

RESTAURACIÓN POR RECOLONIZACIÓN DE ESPECIES NATIVAS EN PASTURAS SEMBRADAS EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS EN PATAGONIA

Ferrante, Daniela^{1,2}, Álvarez Berto, Javier³, Vivar Miranda, María E.¹,
Oliva, Gabriel E.^{1,2} y Utrilla, Víctor R.^{1,2}

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
2 Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Santa Cruz, Argentina
3 Ea. Punta Loyola
@ ferrante.daniela@inta.gov.ar

Recibido: 30/06/2022
Aceptado: 05/06/2023

RESUMEN. En Patagonia austral el sobrepastoreo provoca cambios irreversibles en los pastizales. La sucesión secundaria en pasturas comerciales podría promover parcialmente la recuperación de especies nativas. Se estudiaron lotes laboreados y sembrados con pasturas perennes, sobre pastizales de *Festuca gracillima* con suelos franco-arenoso (sitio Fg) y arbustales de *Lepidophyllum cupressiforme* con suelos salino-sódicos (sitio Mv). Las pasturas (100-500 ha) fueron: nuevas (1 año desde la siembra sitio Fg; 7 años sitio Mv), intermedias (11) y antiguas (16). Se evaluó la vegetación con 3 transectos de 500 puntos por lote y las características químicas del suelo (0-20 cm). Un análisis de correspondencia canónica ordenó los transectos de vegetación según las propiedades del suelo y en el sitio Fg se agruparon además por antigüedad, esto no ocurrió en Mv. En Fg, la sucesión inició con especies introducidas (*Agropyron* sp. y *Dactylis glomerata*), luego se instalaron gramíneas y hierbas nativas (*Poa spiciformis*, *Deschampsia patula* y *Carex andina*) y; finalmente, gramíneas psamófilas nativas (*Pappostipa chrysophylla* y *Pappostipa ibarii*). Como resultado los dos sitios recuperaron parcialmente cobertura y diversidad de nativas, lo que aporta evidencia de resiliencia y potencial de regeneración natural en estos pastizales semiáridos luego del laboreo y siembra.

PALABRAS CLAVE: sucesión secundaria, disturbio, siembra, *Agropyron* sp., biodiversidad

ABSTRACT. RESTORATION BY RECOLONIZATION OF NATIVE SPECIES SEEDING IN SEMIARID RANGELANDS OF PATAGONIA. In the Magellan Steppe of south Patagonia, degradation of *Festuca* grasslands leads to dwarf shrub steppes in an irreversible way, but a secondary succession following a disturbance such as plowing and seeding may aid the restoration. We studied degraded *Festuca gracillima* grasslands (Fg site) and *Lepidophyllum cupressiforme* shrublands in salty nitric soils (MV site) that had been plowed, seeded, and seasonally grazed thereafter with sheep. The pastures (100-500 ha) were: recent (1 year in Fg and 7 yrs in Mv), intermediate (11 yrs), and old (16 yrs). Vegetation was assessed using 3 500-point transects in each pasture and 0-20 cm soil samples were obtained and analyzed in a laboratory. A Canonical Correspondence analysis using soil and vegetation properties arranged transects of the Fg site according to age since sowing, but this did not happen in Mv. In Fg introduced *Agropyron* sp. and *Dactylis glomerata* dominated initially but grasses and native forbs were recruited subsequently (*Poa spiciformis*, *Deschampsia patula* and *Carex andina*) and finally some psamophyte grasses were incorporated (*Pappostipa chrysophylla* and *Pappostipa ibarii*). Cover and diversity were partially recovered in this relatively short time, showing that these semiarid rangelands retain resilience and restoration potential after a disturbance.

KEY WORDS: secondary succession, disturbance, seeding, *Agropyron* sp., biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Los campos sembrados y abandonados son objetos de estudio útiles para describir procesos de sucesión secundaria y evaluar el grado de recuperación de la vegetación nativa (Cramer, Hobbs & Standish, 2008). Una manera de

entender estos procesos es estudiar las características de las poblaciones y comunidades vegetales en parcelas adyacentes en diferentes estados sucesionales luego de un disturbio (Pickett, 1989). En estas situaciones hay grupos de especies nativas con potencial de recolonización y en varios casos la riqueza y composición florística, con el tiempo, convergen con la de pastizales no cultivados adyacentes (Scott & Morgan, 2012; Wong, Morgan & Dorrough, 2010; Bonet, 2004).

