

INTENSIFICACIÓ DE LA RAMADERIA EN TEMPS DE CANVI CLIMÀTIC

Reptes del pasturatge domèstic en les zones àrides de la Patagònia argentina

Laura Yahdjian, Lucas J. Carboni, Sergio Velasco Ayuso i Gastón R. Oñatibia

El pasturatge amb bestiar modifica els ecosistemes àrids i fins i tot arriba a degradar-los, cosa que atempta contra la sostenibilitat de la mateixa activitat ramadera. Resulta clau conèixer els efectes del pasturatge sobre la vegetació i el sòl per a poder dissenyar estratègies que eviten la desertificació, potser el problema més greu que encaren els ecosistemes àrids. En aquest article, avaluem els canvis en els trets funcionals de la comunitat vegetal i la crosta biològica del sòl induïts per la intensificació del pasturatge en ecosistemes patagònics. Aquesta descripció, juntament amb els canvis en la diversitat, composició i funcionament ecosistèmic, ajuda a comprendre els mecanismes pels quals la intensificació del pasturatge oví podria degradar els ecosistemes àrids.

Paraules clau: **estepa patagònica, diversitat funcional, crosta biològica del sòl, ramaderia ovina, desertificació.**

■ INTRODUCCIÓ

La major part de l'extens territori de la República Argentina presenta un clima àrid, semiàrid o subhúmit, i està dedicat principalment a la ramaderia extensiva. L'ecoregió de l'estepa patagònica, que ocupa un 30 % del territori nacional, és la porció més seca i s'estén pel sud del país (Figura 1). Les condicions climàtiques extremes estan donades per precipitacions escasses i molt variables –entre 120 mm i 600 mm anuals–, elevada evapotranspiració potencial, temperatures altes en alguns moments de l'any i molt baixes en altres i, en general, una gran amplitud tèrmica diària. A més, la predominança de vents forts, principalment de l'oest, contribueix a accentuar l'aridesa (León et al., 1998). Aquestes característiques fan que els ecosistemes de l'estepa patagònica no siguin aptes per a moltes activitats productives. La producció ovina extensiva sosten-

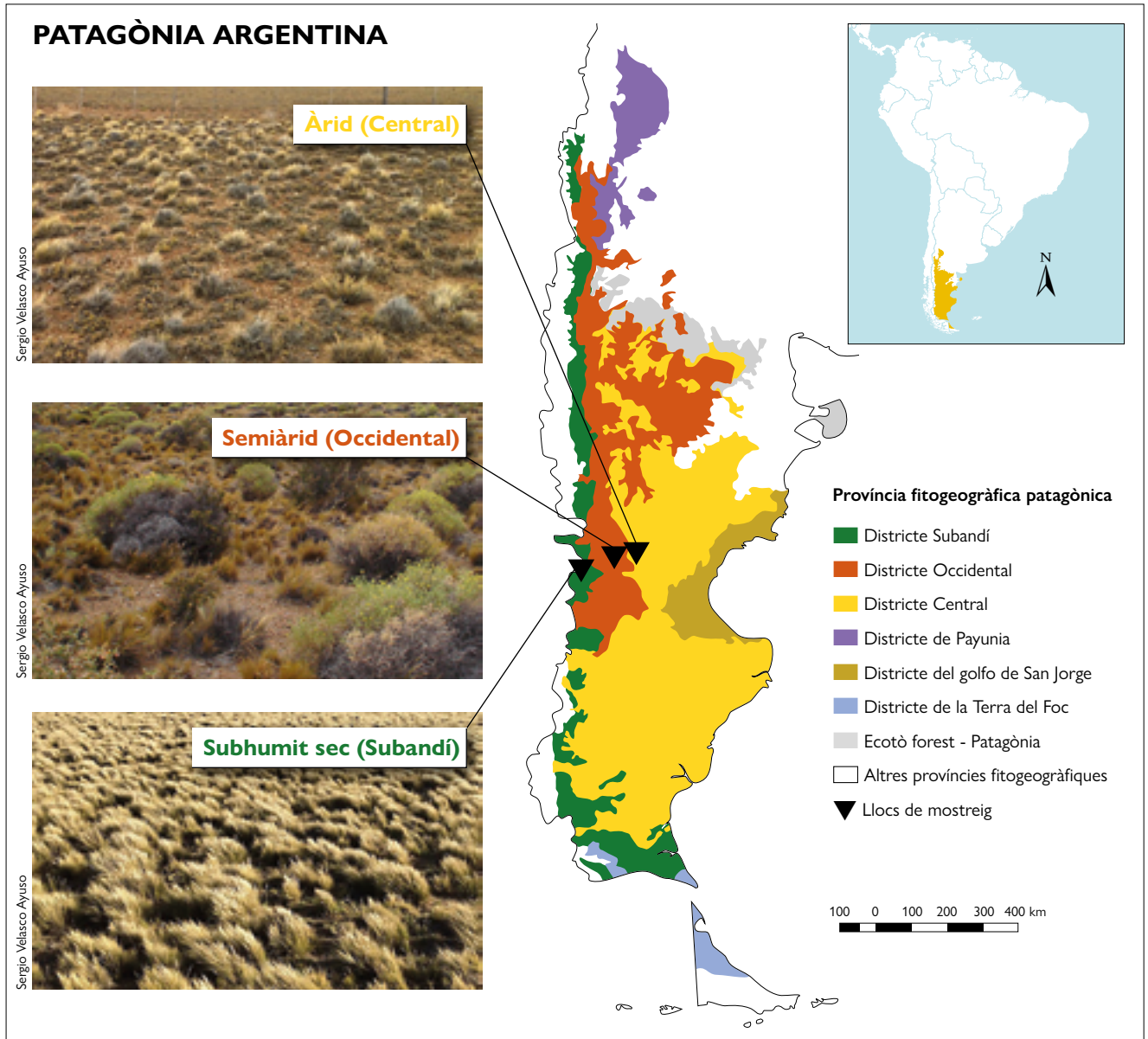
tada per espècies farratgeres natives està molt estesa a la regió i en algunes zones es combina amb l'aprofitament de poblacions animals silvestres per a consum humà. El guanac (*Lama guanicoe*) és el principal herbívor natiu i la seua presència des de fa al voltant de 10.000 anys ha determinat una llarga història evolutiva de pasturatge en aquestes estepes.

