). We also analyse the evolution of ecological quality and the impact of several applied techniques on the production of pastures. The study of the ecological improvement and floristic diversity and richness of the meadows was carried out over a period of four years (2015-2018) on seminatural pastures and a sown meadow, applying the following techniques: scattering of mown grass, transplanting of turf, and sowing of seeds. The results show a notable improvement in the two meadows, in both floral diversity and richness, but there are no significant differences between the techniques applied or with respect to the control plots. There are no negative effects on the production of the pastures. The ecological improvement of the meadows appears to follow a positive trend thanks to the techniques applied, but the plots under study should continue to be monitored in order to confirm it.

KEYWORDS: seminatural pastures, hay meadows, sown meadows, floristic diversity, floristic richness, pastures conservation, pastures restoration.

Mejora de la diversidad florística en pastos en el macizo de Collsacabra

RESUMEN

Los pastos son hábitats de gran diversidad y riqueza florística, con un gran valor ecológico y productivo, utilizados desde hace siglos por la ganadería. Los pastos seminaturales, entre ellos los prados de corte y pasto, son el ejemplo más claro. Para asegurar su conservación hace falta que haya una gestión adecuada. El objetivo principal de este trabajo es evaluar la efectividad de diferentes técnicas de restauración en la diversidad y la riqueza florística de los pastos seminaturales del macizo de Collsacabra (Osona), en concreto cerca del estanque del Coll. También analiza la evolución del estado de conservación y los efectos de las técnicas aplicadas en la producción de los pastos. El estudio se ha llevado a cabo durante cuatro años (2015-2018), en un prado seminatural y un prado sembrado, aplicando las siguientes técnicas de restauración: esparcida de hierba segada, trasplante de cepellones y siembra. Los resultados obtenidos muestran una mejora notable en los prados, tanto en diversidad como en riqueza florística, pero no se observan diferencias significativas entre las técnicas utilizadas, ni tampoco en las parcelas de control. No hay efectos negativos en la producción. La mejora ecológica de los prados parece seguir una evolución positiva gracias a las técnicas utilizadas, pero es necesario continuar el seguimiento de las parcelas en estudio para confirmar esta tendencia.

PALABRAS CLAVE: prado seminatural, prado de siega, prado sembrado, diversidad florística, riqueza florística, conservación de pastos, restauración de pastos.

1. Introducció

Les pastures són comunitats herbàcies poc o molt denses, d'una gran riquesa florística que, habitualment, són aprofitades per la ramaderia extensiva. A la muntanya mitjana i a la terra baixa, les pastures creixen en zones amb poc sòl, o massa seques per a poder-s'hi desenvolupar boscos o matollars (Conesa, 1997), però amb suficient precipitació a la primavera perquè el creixement de les plantes sigui possible (Vigo, 2005). Les pastures seminaturals són el resultat d'un procés evolutiu, sorgit de la interacció dels sistemes naturals amb els usos humans, i moltes vegades són el resultat de l'acció humana (Brendenkamp, Spada i Kazmierczak, 2011). Aquestes pastures constitueixen uns ecosistemes molt fràgils, ja que la vegetació climàtica de les zones que ocupen corresponen a boscos.

Aquest fet, unit a l'abandonament de la ramaderia extensiva i de les activitats agrícoles, està comportant el retrocés d'aquests hàbitats (Vila *et al.*, 2006). D'altra banda, la intensificació de l'activitat agrícola i ramadera degrada aquests ecosistemes i en redueix la biodiversitat (Mercadal, Gesti i Vilar, 2007; Salvat i Casas, 2014).

Els prats de dall són un tipus de pastures seminaturals d'alt interès ecològic, que a la península Ibèrica es desenvolupen, principalment, en muntanyes de clima humit (Mercadal, Gesti i Vilar, 2007), però a Catalunya també es poden trobar en zones de terra baixa de clima mediterrani si estan inundades a l'hivern i poden mantenir la humitat durant l'estiu (Font *et al.*, 1998). Es tracta de comunitats herbàcies implantades i mantingudes pels humans per a produir herba per al bestiar. Hi predominen espècies graminoides, però també hi són presents un nombre important de papilionàcies i d'altres grups com ara les compostes.

Al massís del Collsacabra, durant anys, l'agricultura i la ramaderia han estat la base de la seva economia. El paisatge actual és un mosaic de boscos i prats combinat amb pobles i masies disperses. La intensificació de l'explotació de les pastures per la ramaderia en els darrers anys ha comportat una degradació i una pèrdua de la riquesa florística en la major part de les pastures. També hi han influït l'abandonament del medi rural, que ha comportat la recuperació dels boscos en les terres de prats, i la disminució d'espais oberts, amb la pèrdua consegüent de riquesa, diversitat i qualitat.

La Fundació Paisatges Vius² ha establert acords de custòdia amb propietaris de finques per a fer actuacions de millora de la diversitat florística en prats de Collsacabra i estudiar com afecten diferents tècniques de restauració en la diversitat i la riquesa florística i l'estat de conservació dels prats de dall. L'estudi, fet en col·laboració amb el Grup de Recerca de Biodiversitat, Ecologia i Tecnologia Ambiental (BETA) de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya, s'emmarca dins del projecte «Comparativa de tècniques per a la millora de la diversitat florística en pastures seminaturals al Collsacabra».

Per a assolir aquest objectiu s'han analitzat, durant el període 2015-2018, l'evolució de la riquesa i diversitat florística, i la millora de l'estat de conservació dels prats de dall, així com els efectes de les tècniques aplicades per a millorar-ne la producció i la qualitat.

2. Àrea d'estudi

La comarca natural del Collsacabra (42.08 N, 2.42 E) és una regió situada entre les comarques d'Osona, la Garrotxa i la Selva. Té una superfície de 140 km² i una altitud mitjana

2. Vegeu: <https://paisatgesvius.org/>.

de 1.100 m. Està situada dins de l'estatge montà, un punt intermedi entre l'estatge subalpí i la terra baixa mediterrània, amb un predomini de la flora centreeuropea (Noguera, 1964). Li correspon un clima humit centreeuropeu de tendència atlàntica. En estar envoltada de valls s'hi generen forts vents, això, unit a l'orografia irregular, dona un clima humit amb pluges fortes a la primavera i hiverns més secs. Al Collsacabra les pastures seminaturals destaquen per la seva diversitat, amb importants poblacions d'orquídies i diversos hàbitats considerats d'interès per la Unió Europea (UE) (Carreras, Ferré i Vigo, 2015).

Les parcel·les en estudi pertanyen a les finques del Torrent i del Coll, són a prop de l'estany del Coll dins el terme municipal de Rupit i Pruit, a 1.017 m d'altitud. La vegetació forma un mosaic de boscos caducifolis, pastures seminaturals i camps dedicats a la pastura. Al voltant de l'estany hi ha també comunitats de macròfits i helòfits. Segons la classificació CORINE, els prats d'aquesta zona corresponen a l'hàbitat 38.23 Prats dalladors amb fromental, *Arrhenatherum elatius* (L.), dels estatges submontà i montà (Carreras, Ferré i Vigo, 2015).