Cómo citar este trabajo:

Ferrante, D., Álvarez Berto, J., Vivar Miranda, M. E., Oliva G. E. y Utrilla V. R. (2023). Restauración por recolonización de especies nativas en pasturas sembradas en ambientes semiáridos en Patagonia. *Semiárida*, 33(1), 17-27.



Ferrante, D., Álvarez Berto, J., Vivar Miranda, M. E., Oliva, G. E. y Utrilla, V. R.

Las características ambientales, principalmente la humedad y salinidad del suelo, limitan los procesos de recuperación de la vegetación. En sitios con baja productividad las tasas de recolonización son más lentas que en sitios productivos (Cody, 2000). Esto se debe a que los factores abióticos son más importantes que las interacciones bióticas en determinar la oportunidad de muchas especies para establecerse y colonizar (Hobbs et al., 2006). Por otro lado, la diversidad de especies en las distintas etapas de la sucesión responde diferencialmente en ambientes húmedos y secos. Así, Otto, Krüsi, Burga, Fernández-Palacios (2006) reportaron que en ambientes secos la riqueza aumenta durante la sucesión, en cambio, en sitios más húmedos se observa un incremento en etapas tempranas; pero luego declina en lotes más maduros. Además, la salinidad del suelo disminuye la riqueza y abundancia de especies (Cañadas et al., 2010) y, a medida que las condiciones ambientales son más restrictivas, se vuelven más lentos los procesos de recuperación.

En Patagonia argentina más del 35 % de los pastizales se encuentra en grado moderado a grave de deterioro (Del Valle, Elissalde, Gagliardini, Milovich, 1998) como consecuencia de más de un siglo de cargas ovinas altas y pastoreo continuo (Golluscio, Deregibus & Paruelo, 1998). En el proceso de degradación de estos pastizales se modifica la estructura de la vegetación (Bertiller, Ares & Bisigato, 2002), se pierden nutrientes (Oliva, Humano & Ferrante, 2008), diversidad (Oliva, Ferrante, Paredes, Humano, Cesa, 2016) y disminuyen los procesos de reclutamiento (López et al., 2013) entre otros impactos negativos. En el sur, los pastizales semiáridos de la Estepa Magallánica dominados por la gramínea *Festuca gracillima* se degradan a estados dominados por leñosas con transiciones irreversibles (Schenkel, Oliva, Paredes, Humano, Ferrante, 2021). Ya que la pérdida de suelo y la baja tasa de reproducción de *F. gracillima* (Oliva, Collantes & Humano 2013) impiden la recuperación natural de estos pastizales.

La siembra de pasturas en áreas con bajo potencial natural o degradadas es una

herramienta frecuentemente utilizada para aumentar la producción forrajera en sistemas de producción extensiva. En el Sur patagónico se han sembrado alrededor de 11000 ha de pasturas perennes en secano con *Agropyron* como una de las principalmente especies (San Martino, Schorr, Vargas, Roa, Bonil, 2021). Varias de estas pasturas se han estudiado desde el punto de vista de vista productivo, calidad de forraje y periodos de aprovechamiento (Utrilla y Humano, 2000; Andrade, Utrilla, Vargas, Clifton, 2017; Utrilla, Andrade y Gallardo, 2022), pero se desconocen los cambios que ocurren en la vegetación y las propiedades del suelo a mediano y largo plazo.

La estancia Punta Loyola, cuenta con más de 1400 ha de pasturas implantadas sobre comunidades degradadas de *Festuca gracillima* y 3000 ha. sobre estepas arbustivas de mata verde, *Lepidophyllum cupressiforme*, en la zona costera con suelos arcillosos y salinos. Algunos de estos lotes han sido sembrados recientemente y otros tienen más de quince años de antigüedad. Las pasturas se utilizan con ovinos de manera estratégica, con pastoreo estacional. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en la vegetación en el proceso de sucesión secundaria en lotes de pasturas de diferente antigüedad y describir la influencia de las características edáficas sobre el establecimiento de especies nativas. En relación con lo expuesto, la hipótesis de trabajo fue que con la madurez de la pastura aumenta el establecimiento de especies nativas, aunque en condiciones edáficas más restrictivas los procesos de recolonización serán menos exitosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra al sureste de Patagonia argentina (Figura 1), en la región ecológica de Estepa Magallánica Seca (EMS; Oliva, González y Rial, 2001), incluida en la provincia fitogeográfica Patagónica (Cabrera, 1976). La región ocupa 1.17 M ha de mesetas sedimentarias terciarias, terrazas glaciares cuaternarias y coladas basálticas. Los suelos son principalmente haplargides borólicos (Salazar Lea Plaza y Godagnone, 1990) ricos en materia orgánica en los 10 cm superiores y argílicos en

