

INTENSIFICACIÓN DE LA GANADERÍA EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Desafíos del pastoreo doméstico en las zonas áridas de la Patagonia argentina

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

El pastoreo con ganado modifica los ecosistemas áridos y llega incluso a degradarlos, lo que atenta contra la sustentabilidad de la propia actividad ganadera. Resulta clave conocer los efectos del pastoreo sobre la vegetación y el suelo para poder diseñar estrategias que eviten la desertificación, quizá el problema más grave que encaran los ecosistemas áridos. En este artículo, evaluamos los cambios en los rasgos funcionales de la comunidad vegetal y la costra biológica del suelo inducidos por la intensificación del pastoreo en ecosistemas patagónicos. Esta descripción, junto con los cambios en la diversidad, composición y funcionamiento ecosistémico, ayuda a comprender los mecanismos por los que la intensificación del pastoreo ovino podría degradar los ecosistemas áridos.

Palabras clave: **estepa patagónica, diversidad funcional, costra biológica del suelo, ganadería ovina, desertificación.**

■ INTRODUCCIÓN

La mayor parte del extenso territorio de la República Argentina posee un clima árido, semiárido o subhúmedo, y está dedicado principalmente a la ganadería extensiva. La ecorregión de la estepa patagónica, que ocupa un 30 % del territorio nacional, es la porción más seca y se extiende por el sur del país (Figura 1). Las condiciones climáticas extremas están dadas por precipitaciones escasas y muy variables –entre 120 mm y 600 mm anuales–, elevada evapotranspiración potencial, temperaturas altas en algunos momentos del año y muy bajas en otros y, en general, una gran amplitud térmica diaria. Además, la predominancia de vientos fuertes, principalmente del oeste, contribuye a acentuar la aridez (León et al., 1998). Estas características hacen que los ecosistemas de la estepa patagónica no sean aptos para muchas actividades productivas. La produc-

ción ovina extensiva sustentada por especies forrajeras nativas está muy extendida en la región y en algunas zonas se combina con el aprovechamiento de poblaciones animales silvestres para consumo humano. El guanaco (*Lama guanicoe*) es el principal herbívoro nativo y su presencia desde hace alrededor de 10.000 años ha determinado una larga historia evolutiva de pastoreo en estas estepas.