3. Metodologia

3.1. Disseny experimental

Es van delimitar dues àrees de 400 m² de superfície (40 × 10 m), en dos tipus de prat, que presentaven un estat de conservació deficient. Un *prat seminatural*: prat de dall força degradat on predominaven alguns tàxons cultivats però amb poca presència de tàxons propis dels prats; i un *prat sembrat*: camp condicionat on periòdicament se sembla una barreja de plantes farratgeres (taula 1).

A cada àrea d'estudi s'hi van delimitar, amb estaques de fusta, vuit parcel·les de 50 m² (10 × 5 m), sis parcel·les van rebre tres tractaments per duplicat de millora de la riquesa florística: escampada d'herba segada (fenc), trasplantament de pans de terra i sembla, i dues es van deixar de control (figura 1).

3.2. Tècniques de restauració

Les tres tècniques de restauració de la composició florística es van aplicar la tardor de 2014 utilitzant material vegetal de prats donadors ben conservats situats en zones properes a l'àrea de treball. L'escampada de fenc consisteix a repartir de manera homogènia per la superfície del prat el fenc procedent d'un prat de dall en bon estat de conservació i deixar-lo reposar un temps perquè les llavors que conté puguin dipositar-se al sòl. El fenc

TAULA 1

Composició florística dels dos prats experimentals, seminatural i sembrat, el 2014 abans d'aplicar-hi els tractaments

Prat seminatural			Prat sembrat		
Espècie	Categoria (*)	Índex d'abundància-dominància (Braun-Blanquet)	Espècie	Categoria (*)	Índex d'abundància-dominància (Braun-Blanquet)
<i>Achillea millefolium</i>	1	1	<i>Dactylis glomerata</i>	2	1
<i>Centaurea jacea</i>	1	+	<i>Trifolium pratense</i>	2	+
<i>Galium verum</i>	1	+	<i>Trifolium repens</i>	2	4
<i>Holcus lanatus</i>	1	+	<i>Lolium multiflorum</i>	3	4
<i>Poa pratensis</i>	1	3	<i>Medicago sativa</i>	3	3
<i>Ranunculus acris</i>	1	+	<i>Plantago major</i>	3	+
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1	+	<i>Rumex crispus</i>	3	1
<i>Rinanthus pumilus</i>	1	+	<i>Taraxacum officinale</i>	3	+
<i>Festuca arundinacea</i>	2	2	<i>Picris hieracioides</i>	4	+
<i>Phleum pratense</i> subsp. <i>pratense</i>	2	2	<i>Plantago lanceolata</i>	4	+
<i>Trifolium pratense</i>	2	2			
<i>Trifolium repens</i>	2	3			
<i>Bromus hordeaceus</i>	3	3			
<i>Geranium molle</i> subsp. <i>molle</i>	3	+			
<i>Lolium perenne</i>	3	4			
<i>Malva sylvestris</i>	3	+			
<i>Rumex crispus</i>	3	+			
<i>Sisymbrium officinale</i>	3	+			
<i>Taraxacum officinale</i>	3	1			
<i>Urtica dioica</i>	3	+			
<i>Vicia sativa</i>	3	+			
<i>Cerastium pumilum</i>	4	+			
<i>Daucus carota</i>	4	+			
<i>Geranium dissectum</i>	4	+			
<i>Medicago lupulina</i>	4	1			
<i>Plantago lanceolata</i>	4	1			
<i>Plantago major</i>	4	+			

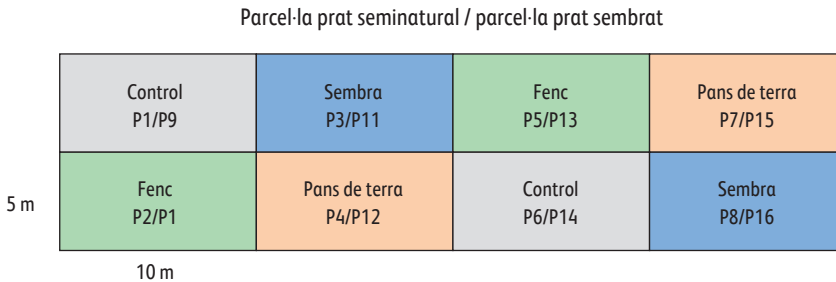
NOTA: Categoria: **1**: tàxons propis de prats; **2**: tàxons propis de prats dels quals sovint s'han sembrat varietats cultivades; **3**: tàxons exòtics, ruderals o cultivats; **4**: tàxons sense valor indicador.

Abundància-recobriment: +: espècie escassa, recobriment < 5 %; **1**: espècie abundant, recobriment 5-10 %; **2**: espècie molt abundant, recobriment 11-25 %; **3**: recobriment 26-50 %; **4**: recobriment 51-75 %; **5**: recobriment > 75 %.

FONT: Elaboració pròpia.

FIGURA 1

Distribució dels tractaments aplicats a les parcel·les experimentals



FONT: Elaboració pròpia.

es va obtenir de quatre bales de 4 m³ procedents d'un prat de dall de la Vall d'en Bas (la Garrotxa). S'hi va aplicar una capa d'entre 10 i 15 cm de gruix, i es va retirar al cap d'un mes. Per al trasplantament de pans de terra es van emprar pans de terra amb herba de 40 × 30 cm i 10 cm de gruix mínim procedents de prats de la Vall d'en Bas. Es van extreure manualment de diferents punts aleatoris del prat donador per a mitigar els efectes negatius de l'extracció. Els pans es van disposar a les parcel·les en estudi, a una densitat d'un pa/m², abans de les 24 hores de l'extracció. Per a la sembra es van emprar llavors de plantes característiques de prats en bon estat de conservació. Les llavors es van recollir a mà dels marges herbacis i de les pastures mesòfiles ben conservades dels voltants, es van assecat i es va preparar una barreja homogènia que es va repartir a una dosi de 2-5 g/m² (20-50 kg/ha) a les parcel·les corresponents. Les espècies i la quantitat en volum es mostren a la taula 2 de l'apartat de resultats.

Abans d'aplicar-hi els tractaments de millora, es van condicionar els prats receptors amb l'objectiu de facilitar la germinació o l'assentament. Per aquest motiu es van segar o pasturar prèviament per a mantenir la coberta herbàcia baixa i, després, s'hi va passar l'estripadora per a obrir la coberta herbàcia preexistent.

3.3. Seguiment i mostreig

Es va fer el seguiment de la composició florística i de la producció herbàcia en cadascuna de les setze parcel·les de 2015 a 2018. La presa de mostres es va fer un cop a l'any en el moment de màxim desenvolupament de l'herba (juliol), abans que el bestiar hi entrés a pasturar.

Per a seguir l'evolució de la composició florística es va fer un inventari florístic seguint el mètode fitocenològic (Braun-Blanquet, 1979), en el qual es recull la llista de tots els tàxons presents i el seu índex d'abundància-recobriment. Les diferents espècies es van agrupar en tres grups florístics: *graminoides*, que inclou les gramínies i ciperàcies; *papilionàcies*, i *altres*, que inclou qualsevol altra planta que no pertanyi als dos grups anteriors.