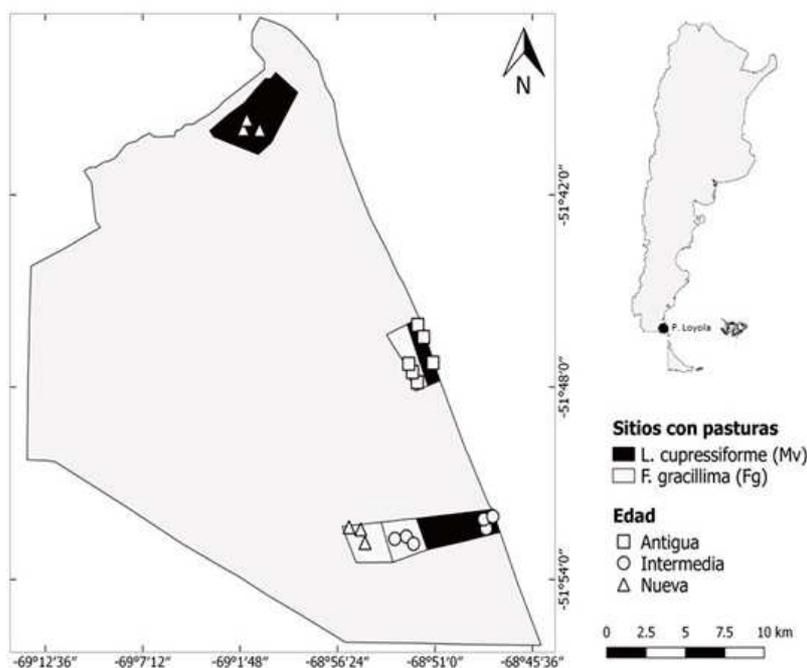


Figura 1. Ubicación de la Estancia Punta Loyola y de pasturas nuevas (triángulos), intermedias (círculos) y antiguas (cuadrados) en los sitios Fg (pastizales) y Mv (arbustales).

Figure 1. Punta Loyola ranch location and Fg (grasslands) and Mv (shrublands) sites on new (triangles), intermediate (circles) and old (squares) pastures.

profundidad. El clima es marítimo con temperaturas medias anuales de 6 a 7 °C y las precipitaciones varían desde 170 mm anuales en el extremo más seco y 300 mm en el más húmedo (Oliva et al., 2001).

En cuanto a las precipitaciones en la estancia Punta Loyola, durante el periodo desde la siembra hasta la evaluación de las pasturas (1999-2015) fue de 293 mm, con leve tendencia estival. Las estepas de *Festuca gracillima* con cobertura de 70-80 % son el tipo de vegetación dominante (Roig, Anchorena, Dollenz, Faggi, Méndez, 1985) y caracterizan las áreas sembradas en el sitio Fg. En el sector costero con influencia marina dominan los suelos salinos con presencia de Mata verde (*Lepidophyllum cupressiforme* - Sitio Mv). En este estudio se evaluó la vegetación y las características químicas del suelo en tres lotes de pasturas de diferente antigüedad en el sitio Fg y tres en el

sitio Mv. Los lotes fueron sembrados con pasturas en secano de *Agropyron* sp. y *Dactylis glomerata* (100 a 500 ha). Previo a la siembra, se eliminó el estrato arbustivo con dos pasadas entrecruzadas con rolo de 18 toneladas con cuchillas y luego, para descompactar el suelo y eliminar el estrato herbáceo, se aró con rastra pesada y tractor. La siembra se realizó durante el otoño con rastra con cajón sembrador y la densidad fue de 10 Kg.ha⁻¹ para *Agropyron* y 12 Kg.ha⁻¹ para *Dactylis*. El tiempo transcurrido desde la siembra fue para Fg 1, 11 y 16 años y los lotes se clasificaron como pastura nueva, intermedia y antigua, respectivamente. Para Mv los periodos fueron 7, 11 y 16 años (nueva, intermedia y antigua, respectivamente). Estos lotes fueron utilizados en forma estratégica con pastoreo estacional de ovinos. Las pasturas en Fg se utilizaron en el periodo mayo-octubre y las de Mv durante enero-mayo, con descanso el resto