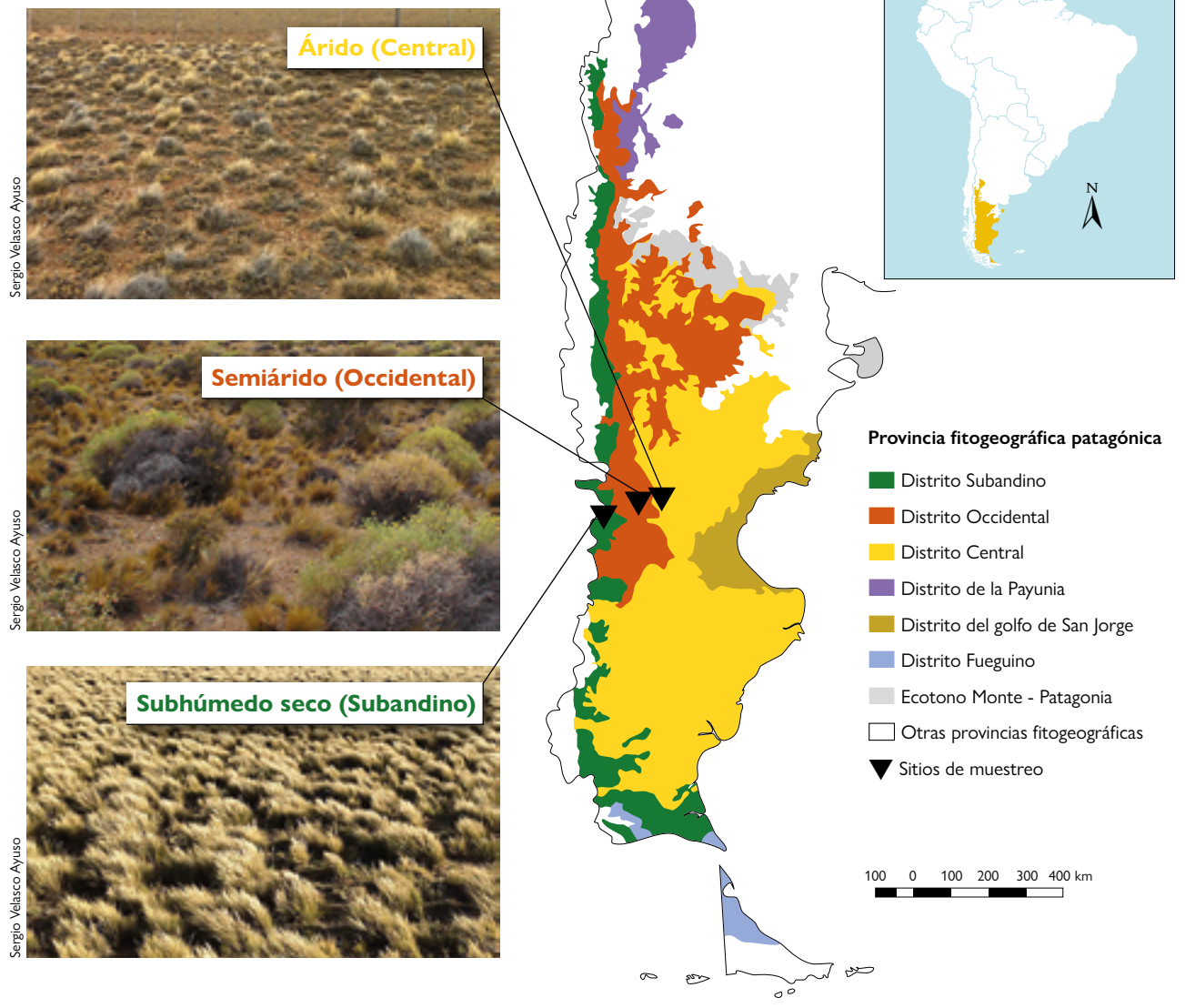
■ ACTIVIDAD GANADERA Y SU IMPORTANCIA EN LA ECONOMÍA DE LA REGIÓN

En las estepas de la Patagonia, la producción ovina es la actividad económica preponderante, orientada principalmente a la obtención de lana, con gran importancia en términos del patrimonio cultural de la región (Figura 2). La cría de animales está basada en lo que

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Yahdjian, L., Carboni, L. J., Velasco Ayuso, S., & Oñatibia, G. R. (2022). Intensificación de la ganadería en tiempos de cambio climático: Desafíos del pastoreo doméstico en las zonas áridas de la Patagonia argentina. *Metode Science Studies Journal*. <https://doi.org/10.7203/metode.13.21553>

PATAGONIA ARGENTINA



producen los ecosistemas naturales. Desde su introducción a finales del siglo XIX, las poblaciones de ovinos aumentaron constantemente hasta mediados del siglo XX, pero disminuyeron drásticamente durante las décadas siguientes producto de la degradación generalizada de los recursos y la reducción del servicio de provisión de forraje (Gaitán et al., 2018; Oñatibia et al., 2020). Actualmente, la ganadería ovina está basada en aproximadamente ocho millones de unidades animales, con una producción de 24.000 toneladas de lana cuya tendencia va en aumento (Censo Nacional Agropecuario, 2018). La carga ganadera, o el número de animales por unidad de superficie, está directamente relacionada con la presión de pastoreo, aspecto del manejo que determina su impacto en la vegetación, los suelos y el desem-

Figura 1. Distritos fitogeográficos de la Patagonia argentina (adaptado de León et al., 1998, y Oyarzabal et al., 2018). Localización de los sitios de estudio en el gradiente de aridez, cubriendo de este a oeste los distritos Central, Occidental y Subandino, con climas árido, semiárido y subhúmedo seco, respectivamente.