La producció herbàcia es va obtenir a partir de la biomassa aèria total en el moment de màxim desenvolupament del prat. A causa de problemes tècnics, només es van poder emprar les mostres de 2016 i 2017. La biomassa es va obtenir pel mètode destructiu, tallant amb tisores la part aèria vegetal de quatre quadrats de 0,5 × 0,5 m distribuïts aleatòriament a cada parcel·la. L'herba obtinguda es va introduir en bosses de polietilè identificades i segellades que es van pesar el mateix dia al laboratori per a obtenir el pes fresc. Seguidament, les mostres es van congelar a -20 °C per a conservar-les fins al moment de ser processades. Cada mostra es va separar en els tres grups florístics (*graminoides*, *papilionàcies* i *altres*) i cada part es va assecar en una estufa d'aire forçat a 60 °C durant 48 hores per a obtenir el pes sec de cada grup. La biomassa total de cada mostra (pes sec) es va obtenir sumant la matèria seca dels tres grups.

Es van recollir les dades climàtiques del període 2014-2018 enregistrades a l'observatori de Rupit, per tal de relacionar els resultats obtinguts amb la climatologia dels anys en estudi.

3.4. Tractament i anàlisi de les dades

La creació de les taules dels inventaris florístics es va fer amb el programa Quercus, del programari VegAna.³ A partir d'aquestes taules es va calcular la riquesa d'espècies i la diversitat florística de cada parcel·la. La diversitat es va calcular a través de l'índex de Shannon (Shannon i Weaver, 1949) transformant prèviament els índexs d'abundància-recobriment en percentatges de recobriment.

L'estat de conservació de les pastures es va avaluar a partir de la presència de tàxons indicadors de la qualitat, seguint els criteris establerts en treballs anteriors (Casas i Salvat, 2011; Caballé, 2017; Falcon, 2017), i de l'ecologia de cada espècie recollida en obres botàniques de referència (Bolòs *et al.*, 2005). Les categories considerades van ser: categoria 1) tàxons propis de pastures seminaturals, la seva presència és un indicador del bon estat de conservació d'aquestes zones; categoria 2) tàxons propis de pastures seminatu-

3. Vegeu: <http://biodiver.bio.ub.es/veganaweb/main/?section=../bvegana/content.jsp>.

rals en els quals sovint s'han sembrat varietats cultivades, no tenen valor indicador; categoria 3) tàxons exòtics, ruderals o cultivats, són indicadors d'una elevada antropització de les pastures i, per tant, d'un baix valor de conservació; categoria 4) tàxons sense valor indicador, característics de matollars, pradells terofítics, etc., són tàxons que es poden situar en ambients diversos.

Les dades obtingudes es van sotmetre a una anàlisi de la variància (ANOVA) d'un factor (el tractament en parcel·la) per a observar les diferències entre tractaments d'un mateix any, així com les diferències entre els anys. Per a l'anàlisi detallada en cas que hi hagués diferències entre els tractaments, es va fer una comparació múltiple de mitjanes amb el test de Tukey. Les diferents anàlisis estadístiques s'han fet utilitzant el llenguatge de programació R, i amb una significació de 0,05.

4. Resultats

4.1. Climatologia

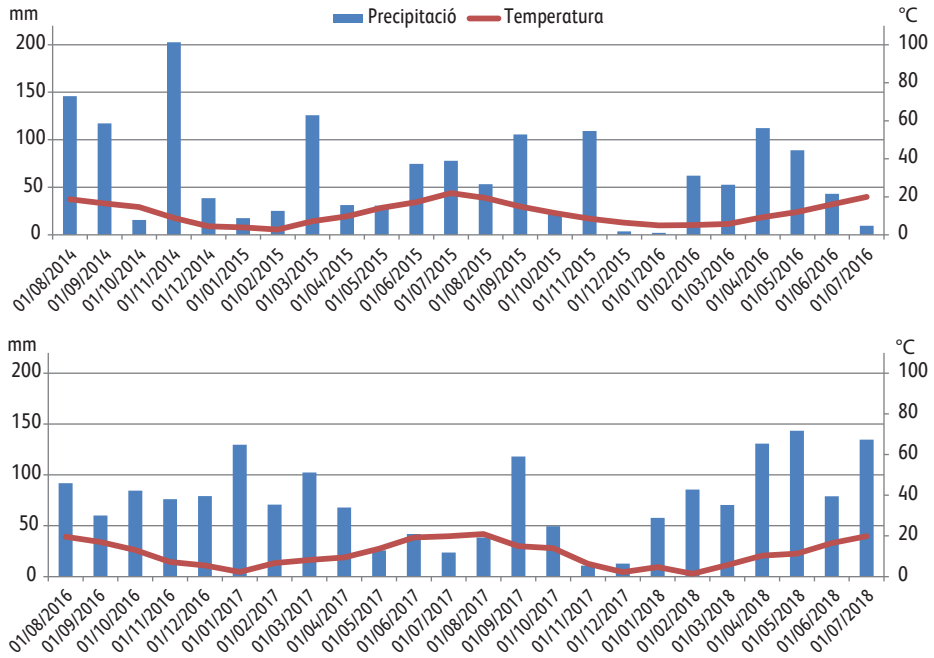
Segons dades de l'observatori meteorològic de Rupit, la temperatura mitjana del període 1989-2018 és de 10,5 °C. Aquest valor és inferior a les mitjanes dels anys 2014 (11,3 °C), 2015 (11,5 °C), 2016 (11,3 °C), 2017 (11,5 °C) i 2018 (12,1 °C). La precipitació anual entre 2014 i 2018 ha estat força variable. La precipitació anual mitjana del període 1989-2018 és de 997,5 mm, i només el 2014 la precipitació és similar (997,3 mm). Els anys 2015, 2016 i 2017, en canvi, les precipitacions van ser inferiors (676,6 mm, 763,0 mm, 691,6 mm, respectivament). El 2018 va ser l'any més plujós (1.060,6 mm), especialment els mesos de primavera (març-juny) (figura 2). Si observem l'evolució de la temperatura mensual mitjana i la precipitació mensual del període 2014-2018 (figura 2), es constata que la precipitació varia molt en les mateixes estacions dels diferents anys.

4.2. Riquesa d'espècies i diversitat florística

Pel que fa als valors mitjans de riquesa florística per tractament (figura 3), l'any 2015, les parcel·les de control i amb sembra van mostrar valors significativament més baixos que les parcel·les amb pans de terra i escampada de fenc (p -valor = 0,009). D'altra banda, no s'observen diferències significatives entre tractaments els anys 2016, 2017 i 2018. Entre anys, la riquesa del control presenta diferències significatives l'any 2018 respecte de la resta (p -valor = 0,021), i la sembra de 2015 presenta diferències significatives respecte de 2016 i 2018 (p -valor = 0,005). De fet, la riquesa florística augmenta al llarg dels

FIGURA 2

Climograma de l'estació meteorològica de Rupit. De l'agost de 2014 al juliol de 2018



FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de l'estació meteorològica de Rupit.