Ferrante, D., Álvarez Berto, J., Vivar Miranda, M. E., Oliva, G. E. y Utrilla, V. R.

del año. Este tipo de pastoreo se mantuvo históricamente con leves modificaciones en las fechas de ingreso y salida de los animales en los lotes.

Vegetación

En cada uno de los lotes se evaluó la vegetación con el método de puntos en línea (Levi & Maden, 1933). Se instalaron tres transectos de 50 m en cada lote, con mediciones a intervalos de 10 cm (3 transectos x 3 edades x 2 sitios) en las que se identificó la especie presente, suelo desnudo o mantillo. En primer lugar, se obtuvo la cobertura vegetal, por especie y por grupos: especies sembradas, malezas y nativas. Las nativas fueron clasificadas a su vez en leñosas, hierbas monocotiledóneas y dicotiledóneas. La cobertura se calculó a partir de la relación entre los toques de la especie o grupo, en relación con el total de toques en la transecta y se expresó en porcentaje. Se obtuvo, además, la riqueza como el total de especies registradas en cada transecta y la diversidad con el índice de Shannon-Weaver:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)$$

donde p_i es la proporción relativa de cada especie en la transecta, \ln = logaritmo natural, S = riqueza.

Luego se calculó el índice cualitativo de Jaccard (Magurran, 1988) para evaluar la similitud entre transectos de similar antigüedad entre sitios.

$$J: a/(a+b+c)$$

donde J : índice de similaridad de Jaccard, a : número de especies compartidas entre transectos de una misma antigüedad, b : número de especies que se encuentran sólo en el sitio F_g , c : especies que se encuentran solo en M_v .

Cuanto más cercano es este índice a 1, más similares son los transectos en su composición florística. Por último, se identificaron las especies que crecieron en cobertura con la antigüedad de la pastura, los criterios se detallan en el apartado de análisis estadístico.

Suelo

Se obtuvo una muestra compuesta (3

submuestras) de suelo superficial (0-20 cm) asociado a cada transecto de vegetación para caracterizar las propiedades químicas del suelo. En laboratorio se secaron en estufa y se determinó textura (Método Bouyoucos), materia orgánica, fósforo disponible, nitrógeno total, pH, conductividad eléctrica (CE), Na, CIC, K, Mg y Ca de acuerdo con las normas de la red de laboratorios de INTA (RISLAB).

Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA de un factor (sitio) para evaluar las diferencias entre las propiedades de suelo, cobertura vegetal, riqueza y diversidad de Shannon entre sitios, nivel de significancia 0.05 (Infostat, 2020). Los valores de cobertura vegetal fueron transformados con el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción para cumplir con el supuesto de normalidad y se utilizaron transformados en todos los análisis.

Para identificar las especies crecientes en cobertura con el tiempo, se realizó un ANOVA de un factor (antigüedad) para cada especie y para cada sitio (Infostat, 2020). Aquellas especies que mostraron un aumento significativo ($p < 0.05$) en cobertura entre la pastura más reciente y antigua se clasificaron como crecientes. No se consideraron crecientes a aquellas que aumentaron en cobertura entre pastura reciente e intermedia, pero luego disminuyeron su cobertura en la más antigua.

Se realizó, además, un análisis directo de gradiente mediante Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para ordenar los sitios en función de la composición florística y propiedades del suelo (PAST 3.24, Hammer, Harper & Ryan, 2001). Se aplicó una transformación logarítmica a las variables de suelo (Perelman, Batista y León, 2005). Se realizó entre las variables de suelo un análisis de correlación de Pearson y se excluyeron de la matriz de datos aquellas variables con coeficiente de correlación mayor a 0.70. Se comprobó la significancia de los ejes con el test de permutaciones de Monte Carlo.