«La ecorregión de la estepa patagónica, que ocupa un 30 % del territorio nacional, es la porción más seca de Argentina»

peño animal (Oñatibia, 2021). En general, el pastoreo doméstico con cargas moderadas (hasta 0,4 ovejas/ha) es la opción más eficiente para el uso de la tierra en las estepas arbustivo-graminosas patagónicas, considerando aspectos tanto ecológicos como socioeconómicos (Oñatibia, 2021).

■ FISONOMÍA VEGETAL

En el sur de Argentina, las precipitaciones están concentradas durante el invierno, entre junio y septiembre, y disminuyen notablemente de oeste a este, lo que determina una gran variabilidad en los niveles de aridez en tan solo unos pocos kilómetros. Estos cambios en las lluvias se asocian con cambios notables en la vegetación que dan origen a subunidades de vegetación o distritos fitogeográficos (León et al., 1998; Oyarzabal et al., 2018; Figura 1). En este trabajo nos hemos centrado en la región ubicada al sur de la provincia de Chubut, donde existen diferentes unidades de vegetación pertenecientes a los distritos Central, Occidental y Subandino de la provincia fitogeográfica patagónica (Figura 1). Desde la zona más árida en el este, en el distrito Central, hacia la húmeda del Subandino en el oeste, se reconoce una transición de arbustales a estepas gramíneas con aumentos en la cobertura vegetal y la productividad primaria neta (Austin y Sala, 2002) (Tabla 1).

■ CAMBIO GLOBAL: SEQUÍA E INTENSIFICACIÓN DEL PASTOREO

La intensificación en el uso ganadero de los pastizales es una consecuencia de altas cargas de animales en relación con la receptividad de los campos bajo producción ganadera. En las últimas décadas, este fenómeno ha crecido y se espera que continúe como consecuencia de la demanda de productos animales seguros y de alta calidad, lo que en combinación con el cambio climático produce efectos ecológicos y sociales acelerados. Los ecosistemas patagónicos están seriamente amenazados por un aumento de la aridez como resultado del aumento de la temperatura promedio y por los aumentos en la frecuencia e intensidad de las sequías extremas (Yahdjian y Sala, 2008). Con el tiempo, la combinación de variaciones climáticas y una actividad humana inapropiada pueden provocar desertificación, lo que implica un deterioro irreversible de los ecosistemas áridos (Huang et al., 2016; Maestre et al., 2012).

La aridez es el principal determinante de la productividad y la composición de las comunidades vegetales, mientras que el pastoreo doméstico puede ocasionar cambios en la diversidad y la cobertura relativa de los grupos funcionales de plantas (Carboni, 2019). La productividad primaria neta aérea es un aspecto clave del funcionamiento de los ecosistemas terrestres ya que determina la biomasa animal, la productividad secundaria y el ciclo de nutrientes, y condiciona así la producción ganadera.

La demanda de forraje para el ganado se suma a la demanda de otros servicios ecosistémicos en la región, como el mantenimiento de la biodiversidad para uso turístico o recreacional, la regulación de las emisiones de carbono y la provisión de agua potable (Yahdjian et al., 2015). Lograr un manejo sustentable en el contexto del cambio climático es un gran desafío que ha motivado el estudio del pastoreo doméstico en la región árida de la Patagonia, considerando la vegetación, la costra biológica del suelo y los aspectos del funcionamiento del ecosistema, cuyos resultados sintetizamos a continuación.



Sergio Velasco Ayuso

Figura 2. Las estepas patagónicas se usan para producción de lana y carne de ovejas. ¿Qué consecuencias tendría una intensificación del pastoreo en el contexto del cambio climático? En esta imagen se aprecian las tareas de arriado de ovejas en una estancia patagónica en el sitio subhúmedo seco, en el Distrito Subandino de la Patagonia, Argentina.