■ ACTIVITAT RAMADERA I LA SEUA IMPORTÀNCIA EN L'ECONOMIA DE LA REGIÓ

A les estepes de la Patagònia, la producció ovina és l'activitat econòmica preponderant, orientada principalment a l'obtenció de llana, amb gran importància en termes del patrimoni cultural de la regió (Figura 2). La cria d'animals està basada en el que produeixen els

COM CITAR AQUEST ARTICLE:

Yahdjian, L., Carboni, L. J., Velasco Ayuso, S., & Oñatibia, G. R. (2022). Intensificació de la ramaderia en temps de canvi climàtic: Reptes del pasturatge domèstic en les zones àrides de la Patagònia argentina. *Metode Science Studies Journal*. <https://doi.org/10.7203/metode.13.21553>



ecosistemes naturals. Des de la seua introducció a la fi del segle XIX, les poblacions d'ovins van augmentar constantment fins a mitjan segle XX, però van disminuir dràsticament durant les dècades següents com a conseqüència de la degradació generalitzada dels recursos i la reducció del servei de provisió de farratge (Gaitán et al., 2018; Oñatibia et al., 2020). Actualment, la ramaderia ovina està basada en aproximadament vuit milions d'unitats animals, amb una producció de 24.000 tones de llana, una tendència que va en augment (Cens Nacional Agropecuari, 2018). La càrrega ramadera, o el nombre d'animals per unitat de superfície, està directament relacionada amb la pressió de pasturatge, aspecte del maneig que determina el seu impacte en la vegetació, els sòls i l'acompliment animal (Oñatibia, 2021). En

Figura 1. Districtes fitogeogràfics de la Patagònia argentina (adaptat de León et al., 1998 i Oyarzabal et al., 2018). Localització dels llocs d'estudi en el gradient d'aridesa, cobrint d'est a oest els districtes Central, Occidental i Subandí, amb climes àrid, semiàrid i subhumit sec, respectivament.

«L'ecoregió de l'estepa patagònica, que ocupa un 30 % del territori nacional, és la porció més seca de l'Argentina»



general, el pasturatge domèstic amb càrregues moderades (fins a 0,4 ovelles/ha) és l'opció més eficient per a l'ús de la terra a les estepes arbustivograminoses patagòniques, considerant aspectes tant ecològics com socioeconòmics (Oñatibia, 2021).