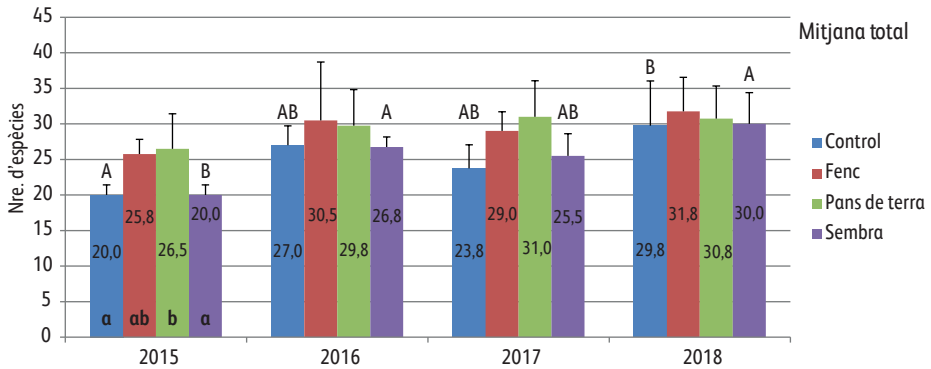
anys; només el 2017 hi ha una lleu davallada en tots els tractaments, excepte en el de pans de terra.

Per tipus de prat, la riquesa florística del prat sembrat, en general, és superior a la del prat seminatural en tots els tractaments, excepte en algun cas (fenc 2015, 2016 i 2017 i sembra 2015) (figura 4), si bé aquestes diferències no són significatives.

Pel que fa a la diversitat florística mitjana per tractament i any (figura 5), en general, no s'observen diferències significatives entre tractaments d'un mateix any, excepte el 2017, en què les parcel·les amb pans de terra presenten una diversitat significativament superior a les de sembra (p -valor = 0,018). Entre anys, s'observen diferències significatives. El 2015, la diversitat florística de les parcel·les control és significativament inferior a la de 2016 i 2017 (p -valor = $8,22 \times 10^{-4}$); en la resta de tractaments (fenc, pans de terra i sembra), també és significativament inferior respecte de la resta dels anys (p -valor = 0,002; $4,13 \times 10^{-5}$ i $3,52 \times 10^{-5}$, respectivament).

FIGURA 3

Riquesa florística mitjana de cada tractament i any d'estudi



NOTA: Les lletres minúscules indiquen diferències significatives entre tractaments del mateix any. Les lletres majúscules indiquen diferències significatives entre els anys d'un mateix tractament. Lletres diferents indiquen diferències significatives (significació = 0,05).

FONT: Elaboració pròpia.

Per tipus de prat (figura 6), la diversitat en el prat seminatural, en general, és superior, i destaca el tractament amb fenc. En el prat sembrat, destaquen el tractament amb pans de terra i el control, excepte el 2018. En tot cas, les diferències no són significatives.

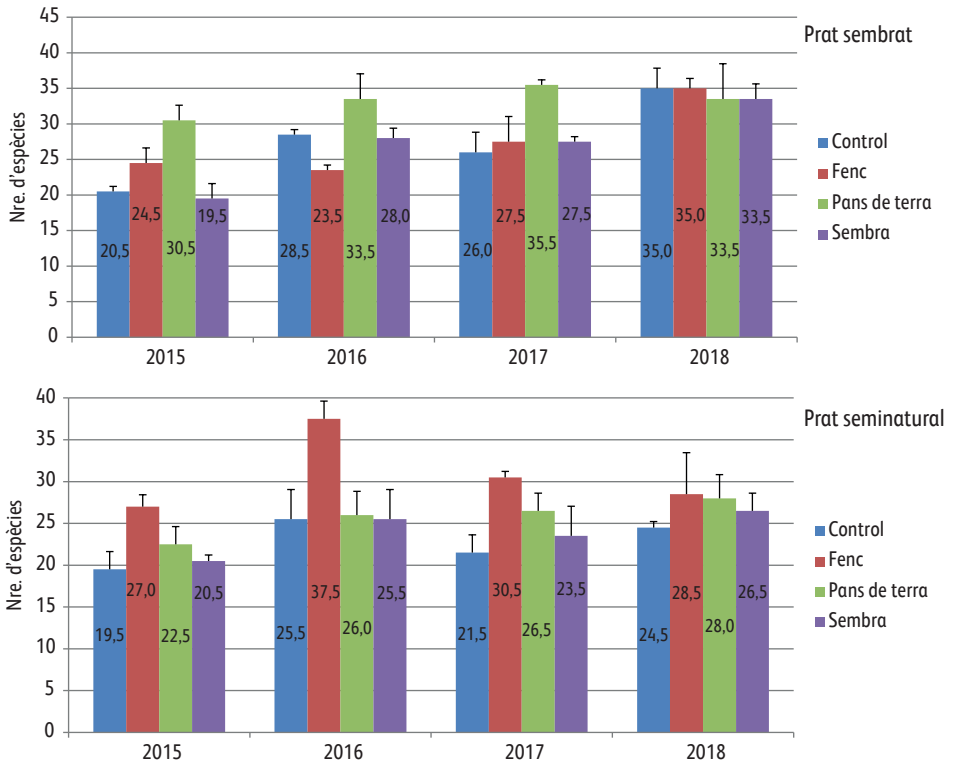
4.3. Composició florística

Si es comparen les espècies de la barreja de llavors sembrades i la seva presència en les parcel·les tractades els anys estudiats (taula 2), s'observa que dues no apareixen en cap dels inventaris fets, quatre només apareixen en una parcel·la un sol any, i dues apareixen en dues parcel·les i en dos anys diferents. Les cinc espècies restants es presenten de manera més o menys reiterada. Tot i això, no s'observa relació en la germinació de les llavors i el volum emprat en la sembra.

Pel que fa als percentatges de recobriment dels diferents grups florístics (figura 7), es constata que el grup de graminoides és el més abundant en tots els tractaments i anys. El 2015 es quan presenta més abundància (90-75 %, segons el tractament), i els anys successius en manté en 60-75 % de mitjana en els diferents tractaments. Les papilionàcies ocupen un percentatge insignificant el 2015, que augmenta el 2016 i es manté la resta dels

FIGURA 4

Riquesa florística de cada tractament i any en els prats experimentals: prat seminat i prat sembrat



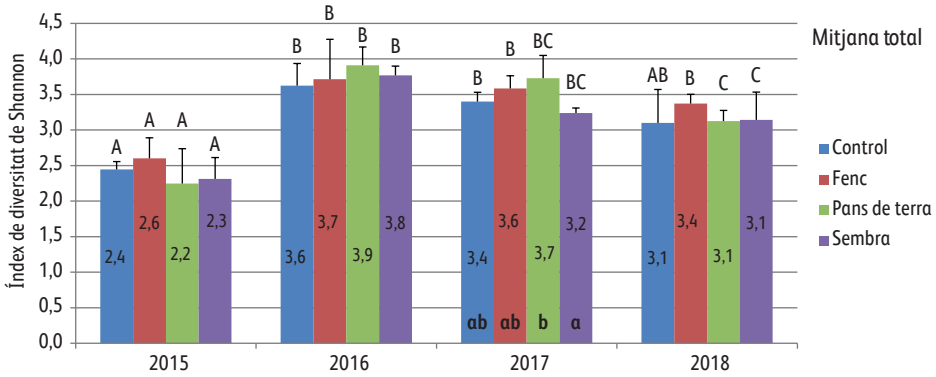
FONT: Elaboració pròpia.

anys. El grup *altres* presenta entre 5-25 % de recobriment, sense mostrar diferències entre anys. No hi ha diferències significatives de cap dels grups florístics entre els tractaments.