**«En las estepas de la Patagonia,
la producción ovina es la actividad
económica preponderante, orientada
principalmente a la obtención de lana»**

Distrito	Clima	Índice de aridez ▲	Productividad primaria neta aérea ◆ (g m ⁻² any ⁻¹)	Precipitación media anual (mm/año)	Tipo de vegetación y especies características
Central	Árido	0,15	Baja (22)	125	Arbustiva (<i>Nassauvia glomerulosa</i> , <i>N. ulicina</i> y <i>Chuquiraga aurea</i>)
Occidental	Semiárido	0,35	Intermedia (56)	170	Arbustivo-graminosa (gramíneas: <i>Pappostipa speciosa</i> , <i>P. humilis</i> y <i>Poa ligularis</i> ; arbustos: <i>Azorella prolifera</i> , <i>Adesmia volckmannii</i> y <i>Senecio filaginoides</i>)
Subandino	Subhúmedo seco	0,5	Alta (100)	360	Graminosa (especie característica <i>Festuca pallescens</i> , acompañada por <i>Lathyrus magellanicus</i> y <i>Rytidosperma pictum</i> . Baja cobertura de arbustos de las especies <i>Senecio sericeonitens</i> y <i>Azorella prolifera</i>)

Tabla 1. Distritos fitogeográficos de la Patagonia argentina incluidos en este estudio. Características climáticas y de vegetación de los sitios de estudio ubicados en el gradiente de aridez, en los distritos Central, Occidental y Subandino de la provincia fitogeográfica patagónica.

▲ Índice de aridez estimado como precipitación/evapotranspiración potencial (Le Houérou, 1996).

◆ Productividad primaria neta aérea, estimada a partir de la biomasa vegetal acumulada por unidad de superficie durante una estación de crecimiento.

■ CONSECUENCIAS DE LA INTENSIFICACIÓN DEL PASTOREO

La intensificación de la presión de pastoreo y el alto nivel de aridez tienen un efecto negativo sobre la vegetación y, como consecuencia, inducen en conjunto la degradación de los recursos forrajeros (Oñatibia et al., 2020). Sin embargo, en sitios semiáridos y subhúmedos secos, el manejo del pastoreo con cargas animales leves o moderadas (entre 0,2 y 0,4 ovejas/ha) maximiza la provisión de algunos servicios ecosistémicos. En estepas arbustivo-graminosas y estepas graminosas, el pastoreo a intensidades moderadas aumenta la productividad primaria neta, la riqueza de especies vegetales, la provisión de forraje y el secuestro de carbono, en comparación con situaciones sin pastoreo y de pastoreo intenso (más de 0,5 ovejas/ha; Oñatibia, 2021). Estos hallazgos contradicen el supuesto de que el pastoreo doméstico tiene un impacto negativo sobre los ecosistemas pastoriles patagónicos. Tal contradicción se debe en parte a que la idea generalmente aceptada de degradación inducida por el pastoreo doméstico proviene de estudios que comparan clausuras (áreas donde se excluye totalmente el ganado) con situaciones de pastoreo (Cesa y Paruelo, 2011), pero sin una estimación precisa de su intensidad o presión. La valoración del impacto de diferentes intensidades de pastoreo (por ejemplo, exclusión al pastoreo, pastoreo leve, moderado e intenso) permite detectar no linealidades y posibles efectos positivos de los herbívo-

ros domésticos (Oñatibia, 2021). Por esto, los resultados de los cambios en grupos funcionales de plantas, estructura biológica de suelo y diversidad funcional descritos a continuación fueron realizados en un gradiente de intensidad de pastoreo y en sitios de aridez contrastante.

■ EFECTOS DEL PASTOREO EN LOS GRUPOS FUNCIONALES DE PLANTAS

En general, es esperable que el pastoreo y la aridez tengan consecuencias igualmente negativas sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas áridos de la Patagonia debido a que ambos factores promueven reducciones en la riqueza de especies, la cobertura de pastos palatables y el funcionamiento del suelo (Flombaum et al., 2017; Gaitán et al., 2018). Sin embargo, en el gradiente regional de precipitaciones en la estepa patagónica (Tabla 1; Figura 1), no encontramos efectos similares del pastoreo sobre la cobertura vegetal total (Carboni, 2019; Figura 3). El aumento de

la aridez y la intensificación del pastoreo doméstico sí provocaron una disminución en la cobertura total de herbáceas, fundamentalmente de gramíneas palatables, las que prefiere el ganado (Figura 3). Pero al mismo tiempo, el pastoreo provocó un aumento en la cobertura relativa de especies arbustivas que, en parte, compensó la pérdida de cobertura de herbáceas (Figura 3). En la situación más extrema, en sitios con alta aridez y pre-