RESULTADOS

Caracterización de los sitios

Los suelos en el sitio M_v presentaron mayores

valores ($p < 0.05$) de salinidad (CE: 1,36 vs 0,38 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, valor medio de todos los lotes), sodio (5,1 vs 0,82 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo disponible (26,8 vs 12,2 ppm) y potasio (2,07 vs 0,4 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) que el sitio Fg, mientras que los suelos en Fg estuvieron enriquecidos en Calcio (6,4 vs 4,3 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) (Tabla 1).

Con respecto a la vegetación se registraron en total 45 especies, 37 de ellas estuvieron presentes en el sitio Fg y 25 en Mv. Sólo el 8 % de las especies fueron malezas, en su mayoría de ciclo anual o bianual, mientras que las nativas fueron perennes. La cobertura vegetal total fue similar entre los sitios (Fg 69±6,6 %, Mv 59±5,9 %; $p = 0,25$) al igual que la diversidad, pero la riqueza fue mayor en Fg (15,3± 1,45 vs 10,0±1,01; $p < 0,05$; Tabla 1).

Por otra parte, a medida que la pastura envejeció, la cobertura de especies sembradas disminuyó y las nativas aumentaron. Esto fue más evidente en el sitio Fg, donde las sembradas

decaeron a 12,8 % en la pastura más antigua, mientras que mantuvieron 30 % de cobertura en Mv. Asimismo, entre la pastura nueva e intermedia las especies nativas aumentaron de 7 a 55 % y de 10 a 28%, en los sitios Fg y Mv, respectivamente (Figura 2 A y B). En ambos sitios el número de especies y el índice de diversidad de Shannon fueron máximos en pasturas de edad intermedia (Figura 2 C y D).

Los resultados del índice de Jaccard indicaron que, entre sitios, las pasturas nuevas, intermedias y antiguas presentaron un 25, 36 y 40 % de similitud, respectivamente. Esto implica que las etapas más tardías de la sucesión fueron colonizadas por un mismo grupo de especies en ambos sitios. Estas especies fueron las nativas perennes: *Agrostis perennans*, *Festuca magellanica*, *Poa spiciformis*, *Hordeum* sp., *Cerastium arvense*, *Trisetum cumingii* y *Poa lanuginosa*.

Los ejes 1 y 2 del ACC explicaron el 52,9 y 17,8 % de la variación de los datos. Los transectos de los sitios Fg y Mv se ordenaron en función del gradiente de las propiedades químicas del suelo. Los transectos de Fg se dispusieron en torno al eje de calcio, mientras que las de Mv estuvieron asociadas a los ejes de sodio, conductividad eléctrica y potasio (Figura 3). Los transectos de Mv quedaron superpuestas en este espacio multidimensional mientras que, las de Fg estuvieron distribuidas y fue posible identificar una trayectoria que refleja las diferencias en composición florística en el proceso de sucesión secundaria (Figura 3).

Composición florística en Fg

A medida que aumentó la madurez de la pastura, hubo reemplazo de las especies sembradas por nativas y también entre las nativas que dominaron los lotes de diferente edad. La pastura reciente tuvo dominancia absoluta de especies sembradas, que aportaron más de la mitad de la cobertura, mientras que las nativas más abundantes fueron *Poa spiciformis* y *Deschampsia patula* que no llegaron al 2 % de cobertura. En la pastura de 11 años

Tabla 1. Valores medios de las propiedades químicas del suelo (fósforo: P; nitrógeno: N; potencial hidrógeno: pH; conductividad eléctrica: CE; materia orgánica: MO; capacidad de intercambio catiónico: CIC; calcio: Ca; magnesio: Mg; sodio: Na; potasio: K), riqueza, diversidad y cobertura total (\pm error estándar) para los lotes evaluados en Fg (pastizales) y Mv (arbustales). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sitios (ANOVA, $p < 0.05$).