En calcular la correlació entre el recobriment dels grups florístics i la diversitat florística per tractament (taula 3), s'observa una correlació negativa, lògica, entre el recobriment de graminoides i la diversitat florística en tots els tractaments, significativa en tots els tractament excepte en fenc. S'observa també una correlació positiva i significativa entre el recobriment de papilionàcies i la diversitat en tots els tractaments, així com entre el recobriment del grup *altres* (resta d'espècies) i la diversitat només en els tractaments amb pans de terra i sembra.

FIGURA 5

Diversitat florística (índex de Shannon) mitjana per cada tractament i any d'estudi



NOTA: Les lletres minúscules indiquen diferències significatives entre tractaments del mateix any. Les lletres majúscules indiquen diferències significatives entre els anys d'un mateix tractament. Lletres diferents indiquen diferències significatives (significació = 0,05).

FONT: Elaboració pròpia.

TAULA 2

Composició de la barreja de llavors sembrades a les parcel·les corresponents i presència de les espècies al llarg dels anys d'estudi

Espècies	Total sembrat (cm ³)	2015				2016				2017				2018			
		P3	P8	P11	P16	P3	P8	P11	P16	P3	P8	P11	P16	P3	P8	P11	P16
<i>Anthyllis vulneraria</i>	400				X												
<i>Dianthus seguieri</i>	2																
<i>Helianthemum nummularium</i>	80																
<i>Holcus lanatus</i>	40			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leucanthemum vulgare</i>	44					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linum usitatissimum</i>	16			X		X		X	X			X	X			X	X
<i>Onobrychis supina</i>	192						X										
<i>Ononis spinosa</i>	4																X
<i>Phleum pratense</i>	30		X		X	X	X		X	X		X		X	X	X	X
<i>Rhinanthus pumilus</i>	176	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Salvia pratensis</i>	20										X						
<i>Sanguisorba minor</i>	8											X					X
<i>Scabiosa columbaria</i>	60											X				X	

FONT: Elaboració pròpia.

FIGURA 6

Diversitat florística (índex de Shannon) en els prats experimentals



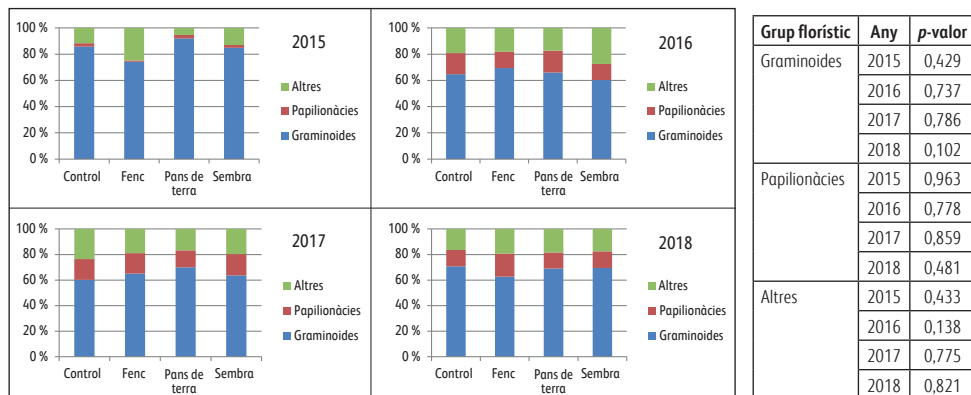
FONT: Elaboració pròpia.

4.4. Indicadors de l'estat de conservació de les pastures

La figura 8 mostra els valors obtinguts de recobriment de cada categoria de tàxons indicadors per als diferents tractaments i anys d'estudi. El percentatge de recobriment de les diferents categories l'any 2015 és prou diferent del dels anys posteriors, i en cap cas les diferències entre tractaments i anys són significatives. Tot i així, en general, s'observa que les espècies de la categoria 1 (pròpies dels prats) dominen progressivament en tots els tractaments a partir de 2016, que el percentatge de recobriment de les espècies de la categoria 2 (pradenques cultivades) es manté estable tots els anys amb un increment

FIGURA 7

Percentatge de recobriment de cada grup florístic per tractament i any d'estudi, i p-valor (ANOVA) de les mitjanes de cada grup florístic i any



NOTA: Significació: 0,05.

FONT: Elaboració pròpia.

TAULA 3

Correlació entre diversitat florística i recobriment dels diferents grups florístics per tractament

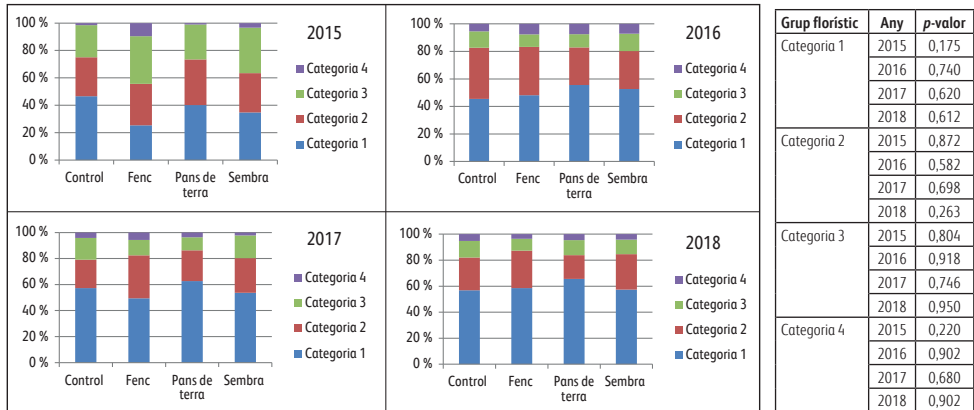
Tractament	Grups florístics	p-valor	R ²	Correlació
Control	Graminoides	0,007	0,413	-0,642
	Papilionàcies	$9,86 \times 10^{-5}$	0,673	0,821
	Altres	0,175	0,127	0,357
Fenc	Graminoides	0,072	0,213	-0,461
	Papilionàcies	0,002	0,509	0,713
	Altres	0,813	0,004	0,064
Pans de terra	Graminoides	$2,27 \times 10^{-5}$	0,734	-0,857
	Papilionàcies	$4,86 \times 10^{-4}$	0,593	0,770
	Altres	$4,76 \times 10^{-4}$	0,594	0,771
Sembra	Graminoides	$1,02 \times 10^{-6}$	0,828	-0,910
	Papilionàcies	0,016	0,350	0,592
	Altres	0,002	0,514	0,717

NOTA: Significació: 0,05.

FONT: Elaboració pròpia.