«La intensificación en el uso ganadero de los pastizales, en combinación con el cambio climático, produce efectos ecológicos y sociales acelerados»

sión de pastoreo, hubo una pérdida de la cobertura vegetal total de más del 50 %, e incluso una disminución de cobertura de arbustos, lo que promueve procesos de desertificación. En cambio, en sitios semiáridos y subhúmedos, la reducción de pastos palatables se vio en parte compensada por aumentos de cobertura de herbáceas menos preferidas por el ganado, además de la de arbustos (Figura 3).

■ EFECTOS EN LOS RASGOS FUNCIONALES DE PLANTAS

Los cambios en la fisonomía vegetal a lo largo del gradiente de aridez (Figura 1) y en la cobertura de grupos funcionales de plantas como efecto de la intensificación del pastoreo (Figura 3) tienen consecuencias en la diversidad funcional de la vegetación. El cambio en la composición de rasgos de las plantas, más que el de la composición de especies, podría ser el mecanismo que explica los cambios en el funcionamiento de las estepas patagónicas con el pastoreo. Por ello, para describir los cambios en la diversidad funcional de la vegetación, medimos una serie de rasgos en plantas de las especies dominantes, definidas como aquellas que explican en conjunto el 90 % de la cobertura vegetal. Estos rasgos están relacionados con la capacidad de las plantas de usar recursos y son: altura máxima, ancho de planta, tamaño (la suma de altura y ancho), área foliar, área foliar específica –relación entre área foliar y peso de hoja–, y contenido de materia seca en hoja. La calidad del forraje está determinada principalmente por el área foliar específica y el contenido de humedad, mientras que los atributos arquitectónicos de las plantas tienen una gran influencia en la selección de los herbívoros y en la tasa de consumo.

Encontramos que, en el sitio árido, donde la vegetación es de bajo porte (inferior a los 30 cm) y hay escasa cobertura vegetal (inferior al 30 %), la intensificación del pastoreo reduce drásticamente la cobertura y la materia seca de hojas de arbustos, pero sin efectos en su tamaño ni el área foliar. En cambio, la intensificación del pastoreo en este sitio produce una clara reducción en el tamaño y área foliar de las herbáceas, situación que se agrava por la baja disponibilidad de este recurso forrajero. En el sitio semiárido, donde la altura de plantas es de 60 cm a 180 cm y la cobertura vegetal de aproximadamente un 50 %, el efecto principal de la intensificación del pastoreo es un aumento en el tamaño, cobertura y área foliar de arbustos. En cambio, los efectos del pastoreo en los rasgos de las herbáceas son menos marcados, aunque hay una disminución de cobertura y tamaño de plantas en la condición de pastoreo intenso. Un efecto