■ FISONOMIA VEGETAL

Al sud de l'Argentina, les precipitacions estan concentrades durant l'hivern, entre juny i setembre, i disminueixen notablement d'oest a est, la qual cosa determina una gran variabilitat en els nivells d'aridesa en tan sols uns pocs quilòmetres. Aquests canvis en les pluges s'associen amb canvis notables en la vegetació que donen origen a subunitats de vegetació o districtes fitogeogràfics (León et al., 1998; Oyarzabal et al., 2018; Figura 1). En aquest treball ens hem centrat en la regió situada al sud de la província de Chubut, on hi ha diferents unitats de vegetació pertanyents als districtes Central, Occidental i Subandí de la província fitogeogràfica patagònica (Figura 1). Des de la zona més àrida en l'est, en el districte Central, cap a la humida del Subandí en l'oest, es reconeix una transició d'arbustives a estepes graminoses amb augments en la cobertura vegetal i la productivitat primària neta (Austin i Sala, 2002) (Taula 1).

■ CANVI GLOBAL: SEQUERA I INTENSIFICACIÓ DEL PASTURATGE

La intensificació en l'ús ramader dels pasturatges és una conseqüència d'altres càrregues d'animals en relació amb la receptivitat dels camps sota producció ramadera. En les últimes dècades, aquest fenomen ha crescut i s'espera que continue a conseqüència de la demanda de productes animals segurs i d'alta qualitat, la qual cosa en combinació amb el canvi climàtic produeix efectes ecològics i socials accelerats.

Els ecosistemes patagònics estan seriosament amenaçats per un augment de l'aridesa com a resultat de l'augment de la temperatura mitjana i pels augments en la freqüència i intensitat de les sequeres extremes (Yahdjian i Sala, 2008). Amb el temps, la combinació de variacions climàtiques i una activitat humana inapropiada poden provocar desertificació, la qual cosa implica una deterioració irreversible dels ecosistemes àrids (Huang et al., 2016; Maestre et al., 2012).

L'aridesa és el principal determinant de la productivitat i la composició de les comunitats vegetals, mentre que el pasturatge domèstic pot ocasionar canvis en la diversitat i la cobertura relativa dels grups funcionals de plantes (Carboni, 2019). La productivitat primària neta aèria és un aspecte clau del funcionament dels ecosistemes terrestres ja que determina la biomassa animal, la productivitat secundària i el cicle de nutrients, i condiciona així la producció ramadera.

La demanda de farratge per al bestiar se suma a la demanda d'altres serveis ecosistèmics a la regió, com el manteniment de la biodiversitat per a ús turístic o recreatiu, la regulació de les emissions de carboni i la provisió d'aigua potable (Yahdjian et al., 2015). Aconseguir un maneig sostenible en el context del canvi climàtic és un gran repte que ha motivat l'estudi del pasturatge domèstic a la regió àrida de la Patagònia, considerant la vegetació, la crosta biològica del sòl i els aspectes del funcionament de l'ecosistema, els resultats del qual sintetitzem a continuació.



Sergio Velasco Ayuso

Figura 2. Les estepes patagòniques s'usen per a producció de llana i carn d'ovella. Quines conseqüències tindria una intensificació del pasturatge en el context del canvi climàtic? En aquesta imatge s'aprecien les tasques d'arriar les ovelles en una finca patagònica en el lloc subhúmit sec, al districte Subandí de la Patagònia, Argentina.

«A les estepes de la Patagònia, la producció ovina és l'activitat econòmica preponderant, orientada principalment a l'obtenció de llana»

Districte	Clima	Índex de d'aridesa ▲	Productivitat primària neta aèria ◆ (g m ⁻² any ⁻¹)	Precipitació mitjana anual (mm/any)	Tipus de vegetació i espècies característiques
Central	Àrid	0,15	Baixa (22)	125	Arbustiva (<i>Nassauvia glomerulosa</i> , <i>N. ulicina</i> i <i>Chiquiraga aurea</i>)
Occidental	Semiàrid	0,35	Intermèdia (56)	170	Arbustivograminosa (gramínies: <i>Pappostipa speciosa</i> , <i>P. humilis</i> i <i>Poa ligularis</i> ; arbusts: <i>Azorella prolifera</i> , <i>Adesmia volckmannii</i> i <i>Senecio flaginoides</i>)
Subandí	Subhúmit sec	0,5	Alta (100)	360	Graminosa (espècie característica <i>Festuca pallescens</i> , acompanyada per <i>Lathyrus magellanicus</i> i <i>Rytidosperma pictum</i> . Baixa cobertura d'arbusts de les espècies <i>Senecio sericeonitens</i> i <i>Azorella prolifera</i>)

Taula 1. Districtes fitogeogràfics de la Patagònia argentina inclosos en aquest estudi. Característiques climàtiques i de vegetació dels llocs d'estudi situats en el gradient d'aridesa, als districtes Central, Occidental i Subandí de la província fitogeogràfica patagònica.