FIGURA 8

Percentatge de recobriment de cada categoria de tàxons indicadors per tractament i any d'estudi i p-valor (ANOVA) de les mitjanes de cada categoria i any



NOTA: Significació: 0,05. Categoria 1: tàxons propis de prats; categoria 2: tàxons propis de prats en els quals sovint s'han sembrat varietats cultivades; categoria 3: tàxons exòtics, ruderals o cultivats; categoria 4: tàxons sense valor indicador.

FONT: Elaboració pròpia.

lleuger el 2016, que les espècies de la categoria 3 (ruderals o exòtiques) disminueixen significativament a partir de 2016 i que les espècies de la categoria 4 (espècies sense valor indicador) tenen una presència molt residual en tots els tractaments i anys.

En calcular la correlació entre les categories de tàxons indicadors de l'estat de conservació i la diversitat florística (taula 4), s'observa que la diversitat augmenta significativament quan creix el recobriment de les espècies pròpies dels prats (categoria 1) en les parcel·les tractades amb fenc i amb pans de terra. Que la presència d'espècies cultivades (categoria 2) no influeix significativament en la diversitat en cap dels tractaments. Que les espècies ruderals (categoria 3) mostren una correlació negativa amb la diversitat, que és significativa només quan el tractament és amb pans de terra. I finalment, que en augmentar les espècies sense valor indicador (categoria 4) la diversitat creix en tots els tractaments, i significativament només quan és amb pans de terra.

4.5. Producció herbàcia

Els valors de biomassa total (calculada en g de matèria seca / m²) obtinguts l'any 2016 (taula 5) indiquen que no hi ha diferències significatives entre tractaments, només en-

TAULA 4

Correlació entre la diversitat florística (índex de Shannon) i el recobriment d'espècies indicadores de cada categoria, per tractament

Tractament	Categoria d'espècies	p-valor	R ²	Correlació
Control	Categoria 1	0,949	< 0,001	-0,018
	Categoria 2	0,569	0,024	0,154
	Categoria 3	0,335	0,066	-0,258
	Categoria 4	0,169	0,131	0,361
Fenc	Categoria 1	0,013	0,369	0,607
	Categoria 2	0,569	0,063	0,252
	Categoria 3	0,335	0,155	-0,394
	Categoria 4	0,169	0,008	0,090
Pans de terra	Categoria 1	0,048	0,252	0,502
	Categoria 2	0,771	0,006	-0,079
	Categoria 3	0,004	0,467	-0,683
	Categoria 4	0,005	0,443	0,666
Sembra	Categoria 1	0,258	0,091	0,301
	Categoria 2	0,897	0,001	0,0353
	Categoria 3	0,066	0,222	-0,471
	Categoria 4	0,145	0,146	0,385

NOTA: Significació: 0,05. Categoria 1: tàxons propis de prats; categoria 2: tàxons propis de prats en els quals sovint s'han sembrat varietats cultivades; categoria 3: tàxons exòtics, ruderals o cultivats; categoria 4: tàxons sense valor indicador.

FONT: Elaboració pròpia.

tre els dos tipus de prat estudiats (seminatural i sembrat) en el tractament amb pans de terra, en el qual la biomassa és superior en el prat seminatural. També el 2017 s'observa diferència significativa entre els dos tipus de prat en el tractament amb pans de terra, però en sentit invers: el valor superior de biomassa s'observa en el prat sembrat (taula 6).

En desglossar les dades per grups florístics, l'any 2016 (taula 5), la biomassa de les graminoides de les parcel·les tractades amb pans de terra, en el prat seminatural, és significativament més elevada que en el sembrat. Per al mateix grup i any, s'observen diferències significatives entre tractaments en el prat seminatural; el valor mitjà de biomassa de les graminoides de les parcel·les tractades amb fenc és significativament inferior. La biomassa de les graminoides l'any 2017 no presenta diferències significatives entre tractaments ni entre tipus de prat (taula 6).

TAULA 5

Mitjana i desviació estàndard de la biomassa (g de matèria seca / m²), total i dels diferents grups florístics, per tractaments i tipologia de prat. Mostres de 2016

Biomassa total 2016 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	745,64 ± 308,05	781,32 ± 272,29	763,48 ± 281,47	0,81
Fenc	706,99 ± 93,16	947,28 ± 307,94	827,14 ± 252,39	0,0531
Pans de terra	943,42 ± 192,23	681,32 ± 244,33	812,37 ± 251,84	0,0318
Sembra	839,20 ± 221,98	651,65 ± 122,83	745,43 ± 198,54	0,0553
p-valor	0,156	0,0954	0,758	
Graminoides 2016 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	612,17 ± 273,48 ^{ab}	520,58 ± 236,14	566,38 ± 251,32	0,485
Fenc	384,18 ± 109,16 ^a	626,96 ± 324,16	505,57 ± 265,17	0,121
Pans de terra	781,90 ± 142,24 ^b	554,89 ± 213,24	668,40 ± 210,71	0,0252
Sembra	609,61 ± 118,35 ^b	456,98 ± 175,65	533,30 ± 164,76	0,0609
p-valor	0,000847	0,573	0,204	
Papilionàcies 2016 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	49,84 ± 52,96	49,22 ± 46,57	49,53 ± 48,18	0,778
Fenc	73,44 ± 54,74	110,12 ± 116,72	91,78 ± 90,08	0,434
Pans de terra	68,13 ± 54,03	58,49 ± 73,39	63,31 ± 62,45	0,417
Sembra	30,23 ± 31,00	36,10 ± 32,86	33,17 ± 31,01	0,762
p-valor	0,193	0,474	0,125	
Altres 2016 Pes sec (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	83,62 ± 50,50	211,51 ± 90,71 ^a	147,57 ± 96,91 ^{ab}	0,00365
Fenc	249,38 ± 125,46	210,21 ± 146,11 ^a	229,79 ± 133,11 ^a	0,574
Pans de terra	93,39 ± 65,15	67,94 ± 91,59 ^b	80,66 ± 77,90 ^b	0,417
Sembra	199,35 ± 148,86	158,58 ± 94,68 ^{ab}	178,96 ± 122,34 ^a	0,524
p-valor	0,193	0,0184	0,00204	

NOTA: Lletres diferents indiquen diferències significatives entre tractaments. Significació: 0,05.

FONT: Elaboració pròpia.