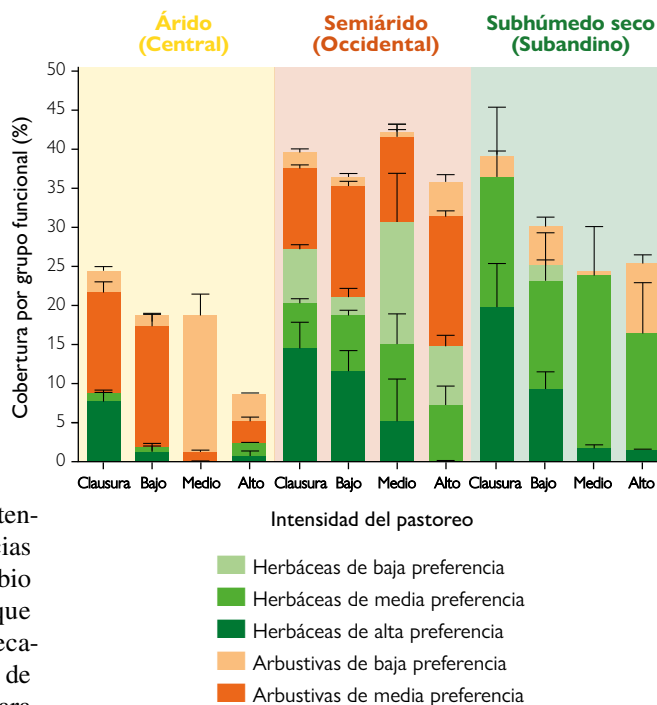


Figura 3. Cobertura del suelo por grupo funcional de plantas (%) en función de la presión de pastoreo (clausura, bajo, medio y alto) en sitios con aridez creciente en la Patagonia argentina (adaptado de Carboni, 2019).

parecido ocurre en el sitio subhúmedo seco, donde el pastoreo aumenta el tamaño y contenido de humedad de hojas de los arbustos, pero como la cobertura de arbustos es muy baja, la respuesta a nivel de comunidad no es tan evidente como en el sitio árido. En este sitio, el efecto en los rasgos de las herbáceas, en cambio, muestra la otra cara del proceso de arbustización, con claras disminuciones en cobertura y tamaño de plantas, incluso con pastoreo leve o moderado, y cambios muy marcados con pastoreo intenso (Figura 4).

■ EFECTOS EN LA COSTRA BIOLÓGICA DEL SUELO Y EN EL ECOSISTEMA

La costra biológica del suelo es una comunidad de micro y macroorganismos íntimamente asociada con las partículas de suelo que se desarrolla en sus primeros centímetros, en casi todos los biomas del mundo, pero especialmente en zonas áridas y semiáridas donde puede tapizar extensas áreas. Por esta razón se la conoce popularmente como la *piel biológica* del suelo. Esta costra o piel biológica está muy bien adaptada al ambiente en el que se presenta y tiene la capacidad de soportar condiciones extremas de humedad, temperatura y radiación solar. Sin embargo, la costra biológica del suelo es muy susceptible a fuerzas de compresión, como por ejemplo

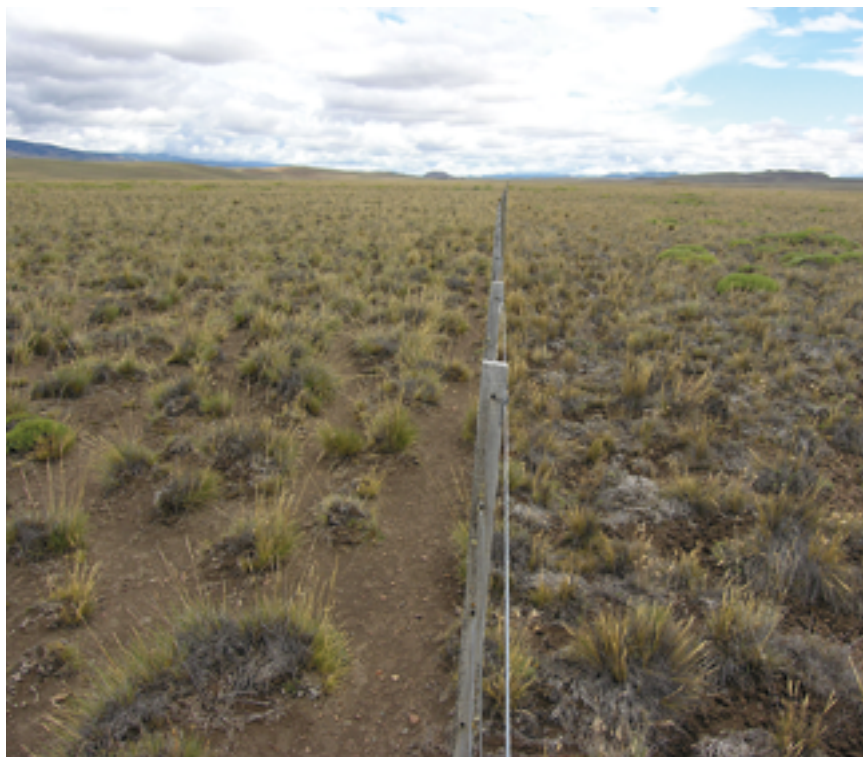
las provocadas por el pisoteo de los animales, y normalmente responde de forma negativa al uso intensivo del territorio, como diversos trabajos han demostrado en zonas áridas del planeta (Velasco Ayuso et al., 2020).