▲ Índex d'aridesa estimat com a precipitació/evapotranspiració potencial (Le Houérou, 1996).

◆ Productivitat primària neta aèria, estimada a partir de la biomassa vegetal acumulada per unitat de superfície durant una estació de creixement.

■ CONSEQÜÈNCIES DE LA INTENSIFICACIÓ DEL PASTURATGE

La intensificació de la pressió de pasturatge i l'alt nivell d'aridesa tenen un efecte negatiu sobre la vegetació i, com a conseqüència, induïxen en conjunt la degradació dels recursos farratgers (Oñatibia et al., 2020). No obstant això, en llocs semiàrids i subhúmids secs, el maneig del pasturatge amb càrregues animals lleus o moderades (entre 0,2 i 0,4 ovelles/ha) maximitza la provisió d'alguns serveis ecosistèmics. En estepes arbustivograminoses i estepes graminoses, el pasturatge a intensitats moderades augmenta la productivitat primària neta, la riquesa d'espècies vegetals, la provisió de farratge i el segrest de carboni, en comparació amb situacions sense pasturatge i de pasturatge intens (més de 0,5 ovelles/ha; Oñatibia, 2021). Aquestes troballes contradueixen el supòsit que el pasturatge domèstic té un impacte negatiu sobre els ecosistemes de pasturatge patagònics. Aquesta contradicció és deguda en part al fet que la idea generalment acceptada de degradació induïda pel pasturatge domèstic prové d'estudis que comparen clausures (àrees on s'exclou totalment el bestiar) amb situacions de pasturatge (Cesa i Paruelo, 2011), però sense una estimació precisa de la seua intensitat o pressió. La valoració de l'impacte de diferents intensitats de pasturatge (per exemple, exclusió al pasturatge, pasturatge lleu, moderat i intens) permet detectar no linealitats i possibles efectes positius dels herbívors domèstics (Oñatibia, 2021). Per això, els resultats dels canvis en

grups funcionals de plantes, crosta biològica de sòl i diversitat funcional que es descriuen a continuació es van realitzar en un gradient d'intensitat de pasturatge i en llocs d'aridesa contrastant.

■ EFECTES DEL PASTURATGE EN ELS GRUPS FUNCIONALS DE PLANTES

En general, és esperable que el pasturatge i l'aridesa tinguin conseqüències igualment negatives sobre l'estructura i el funcionament dels ecosistemes àrids de la Patagònia pel fet que els dos factors promouen reduccions en la riquesa d'espècies, la cobertura de pastures palatables i el funcionament del sòl (Flombaum et al., 2017; Gaitán et al., 2018). No obstant això, en el gradient regional de precipitacions en l'estepa patagònica (Taula 1; Figura 1), no trobem efectes similars del pasturatge sobre la cobertura vegetal total (Carboni, 2019; Figura 3). L'augment de l'aridesa i la intensificació del pasturatge domèstic sí que van provocar una

disminució en la cobertura total d'herbàcies, fonamentalment de gramínies palatables, les que prefereix el bestiar (Figura 3). Però al mateix temps, el pasturatge va provocar un augment en la cobertura relativa d'espècies arbustives que, en part, va compensar la pèrdua de cobertura d'herbàcies (Figura 3). En la situació més extrema, llocs amb alta aridesa i pressió de pasturatge, hi hagué una pèrdua de la cobertura vegetal total de més del 50%, i fins i tot una disminució de cobertura d'ar-

«La intensificació en l'ús ramader dels pasturatges, en combinació amb el canvi climàtic, produeix efectes ecològics i socials accelerats»

bustos, la qual cosa promou processos de desertificació. En canvi, en llocs semiàrids i subhúmids, la reducció de pastures palatables es va veure en part compensada per augments de cobertura d'herbàcies, menys preferides pel ramat, a més de la d'arbustos (Figura 3).