Table 1. : Mean values of soil properties (phosphorus P, nitrogen N, pH, electrical conductivity: CE, organic matter: MO, cationic interchange capacity: CIC, calcium: Ca, magnesium: Mg, sodium: Na and potassium: K), species richness, diversity and total vegetation cover (\pm standard error) for plots in Fg (grasslands) and Mv (shrublands) sites. Different letters indicate statistical differences among sites (ANOVA, $p < 0.05$).

| | Fg | Mv |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| P disponible (ppm) | 12,21 \pm 3,25 a | 26,81 \pm 4,95 b |
| N total (%) | 0,32 \pm 0,02 a | 0,31 \pm 0,30 a |
| pH | 5,73 \pm 0,09 a | 6,02 \pm 0,12 a |
| CE (dS/m) | 0,38 \pm 0,04 a | 1,36 \pm 0,24 b |
| MO% | 6,46 \pm 0,31 a | 6,31 \pm 0,61 a |
| CIC (cmolc.kg ⁻¹) | 14,97 \pm 0,37 a | 16,18 \pm 0,59 a |
| Ca (cmolc.kg ⁻¹) | 6,40 \pm 0,34 a | 4,34 \pm 0,32 a |
| Mg (cmolc.kg ⁻¹) | 1,97 \pm 0,16 a | 1,78 \pm 0,21 a |
| Na (cmolc.kg ⁻¹) | 0,82 \pm 0,22 a | 5,11 \pm 0,53 b |
| K (cmolc.kg ⁻¹) | 0,40 \pm 0,02 a | 2,07 \pm 0,16 b |
| Riqueza | 15,30 \pm 1,45 a | 10,00 \pm 1,10 b |
| Diversidad (H') | 1,56 \pm 0,24 a | 1,21 \pm 0,16 a |
| Cobertura total (%) | 64,70 \pm 2,70 a | 59,70 \pm 3,10 a |

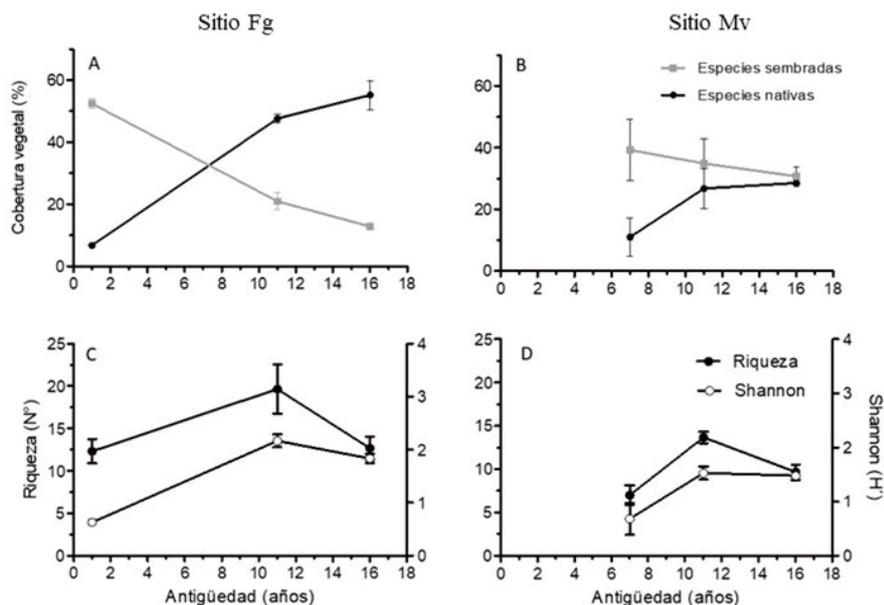


Figura 2. Cambios en cobertura de las especies sembradas (línea gris) y de especies nativas (línea negra) en A) sitio Fg, B) sitio Mv. Cambios en riqueza y diversidad C) sitio Fg (pastizales) y D) sitio Mv (arbustales). Las líneas verticales corresponden al error estándar.

Figure 2. Changes in cover of implanted (gray line) and native grassland species (black line) in A) Fg site (grasslands) and B) Mv sites (shrublands). Changes in species richness and diversity in C) Fg sites and D) Mv sites. Vertical lines show standard errors of the mean

estas dos gramíneas nativas aumentaron su cobertura a 14 y 11 %, con *Carex andina* como una tercera especie dominante (7,7 %). En la pastura más antigua *Festuca magellanica* y *Carex andina* fueron dominantes y de cobertura superior a las especies sembradas. En éstas hubo también presencia de *Pappostipa chrysophylla* (7 %) y de *P. ibari* (0,7 %).