Nosotros hemos comprobado que en la estepa patagónica el pastoreo ovino reduce ostensiblemente la cobertura, biomasa y riqueza de tipos funcionales de costra biológica del suelo a lo largo del gradiente de aridez al sur de la provincia de Chubut (Figura 1; Velasco Ayuso et al., 2020). Encontramos que, a mayor intensidad de pastoreo, esta reducción es mayor, ya que un pastoreo ovino con baja o moderada carga provoca un impacto menor que uno con altas cargas. Por tanto, existe una relación directa en los ecosistemas pastoriles de la estepa patagónica entre la degradación de la costra biológica del suelo y la intensidad del pastoreo ovino. Además, hemos observado que los mayores efectos sobre esta costra biológica causados por el pastoreo ovino, independientemente de su intensidad, se presentan en la zona de menor aridez del gradiente.

Combinando los efectos en la vegetación y en la costra biológica del suelo, podemos afirmar que 1) intensidades altas de pastoreo ovino tienen consecuencias dramáticas sobre la costra biológica y sobre la diversidad funcional de plantas en los ecosistemas pastoriles de la estepa patagónica a lo largo de un gradiente de aridez, y 2) las condiciones bajas de aridez no son suficientes para compensar los efectos negativos del pastoreo ovino sobre la costra biológica del suelo y los recursos forrajeros de las estepas patagónicas. Aunque el tamaño de plantas en sitios subhúmedos secos no se ve muy afectado por la intensificación del pastoreo, la reducción en cobertura, área foliar específica y todas las variables asociadas a la costra biológica es muy notable.

■ IMPLICACIONES DEL DETERIORO EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y OTROS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Debido a su relevancia socioeconómica, la producción animal cumple un rol fundamental como determinante del bienestar de las poblaciones productoras en los ecosistemas pastoriles patagónicos. Como consecuencia, es frecuente que se intensifique la presión de pastoreo con el objetivo de lograr una mayor productividad secundaria (por ejemplo, carne o lana) por unidad de área a corto plazo. Sin embargo, tal intensificación del pastoreo reduce sustancialmente las funciones críticas de estos ecosistemas y su capital natural forrajero, que es



Gastón R. Oñatibia

Figura 4. Áreas de estepas gramíneas subhúmedas sometidas a diferentes intensidades de pastoreo. A la izquierda del alambre se observa el área que ha sido sometida a una mayor presión de pastoreo. Se evidencia la menor cobertura y tamaño de las plantas como consecuencia de la intensificación ganadera.

la base de la producción ovina en la Patagonia. Nuestro trabajo demostró también que el pastoreo intenso tiene un efecto negativo sobre la estructura y función ecológica de la costra biológica del suelo en la estepa patagónica. En este sentido, la intensificación ganadera no es sostenible debido a que el aumento de producción secundaria en el corto plazo reduce los servicios críticos que la sostienen a largo plazo. Este compromiso sugiere considerar críticamente la dimensión temporal de la apropiación de servicios ecosistémicos como la provisión de forraje para sostener la actividad ganadera en el futuro (Oñatibia, 2021).