■ EFECTES EN ELS TRETS FUNCIONALS DE PLANTES

Els canvis en la fisonomia vegetal al llarg del gradient d'aridesa (Figura 1) i en la cobertura de grups funcionals de plantes com a efecte de la intensificació del pasturatge (Figura 3) tenen conseqüències en la diversitat funcional de la vegetació. El canvi en la composició de trets de les plantes, més que el de la composició d'espècies, podria ser el mecanisme que explica els canvis en el funcionament de les estepes patagòniques amb el pasturatge. Per això, per a descriure els canvis en la diversitat funcional de la vegetació, mesurem una sèrie de trets en plantes de les espècies dominants, definides com aquelles que expliquen en conjunt el 90 % de la cobertura vegetal. Aquests trets estan relacionats amb la capacitat de les plantes d'usar recursos i són: altura màxima, amplària de planta, grandària (la suma d'altura i amplària), àrea foliar, àrea foliar específica –relació entre àrea foliar i pes de fulla–, i contingut de matèria seca en fulla. La qualitat del farratge està determinada principalment per l'àrea foliar específica i el contingut d'humitat, mentre que els atributs arquitectònics de les plantes tenen una gran influència en la selecció dels herbívors i en la taxa de consum.

Troblem que, en el lloc àrid, on la vegetació és de baix port (inferior als 30 cm) i hi ha escassa cobertura vegetal (inferior al 30 %), la intensificació del pasturatge redueix dràsticament la cobertura i la matèria seca de fulles d'arbustos, però sense efectes en la seua grandària ni l'àrea foliar. En canvi, la intensificació del pasturatge en aquest lloc produeix una clara reducció en la grandària i àrea foliar de les herbàcies, situació que s'agreuja per la baixa disponibilitat d'aquest recurs farratger. En el lloc semiàrid, on l'altura de plantes és de 60 cm a 180 cm i la cobertura vegetal d'aproximadament un 50 %, l'efecte principal de la intensificació del pasturatge és un augment en la grandària, cobertura i àrea foliar d'arbustos. En canvi, els efectes del pasturatge en els trets de les herbàcies són menys marcats, encara que hi ha una disminució de cobertura i grandària de plantes en la condició de pasturatge intens. Un efecte semblant ocorre en el lloc subhúmit sec, on el pasturatge augmenta la grandària i contingut d'humitat de fulles dels arbustos, però com que la

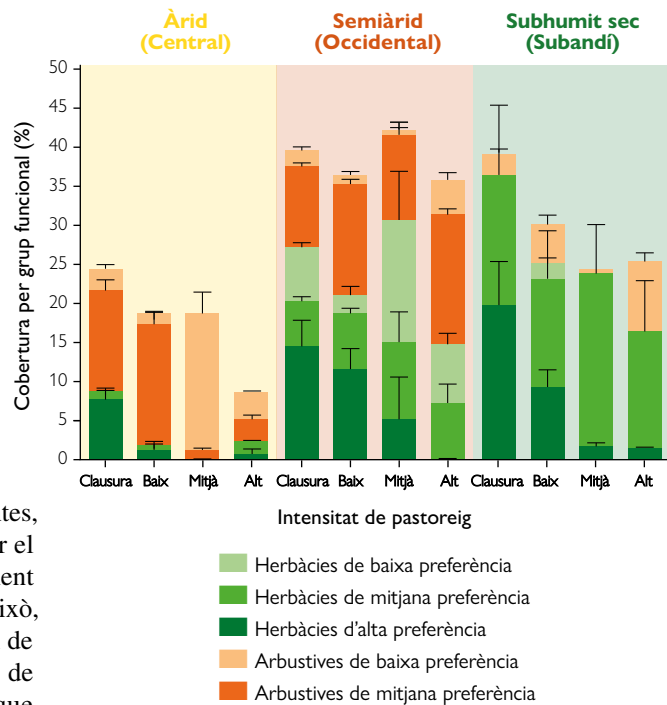


Figura 3. Cobertura del sòl per grup funcional de plantes (%) en funció de la pressió de pasturatge (clausura, baix, mitjà i alt) en llocs amb aridesa creixent a la Patagònia argentina (adaptat de Carboni, 2019).

cobertura d'arbustos és molt baixa, la resposta a escala de comunitat no és tan evident com en el lloc àrid. En aquest lloc, l'efecte en els trets de les herbàcies, en canvi, mostra l'altra cara del procés d'arbusitització, amb clares disminucions en cobertura i grandària de plantes, fins i tot amb pasturatge lleu o moderat, i canvis molt marcats amb pasturatge intens (Figura 4).