Como se exhibe en la Figura 3, los transectos de la pastura nueva del sitio Fg se ubicaron cerca de las especies sembradas y de las nativas *Poa spiciformis* y *Acaena poeppigiana*; los transectos de antigüedad intermedias se ubicaron en torno a las hierbas *Azorella fuegiana* y *Luzula chilensis* y las gramíneas *Rytidosperma virescens* y *Festuca gracillima*. En cambio, los transectos más antiguas se dispusieron en torno a especies indicadoras de deterioro por pastoreo como *Pappostipa chrysophylla* y *Pappostipa ibari*. Las tres especies nativas con comportamiento creciente a medida que la pastura envejeció fueron las gramíneas: *Festuca magellanica* y *Hordeum* sp. y el graminoides

Carex andina (Tabla 2).

Composición florística en Mv

La vegetación en las tres edades estuvo dominada por especies sembradas. En la pastura de edad intermedia aparecieron como nativas acompañantes las gramíneas *Hordem* sp. y *Festuca magellanica*, ambas con alrededor del 8 % de cobertura, mientras que en la más antigua se registraron *F. magellanica* y *Agrostis perennans* superando el 10 % de cobertura. En la Figura 3 los transectos del sitio Mv quedaron superpuestas y no se pudo definir una trayectoria sucesional, posiblemente por la fuerte dominancia de especies sembradas. Las dos especies con comportamiento creciente en su cobertura entre las pasturas de diferente antigüedad fueron *A. perennans* y *F. magellanica*, pero solo *A. perennans* mostró diferencias significativas (Tabla 2).

DISCUSIÓN

El presente trabajo muestra el potencial de las especies nativas para instalarse en pasturas

Restauración por recolonización de especies nativas en pasturas sembradas en ambientes semiáridos en Patagonia

Tabla 2. Número total de registros según tipo, número de cuadras y porcentaje del total de cuadras en las cuales se registró la presencia de cada tipo de ejemplar, número promedio (\pm EE) de ejemplares de cada tipo y cazuelas vacías por cuadra en el arbolado urbano de alineación de la zona céntrica de Santa Rosa, La Pampa.

Table 2. Total number of records according to type, number of blocks and percentage of the total blocks in which the presence of each type was recorded, average number (\pm SE) of specimens of each type and empty planters per block in the downtown area of Santa Rosa, La Pampa.

| Sitio | Cobertura (%) | Antigüedad | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1 | 11 | 16 |
| Fg | Especies sembradas | 52,39 \pm 1,86a | 20,93 \pm 3,36 b | 12,84 \pm 1,32c |
| | Especies nativas | | | |
| | leñosas | 0,20 \pm 0,14 | 0,25 \pm 0,30 | 0,37 \pm 0,45 |
| | hierbas dicotiledóneas | 2,09 \pm 0,45 b | 5,43 \pm 2,85ab | 0,74 \pm 0,08a |
| | hierbas monocotiledóneas | 4,39 \pm 0,54a | 50,30 \pm 3,08 b | 54,4 \pm 5,18 b |
| | Malezas | 0 | 1,49 \pm 1,18 | 0,41 \pm 0,25 |
| | Especies crecientes | | | |
| | <i>Carex andina</i> | 0,30 \pm 0,20a | 7,70 \pm 0,60 b | 14,80 \pm 3,70 b |
| | <i>Festuca magellanica</i> | 0,40 \pm 0,30a | 3,70 \pm 1,80ab | 17,60 \pm 3,60 b |
| | <i>Hordeum</i> sp. | 0,10 \pm 0,08a | 1,00 \pm 0,50ab | 5,80 \pm 1,80 b |
| | Especie dominante | | | |
| <i>Festuca gracillima</i> | 0 | 6,90 \pm 2,10 | 0 | |
| Mv | Especies sembradas | 39,10 \pm 12,02 | 34,63 \pm 9,74 | 30,73 \pm 3,51 |
| | Especies nativas | | | |
| | leñosas | 0,23 \pm 0,25 | 0,94 \pm 0,71 | 0 |
| | hierbas dicotiledóneas | 0,03 \pm 0,04a | 5,67 \pm 1,60 b | 4,47 \pm 2,09 b |
| | hierbas monocotiledóneas | 10,71 \pm 7,40 | 23,97 \pm 5,60 | 28,51 \pm 3,54 |
| | Malezas | 0,03 \pm 0,04 | 0,33 \pm 0,21 | 0,40 \pm 0,24 |
| | Especies crecientes | | | |
| | <i>Agrostis perennans</i> | 0,10 \pm 0,10a | 2,89 \pm 1,70 b | 10,00 \pm 1,70 c |
| | <i>Festuca magellanica</i> | 6,50 \pm 6,60 | 7,27 \pm 2,70 | 11,60 \pm 5,00 |
| | Especie dominante | | | |
| | <i>Lepidophyllum cupressiforme</i> | 0,30 \pm 0,20 | 0,60 \pm 0,70 | 0 |