TAULA 6

Mitjana i desviació estàndard de la biomassa (en g de matèria seca / m²), total i dels diferents grups florístics, per tractaments i tipus de prat. Mostres de 2017

Biomassa total 2017 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	690,60 ± 231,01	506,88 ± 271,18	598,74 ± 261,20	0,167
Fenc	583,47 ± 193,62	666,97 ± 156,29	625,22 ± 175,36	0,401
Pans de terra	557,04 ± 141,69	700,87 ± 95,82	628,95 ± 138,46	0,0322
Sembra	513,09 ± 120,48	619,83 ± 241,51	566,46 ± 192,44	0,282
p-valor	0,271	0,268	0,793	
Graminoides 2017 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	537,94 ± 223,22	387,46 ± 290,42	462,70 ± 262,01	0,265
Fenc	413,68 ± 181,98	546,16 ± 145,92	479,92 ± 173,41	0,131
Pans de terra	436,83 ± 124,29	562,89 ± 128,22	499,86 ± 138,27	0,0657
Sembra	412,90 ± 125,82	445,90 ± 247,56	429,40 ± 190,47	0,742
p-valor	0,412	0,323	0,775	
Papilionàcies 2017 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	53,94 ± 19,21	25,58 ± 21,88 ^a	39,76 ± 24,70	0,0155
Fenc	114,72 ± 92,70	57,46 ± 27,69 ^b	86,09 ± 72,40	0,116
Pans de terra	34,68 ± 22,39	26,05 ± 22,92 ^a	30,37 ± 22,34	0,459
Sembra	50,08 ± 27,13	40,90 ± 25,86 ^{ab}	11,37 ± 6,51	0,5
p-valor	0,171	0,0479	0,00251	
Altres 2017 (g ms/m ²)				
Tractament	Prat seminatural	Prat sembrat	Mitjana	p-valor
Control	98,72 ± 50,31	98,72 ± 50,31	96,28 ± 60,62	0,879
Fenc	55,07 ± 24,97	63,35 ± 32,27	59,21 ± 28,20	0,575
Pans de terra	85,53 ± 50,47	111,93 ± 86,52	98,73 ± 69,77	0,468
Sembra	50,12 ± 28,71	133,03 ± 42,05	91,57 ± 55,16	0,000408
p-valor	0,173	0,166	0,314	

NOTA: Lletres diferents indiquen diferències significatives entre els tractaments. Significació: 0,05.

FONT: Elaboració pròpia.

Pel que fa a les papilionàcies, el 2016 no s'observen diferències significatives entre tractaments ni entre tipus de prat (taula 5). El 2017, en canvi, en el prat sembrat s'observen diferències significatives entre tractaments, i, en el control, entre els dos tipus de prat (taula 6).

Pel que fa al grup d'altres espècies, el 2016 (taula 5), s'observen diferències significatives entre tractaments en el prat sembrat i en la mitjana dels dos tipus de prat, i la biomassa del tractament amb pans de terra és inferior a la resta de tractaments. Finalment, en el control, s'observa que la biomassa del prat sembrat és significativament superior a la del prat seminatural. El 2017 només s'observen diferències significatives entre els dos tipus de prat en el tractament amb sembra (taula 6).

5. Discussió

5.1. Riquesa i diversitat florística

Si es compara la riquesa florística de les parcel·les en estudi a l'inici del projecte (taula 1), abans de fer les actuacions de millora, amb les dades dels anys posteriors, s'observa que, en general, en el prat sembrat ha augmentat notablement. En canvi, en el prat seminatural, tot i haver millorat, la millora és inferior (figura 4).

Cal destacar que el 2015 la riquesa florística i l'índex de diversitat presenten valors baixos en tots els tractaments, degut, probablement, al condicionament de les parcel·les previ als tractaments de restauració, i al fet que les espècies encara no s'havien assentat prou en el sòl. A més, la baixa precipitació de 2015 segurament va agreujar els efectes del condicionament, cosa que va dificultar el creixement de les espècies (Bakket *et al.*, 2018).

Les diferències en la riquesa florística mitjana entre tractaments són mínimes, tot i que els tractaments amb fenc i pans de terra presenten més riquesa tots els anys, sobretot el 2015. El 2018, però, s'homogeneïtza la riquesa entre tractaments (figura 3). Aquest comportament és semblant al d'un estudi fet en prats d'Àustria, en el qual es van aplicar dos tractaments similars als de fenc i sembra del nostre treball, en el qual la riquesa va augmentar durant un període de tres anys (Graiss *et al.*, 2013). La davallada lleu de riquesa de 2017 podria ser deguda a la baixa precipitació entre març i juny, mesos cabdals per al desenvolupament de les plantes herbàcies (Guàrdia, Casas i Ninot, 1998).

En la diversitat, el patró no és d'augment constant; es produeix un descens els anys 2017 i 2018 (figura 5). Aquesta evolució podria ser indicadora d'una presència més gran d'espècies dominants sense que se n'alteri la riquesa. L'augment de la diversitat pot ser determinat per la disminució del percentatge de graminoides i l'augment de papilionà-

cies, cosa que afecta, no només la riquesa, sinó també la qualitat farratgera dels prats. En aquest cas, es veurien complementats els valors nutricionals no aportats per les gramínies.

En el tractament de sembra, s'observa que no hi ha relació entre el volum de les llavors de cada espècie sembrada i la seva presència els successius anys. Possiblement, no es va arribar a la dosi necessària de llavors per a assegurar la implantació. Tot i això, s'ha de continuar fent un seguiment de les espècies presents en cada zona, per tal d'observar quines variacions es produeixen al llarg del temps. Cal esmentar que certes espècies no apareixen fins al cap de tres anys, i d'altres, apareixen intermitentment en les diferents parcel·les; tal com s'ha observat en altres estudis, les comunitats de plantes herbàcies canvien la seva presència constantment (Carter i Blai, 2012; Applestein *et al.*, 2018).

L'evolució de la riquesa florística i la diversitat en les parcel·les control per als dos tipus de prat es manté en la mateixa línia que els tractaments i, en algunes ocasions, són més altes. Aquesta tendència a la millora, sense diferències significatives entre els tractaments, excepte el 2015 en riquesa, podria ser indicativa d'un altre factor de variació: el maneig que s'ha fet de la pastura durant els anys de seguiment. En els prats en estudi, el dall de l'herba o l'aprofitament a dent es van fer després que s'haguessin fet els inventaris florístics i la recollida de mostres de biomassa aèria, els quals es duen a terme quan la majoria de plantes estan en floració i algunes en fructificació. Això pot haver permès un enriquiment del banc de llavors del sòl. Aquesta falta de depredadors herbàcies i la millora del prat concorda amb un estudi fet a Oregon (Estats Units) l'any 2002, en el qual s'observa un augment del 21 % de la presència de *Bromus carinatus*, una planta indicadora de la zona, quan la predació va desaparèixer (Clark i Wilson, 2003). Això implica una disminució de l'estrès que pateixen els prats, cosa que ajuda a mantenir la diversitat (Peer *et al.*, 2004; Zavalloni *et al.*, 2008).

5.2. Indicadors de l'estat de conservació de les pastures

Com en la riquesa florística i la diversitat, l'any 2015, el percentatge de recobriment de les espècies característiques dels prats (categoria 1) va ser inferior al dels anys següents (2016-2018). Això pot ser degut al poc temps transcorregut (menys d'un any) després d'aplicar-hi les actuacions de millora. Tot i que en la diversitat florística no s'observen diferències significatives entre tractaments, sí que podem veure que els pans de terra i la sembra ajuden a reduir la presència de les espècies ruderals (categoria 3). Això es pot atribuir a la implantació d'espècies pròpies de prats seminaturalment afavorida pels tractaments de restauració, unit al fet que l'entrada de les vaques als prats es produeix quan la majoria de les plantes acaben la floració i ja estan en fase de fructificació.