■ CONCLUSIONES

Los ecosistemas pastoriles áridos están amenazados por una nueva ola de desertificación debido a la intensificación ganadera en escenarios de mayor aridez por las alteraciones en el clima (Huang et al., 2016). La interacción hallada entre la intensidad de pastoreo y la aridez como determinantes de la funcionalidad de los ecosistemas patagónicos y los servicios ecosistémicos que proveen indica que los escenarios de mayor aridez y de intensificación ganadera pueden efectivamente inducir

cambios drásticos (Gaitán et al., 2018; Maestre et al., 2012; Oñatibia et al., 2020). Nuestros resultados sobre los efectos en la costra biológica del suelo y la diversidad funcional de la vegetación sugieren que la presión de pastoreo debe ser ajustada en función del nivel de aridez. Mientras que los ecosistemas semiáridos pueden sostener intensidades de pastoreo moderadas, los ecosistemas áridos solo pueden sostener intensidades muy leves para no perder funcionalidad ni reducir sustancialmente la provisión de servicios ecosistémicos. Los patrones encontrados también indican que un aumento en la aridez o las sequías prolongadas pueden requerir una mayor reducción de la presión del pastoreo doméstico, debido a que en estos escenarios la tolerancia de las plantas no compensa el efecto del pastoreo moderado (Oñatibia, 2021). De esta forma, se puede desacoplar el estrés biótico causado por los herbívoros del estrés abiótico inducido por la sequía, y mantener la funcionalidad de los ecosistemas pastoriles patagónicos. ☺

REFERENCIAS

- 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 intensificación del pastoreo produce efectos diferenciales en la cobertura y composición vegetal en un gradiente regional de aridez*. [Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agronomía de la Universidad 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., Yahdjian, 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., Ciarri, G., Salomone, J. M., Massara, V., García Martínez, G., & 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* (pp. 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., & Yahdjian, 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>
- Yahdjian, 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)
- Yahdjian, 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>

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2019-02324), la Universidad de Buenos Aires (20020190100212BA) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 2015-0709). Agradecemos profundamente a Fernando T. Maestre por liderar el proyecto BIODESERT e invitarnos a participar, y a Victoria Ochoa, Beatriz Gonzalo y demás técnicos del laboratorio de Fernando T. Maestre por el análisis de muestras de vegetación. Agradecemos al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina (INTA) y productores de los campos de Patagonia por permitirnos trabajar en los sitios y a Mariana B. Ciavattini y Pedro M. Tognetti por su ayuda durante los viajes de campo en Patagonia.

LAURA YAHDJIAN. Ecóloga especialista en funcionamiento de ecosistemas dominados por herbáceas. Tiene experiencia en el diseño y realización de experimentos de sequía, nutrientes y pastoreo en pastizales y estepas áridas. Es investigadora independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA) y profesora adjunta de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (UBA) (Argentina), donde imparte clases de ecología y biodiversidad. Dirige un programa de Maestría en Recursos Naturales Renovables Terrestres en la Escuela para Graduados de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (EPG-FAUBA). ✉ yahdjian@agro.uba.ar

LUCAS J. CARBONI. Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Buenos Aires. Actualmente está realizando un doctorado en la Escuela para Graduados de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (EPG-FAUBA) con una beca doctoral de la UBA y trabaja en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA) (Argentina). Además, es ayudante de primera en el Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información de la Facultad de Agronomía de la UBA. ✉ icarboni@agro.uba.ar

SERGIO VELASCO AYUSO. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), CONICET y UBA. Justo antes estuvo trabajando como investigador postdoctoral en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA). Es especialista en la costra biológica del suelo y en las comunidades microbianas en general. Obtuvo su doctorado en Ciencias Biológicas en la Universidad Autónoma de Madrid (España). ✉ sergio.sva@gmail.com

GASTÓN R. OÑATIBIA. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA) y docente de ecología en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Obtuvo sus títulos de ingeniero agrónomo, magister en Recursos Naturales y doctor en Ciencias Agropecuarias en la Universidad de Buenos Aires. Durante los últimos diez años ha trabajado en ecología del manejo del pastoreo doméstico y de la interacción planta-herbívoro. Actualmente, estudia cómo responden los ecosistemas áridos a los cambios en el clima y en el uso de la tierra.

✉ onatibia@agro.uba.ar