■ EFECTES EN LA CROSTA BIOLÒGICA DEL SÒL I EN L'ECOSISTEMA

La crosta biològica del sòl és una comunitat de micro i macroorganismes íntimament associada amb les partícules de sòl que es desenvolupa en els seus primers centímetres, en quasi tots els biomes del món, però especialment en zones àrides i semiàrides on pot entapissar extenses àrees. Per aquesta raó se la coneix popularment com la *pell biològica* del sòl. Aquesta crosta o pell biològica està molt ben adaptada a l'ambient en què es presenta i té la capacitat de suportar condicions extremes d'humitat, temperatura i radiació solar. No obstant això, la crosta biològica del sòl és molt susceptible a forces de compressió, com per exemple les provocades pel trepig dels animals, i normalment respon de manera negativa a l'ús intensiu del territori, com diversos treballs han demostrat en zones àrides del planeta (Velasco Ayuso et al., 2020).

Nosaltres hem comprovat que en l'estepa patagònica el pasturatge oví redueix ostensiblement la cobertura, biomassa i riquesa de tipus funcionals de crosta biològica del sòl al llarg del gradient d'aridesa al sud de la província de Chubut (Figura 1; Velasco Ayuso et al., 2020). Trobem que, a major intensitat de pasturatge, aquesta reducció és major, ja que un pasturatge oví amb baixa o moderada càrrega provoca un impacte menor que un amb altes càrregues. Per tant, existeix una relació directa en els ecosistemes pastorals de l'estepa patagònica entre la degradació de la crosta biològica del sòl i la intensitat del pasturatge oví. A més, hem observat que els majors efectes sobre aquesta crosta biològica causats pel pasturatge oví, independentment de la seua intensitat, es presenten en la zona de menor aridesa del gradient.

Combinant els efectes en la vegetació i en la crosta biològica del sòl, podem afirmar que 1) intensitats altes de pasturatge oví tenen conseqüències dramàtiques sobre la crosta biològica i sobre la diversitat funcional de plantes en els ecosistemes pastorals de l'estepa patagònica al llarg d'un gradient d'aridesa, i 2) les condicions baixes d'aridesa no són suficients per a compensar els efectes negatius del pasturatge oví sobre la crosta biològica del sòl i els recursos farratgers de les estepes patagòniques. Encara que la grandària de plantes en llocs subhumits secs no es veu molt afectada per la intensificació del pasturatge, la reducció en cobertura, àrea foliar específica i totes les variables associades a la crosta biològica és molt notable.

■ IMPLICACIONS DE LA DETERIORACIÓ EN LA PRODUCCIÓ ANIMAL I ALTRES SERVEIS ECOSISTÈMICS

A causa de la seua rellevància socioeconòmica, la producció animal compleix un rol fonamental com a determinant del benestar de les poblacions productores en els ecosistemes pastorals patagònics. Com a conseqüència, és freqüent que s'intensifiqui la pressió de pasturatge amb l'objectiu d'aconseguir una major productivitat secundària (per exemple, carn o llana) per unitat d'àrea a curt termini. No obstant això, aquesta intensificació del pasturatge redueix substancialment les funcions crítiques d'aquests ecosistemes i el seu capital natural farratger, que és la base de la producció ovina a la Patagònia. El nostre treball va demostrar també que el pasturatge intens té un efecte negatiu sobre l'estructura i funció ecològica de la crosta biològica del sòl en l'estepa patagònica. En aquest sentit, la intensificació ramadera no és sostenible pel fet que l'augment de producció



Gastón R. Oñatibia

Figura 4. Àrees d'estepes graminoses subhúmidas sotmeses a diferents intensitats de pasturatge. A l'esquerra del filferro s'observa l'àrea que ha estat sotmesa a una major pressió de pasturatge. S'evidencia la menor cobertura i grandària de les plantes a conseqüència de la intensificació ramadera.

«Mentre que els ecosistemes semiàrids poden sostenir intensitats de pasturatge moderades, els ecosistemes àrids només poden sostenir intensitats molt lleus»

secundària en el curt termini redueix els serveis crítics que la sostenen a llarg termini. Aquest compromís suggereix considerar críticament la dimensió temporal de l'apropiació de serveis ecosistèmics com la provisió de farratge per a sostenir l'activitat ramadera en el futur (Oñatibia, 2021).