En els tractaments amb fenc i pans de terra, s'ha detectat que la diversitat florística creix significativament en augmentar el percentatge de recobriment de les espècies característiques dels prats (categoria 1). En les parcel·les de control aquesta correlació és inversa. Els resultats obtinguts són comparables als que s'obtenen en les praderies de Minnesota (Estats Units), on les espècies autòctones, utilitzades com a indicadors de l'estat ecològic de la zona, augmentaven la diversitat florística després de dur a terme un tractament de sembra, però sent necessària una gestió posterior adequada de les praderies (Larson *et al.*, 2018).

5.3. Producció herbàcia

En el cicle de creixement anual de l'herba de prat, l'augment de biomassa es produeix a la primavera, en augmentar la temperatura i les precipitacions, i arriba al pic màxim a principis d'estiu. Després, durant l'estiu, la biomassa disminueix progressivament (Guàrdia, Casas i Ninot, 1998; Casas, 2008). L'estrès hídric és un dels principals factors limitants del creixement de les plantes i, per tant, de la producció. En aquest sentit, el 2016 va ploure en el moment oportú, fet que va permetre l'augment de biomassa. En canvi, el 2017, les pluges van ser més minses durant els mesos de primavera, a partir de març. Aquestes precipitacions poden haver influït en la biomassa final, però seria necessari seguir observant-ne l'evolució.

6. Conclusions

Els tractaments aplicats per a la restauració dels prats han comportat un augment significatiu de la diversitat i de la riquesa florística. D'aquests, el tractament de fenc i de pans de terra són els que han presentat millors resultats els primers anys, sobretot en riquesa florística. En els anys posteriors, els diferents tractaments s'han anat homogeneïtzant. Les tècniques de restauració utilitzades no mostren diferències significatives entre els dos tipus de prats. La millora de l'estat de conservació no ha comportat canvis en la producció de les pastures; els resultats obtinguts indiquen que és necessari continuar estudiant l'evolució que segueixen aquests prats restaurats durant els propers anys.

Bibliografia

- APPLESTEIN, C.; BAKKER, J. D.; DELVIN, E. G.; HAMMAN, S. T. (2018). «Evaluating seeding methods and rates for prairie restoration». *Natural Areas Journal*, 38 (5), p. 347-355.
- BAKKER, J. D.; DELVIN, E. G.; DUNWIDDIE, P. W. (2018). «Staged-scale restoration: Refining adaptive management to improve restoration effectiveness». *Journal of Applied Ecology*, 55 (3), p. 1126-1132.
- BOLÒS, O.; VIGO, J.; MASALLES, R. M.; NINOT, J. (2005). *Flora manual dels Països Catalans*. 3a ed. Barcelona: Pòrtic.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: H. Blume. 820 p.
- BREDENKAMP, A. G. J.; SPADA, F.; KAZMIERCZAK, E. (2011). «On the origin of Northern and Southern hemisphere grasslands». *Plant Ecology*, 163 (2), p. 209-229.
- CABALLÉ, I. (2017). *Caracterització i avaluació de l'estat ecològic de les pastures del Parc del Castell de Montesquiu*. Treball de fi de grau no publicat. Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya.
- CARRERAS, J.; FERRÉ, A.; VIGO, J. (2015). *Manual dels hàbitats de Catalunya*. Vol. V. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat.
- CARTER, D. L.; BLAIR, J. M. (2012). «High richness and dense seeding enhance grassland restoration establishment but have little effect on drought response». *Ecological Applications*, 22 (4), p. 1308-1319.
- CASAS, M. C. (2008). *Estudi tipològic, ecològic i funcional de les pastures de la Plana de Vic*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques. 304 p. (Arxius de la Secció de Ciències; 139)
- CASAS, C.; SALVAT, A. (2011). *Caracterització de les pastures de la finca Els cingles de l'Avenc (Tavertet)*. Fundació Catalunya Caixa. [Document inèdit]
- CLARK, D. L.; WILSON, M. V. (2003). «Post-dispersal seed fates of four prairie species». *American Journal of Botany*, 90 (5), p. 730-735.
- CONESA, J. A. (1997). *Tipologia de la vegetació: anàlisi i caracterització*. Lleida: Universitat de Lleida.
- FALCON, J. (2017). *Avaluació de les tècniques per a la millora de la diversitat florística en pastures del Collsacabra 2016*. Treball de fi de grau no publicat. Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya.
- FONT, J.; VILAR, L.; GESTÍ, J.; VIÑAS, X. (1998). «Els últims prats de dall a la terra baixa giro-nina». *Revista de Girona*, 187, p. 44-48.
- GRAISS, W.; HASLGRÜBLER, P.; BLASCHKA, A.; PÖTSCH, E. M.; KRAUTZER, B. (2013). «Establishment of an *Arrhenatherion* meadow through on-site threshing material and green hay transfer». A: *Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation*

- «*The Role of Grasslands in a Green Future. Threats and Perspectives in Less Favoured Areas*». Reykjavík: Prentsmiðjan Oddi, p. 341-343. (*Grassland Science in Europe*; 18)
- GUÀRDIA, R.; CASAS, C.; NINOT, J. (1998). «Phenological patterns in mediterranean pastures and scrubs of catalonia». *Acta Botànica* [Barcelona], 45, p. 557-576.
- LARSON, D. L.; VISTE-SPARKMAN, K.; ESSER, R.; LARSON, J. L.; DROBNEY, P.; AHLERING, M. (2018). «Developing a framework for evaluating tallgrass prairie reconstruction methods and management». *Ecological Restoration*, 36 (1), p. 6-18.
- MERCADAL, G.; GESTI, J.; VILAR, L. (2007). «Els prats de dall de l'Empordà, un cultiu tradicional en recessió». A: *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos* [en línia], p. 73-86. <<https://raco.cat/index.php/AnnalsEmpordanesos/article/view/342478>> [Consulta: octubre 2021].
- NOGUERA, A. (1964). *Collsacabra*. Barcelona: Gràfiques Diamant. (Biblioteca Selecta; 360)
- PEER, L. van; NIJS, I.; REHEUL, D.; CAUWER, B. de (2004). «Species richness and susceptibility to heat and drought extremes in synthesized grassland ecosystems: compositional vs. physiological effects». *Functional Ecology*, 18, p. 769-778.
- SALVAT, A.; CASAS, C. (2014). *Protocol per a l'avaluació de l'estat ecològic dels prats: Adaptació per a la muntanya mitjana del nord-est de Catalunya*. Olot: Generalitat de Catalunya. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Estats Units: University of Illinois Press.
- VIGO, J. (2005). *Les comunitats vegetals: Descripció i classificació*. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- VILA, J.; VARGA, D.; CORTIJO, S.; MACIAS, M. (2006). «L'evolució dels hàbitats no forestals de l'Alta Garrotxa: conclusions i propostes». A: *III Jornades sobre l'Alta Garrotxa: La ramaderia extensiva i la gestió dels espais oberts*. Girona: Universitat de Girona. Càtedra de Geografia i Pensament Territorial, p. 71-118.
- ZAVALLONI, C.; GIELEN, B.; LEMMENS, C. M. H. M.; BOECK, H. J. de; BLASI, S.; BERGH, S. van den; NIJS, I.; CEULEMANS, R. (2008). «Does a warmer climate with frequent mild water shortages protect grassland communities against prolonged drought?». *Plant Soil*, 308, p. 119-130.