■ CONCLUSIONS

Els ecosistemes pastorals àrids estan amenaçats per una nova onada de desertificació a causa de la intensificació ramadera en escenaris de major aridesa per les alteracions en el clima (Huang et al., 2016). La interacció trobada entre la intensitat de pasturatge i l'aridesa com a determinants de la funcionalitat dels ecosistemes patagònics i els serveis ecosistèmics de què proveeixen indica que els escenaris de major aridesa i d'intensifica-

ció ramadera poden efectivament induir canvis dràstics (Gaitán et al., 2018; Maestre et al., 2012; Oñatibia et al., 2020). Els nostres resultats sobre els efectes en la crosta biològica del sòl i la diversitat funcional de la vegetació suggereixen que la pressió de pasturatge ha de ser ajustada en funció del nivell d'aridesa. Mentre que els ecosistemes semiàrids poden sostenir intensitats de pasturatge moderades, els ecosistemes àrids només poden sostenir intensitats molt lleus per a no perdre funcionalitat ni reduir substancialment la provisió de serveis ecosistèmics. Els patrons trobats també indiquen que un augment en l'aridesa o les sequeres prolongades poden requerir una major reducció de la pressió del pasturatge domèstic, pel fet que en aquests escenaris la tolerància de les plantes no compensa l'efecte del pasturatge moderat (Oñatibia, 2021). D'aquesta manera, es pot desacoblar l'estrès biòtic causat pels herbívors de l'estrès abiòtic induït per la sequera, i mantenir la funcionalitat dels ecosistemes pastorals patagònics. ☺

REFERÈNCIES

- Austin, A. T., & Sala, O. E. (2002). Carbon and nitrogen dynamics across a natural precipitation gradient in Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science*, 13(3), 351–360. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02059.x>
- Carboni, L. (2019). *La intensificació del pastoreo produce efectos diferenciales en la cobertura y composición vegetal en un gradiente regional de aridez*. [Tesi de Llicenciatura en Ciències Ambientals, Facultat d'Agronomia de la Universitat de Buenos Aires]. Argentina.
- Censo Nacional Agropecuario. (2018). *Resultados preliminares, ganadería*. Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC.
- Cesa, A., & Paruelo, J. M. (2011). Changes in vegetation structure induced by domestic grazing in Patagonia (Southern Argentina). *Journal of Arid Environments*, 75(11), 1129–1135. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.003>
- Flombaum, P., Yehdjian, L., & Sala, O. E. (2017). Global-change drivers on ecosystem functioning modulated by natural variability and saturating responses. *Global Change Biology*, 23(2), 503–511. <https://doi.org/10.1111/gcb.13441>
- Gaitán, J. J., Bran, D. E., Oliva, G. E., Aguiar, M. R., Buono, G. G., Ferrante, D., Nakamatsu, V., Ciari, G., Salomone, J. M., Massara, V., García Martínez, F., & Maestre, F. T. (2018). Aridity and overgrazing have convergent effects on ecosystem structure and functioning in Patagonian rangelands. *Land Degradation & Development*, 29(2), 210–218. <https://doi.org/10.1002/ldr.2694>
- Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., & Guo, R. (2016). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 6, 166–171. <https://doi.org/10.1038/nclimate2837>
- Le Houérou, H. N. (1996). Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments*, 34(2), 133–185. <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0099>
- León, R. J. C., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J. M., & Soriano, A. (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral*, 8(2), 125–144.
- Maestre, F. T., Quero, J. L., Gotelli, N. J., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M., García-Gómez, M., Bowker, M. A., Soliveres, S., Escolar, C., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Gozalo, B., Gallardo, A., Aguilera, L., Arredondo, T., Blones, J., Boeken, B., ... Zaady, E. (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science*, 335(6065), 214–218. <https://doi.org/10.1126/science.1215442>
- Oñatibia, G. R. (2021). Grazing management and provision of ecosystem services in Patagonian arid rangelands. En P. L. Peri, G. Martínez Pastur, & L. Nahuelhual (Eds.) *Ecosystem services in Patagonia* (p. 47–74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69166-0_3
- Oñatibia, G. R., Amengual, G., Boyero, L., & Aguiar, M. R. (2020). Aridity exacerbates grazing-induced rangeland degradation: A population approach for dominant grasses. *Journal of Applied Ecology*, 57(10), 1999–2009. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13704>
- Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturó, H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M., & León, R. J. C. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28(1), 40–63. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>
- Velasco Ayuso, S., Oñatibia, G. R., Maestre, F. T., & Yehdjian, L. (2020). Grazing pressure interacts with aridity to determine the development and diversity of biological soil crusts in Patagonian rangelands. *Land Degradation and Development*, 31(4), 488–499. <https://doi.org/10.1002/ldr.3465>
- Yehdjian, L., & Sala, O. E. (2008). Climate change impacts on South American Rangelands. *Rangelands*, 30(3), 34–39. [https://doi.org/10.2111/1551-501X\(2008\)30\[34:CCIOSA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-501X(2008)30[34:CCIOSA]2.0.CO;2)
- Yehdjian, L., Sala, O. E., & Havstad, K. M. (2015). Rangeland ecosystem services: Shifting focus from supply to reconciling supply and demand. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(1), 44–51. <https://doi.org/10.1890/140156>

AGRAÏMENTS

Aquest estudi va ser finançat per l'Agència Nacional de Promoció Científica i Tecnològica (PICT 2019-02324), la Universitat de Buenos Aires (20020190100212BA) i el Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (PIP 2015-0709). Agraïm profundament a Fernando T. Maestre per liderar el projecte BIODESERT i convidar-nos a participar-hi, i a Victoria Ochoa, Beatriz Gonzalo i altres tècnics del laboratori de Fernando T. Maestre per l'anàlisi de mostres de vegetació. Agraïm a l'Institut Nacional de Tecnologia Agropecuària Argentina (INTA) i productors dels camps de la Patagònia per permetre'ns treballar en els llocs d'estudi i a Mariana B. Ciavattini i Pedro M. Tognetti per la seua ajuda durant els viatges de camp a la Patagònia.

LAURA YAHDJIAN. Ecòloga especialista en el funcionament d'ecosistemes dominats per herbàcies. Té experiència en el disseny i realització d'experiments de sequera, nutrients i pasturatge en pastures i estepes àrides. És investigadora independent del Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (CONICET) de l'Argentina en l'Institut d'Investigacions Fisiològiques i Ecològiques Vinculades a l'Agricultura (IFEVA) i professora adjunta de la Facultat d'Agronomia de la Universitat de Buenos Aires (UBA) (Argentina), on imparteix classes d'ecologia i biodiversitat. Dirigeix un programa de Mestratge en Recursos Naturals Renovables Terrestres a l'Escola per a Graduats de la Facultat d'Agronomia de la Universitat de Buenos Aires (EPG-FAUBA).

✉ yahdjian@agro.uba.ar

LUCAS J. CARBONI. Llicenciat en Ciències Ambientals per la Universitat de Buenos Aires. Actualment està realitzant un doctorat a l'Escola per a Graduats de la Facultat d'Agronomia de la Universitat de Buenos Aires (EPG-FAUBA) amb una beca doctoral de la UBA i treballa en l'Institut d'Investigacions Fisiològiques i Ecològiques Vinculades a l'Agricultura (IFEVA) (Argentina). A més, és ajudant de primera en el Departament de Mètodes Quantitatius i Sistemes d'Informació de la Facultat d'Agronomia de la UBA. ✉ lcarboni@agro.uba.ar

SERGIO VELASCO AYUSO. Investigador del Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (CONICET) de l'Argentina en el Centre d'Investigacions de la Mar i l'Atmosfera (CIM), CONICET i UBA. Just abans va estar treballant com a investigador postdoctoral en l'Institut d'Investigacions Fisiològiques i Ecològiques Vinculades a l'Agricultura (IFEVA). És especialista en la crosta biològica del sòl i en les comunitats microbianes en general. Va obtenir el seu doctorat en Ciències Biològiques en la Universitat Autònoma de Madrid (Espanya). ✉ sergio.sva@gmail.com

GASTÓN R. OÑATIBIA. Investigador del Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (CONICET) de l'Argentina en l'Institut d'Investigacions Fisiològiques i Ecològiques Vinculades a l'Agricultura (IFEVA) i docent d'ecologia en la Facultat d'Agronomia de la Universitat de Buenos Aires (UBA). Va obtenir els seus títols d'enginyer agrònom, màster en Recursos Naturals i doctor en Ciències Agropecuàries en la Universitat de Buenos Aires. Durant els últims deu anys ha treballat en ecologia del maneig del pasturatge domèstic i de la interacció planta-herbívor. Actualment, estudia com responen els ecosistemes àrids als canvis en el clima i en l'ús de la terra. ✉ onatibia@agro.uba.ar