antiguas y la resiliencia de estos pastizales semiáridos ante el disturbio de la roturación y siembra. La reinstalación del pastizal natural parece ser un proceso de corto plazo, ya que 10 años después, la mitad de la cobertura vegetal estuvo compuesta por especies nativas. En el sitio más favorable desde el punto de vista edáfico (Fg) el reemplazo por nativas fue casi total, ya que en 16 años solo quedó un remanente de 13 % de cobertura de especies sembradas (Tabla 2); mientras que en los suelos salino-alcalinos del sitio Mv el reemplazo fue parcial y la pastura antigua conservó la mitad de la cobertura de especies sembradas. Varios estudios de zonas áridas y semiáridas informaron también un alto nivel de reemplazo de la cobertura de especies sembradas por nativas en los primeros 10-20 años (Bonet, 2004; Castellanos et al., 2005; Wong et al., 2010; Scott & Morgan, 2012). Estos resultados

implican que los procesos de recolonización en estos ambientes hostiles no son tan lentos.

Por otro lado, estudios de bancos de semillas en distintos tipos de pastizales naturales de Patagonia argentina mostraron que las gramíneas nativas perennes tienen baja participación respecto de las anuales (Estepa gramínea de *Festuca pallescens*: Bertiller & Aloia, 1997; E. arbustiva de *Chuquiraga avellanadae*: Pecile, 2019; E. gramínea de *Pappostipa speciosa* y *F. pallescens*: Gonzalez y Ghermandi, 2021). Aun así, en nuestro estudio las especies perennes *Festuca magellanica*, *Carex andina*, *Agrostis perennans*, *Deschampsia patula* y *Poa spiciformis* mostraron una recolonización vigorosa. La presencia de estas especies perennes en las comunidades resultantes, finalmente, son el producto de su habilidad de colonizar los sitios por dispersión o por la supervivencia de propágulos luego de la

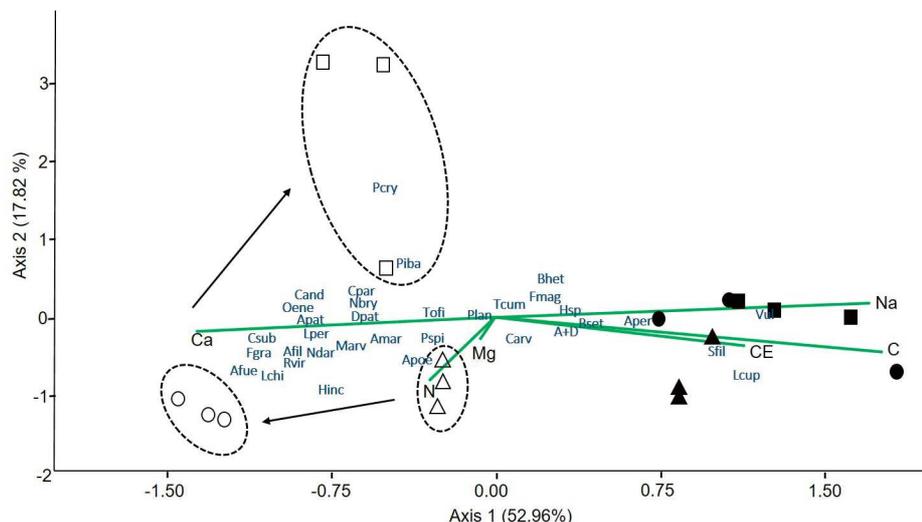


Figura 3. Ordenamiento de los transectos de vegetación en función de las propiedades químicas del suelo basado en el ACC. Los símbolos rellenos corresponden a Mv, símbolos sin relleno a Fg. Los símbolos representan: cuadrados a pasturas antiguas, círculos a pasturas intermedias y triángulos a pasturas nuevas. Las líneas a las diferentes propiedades del suelo, las cuales indican la dirección de máximo aumento de cada una y la longitud es proporcional a su grado de asociación con la variación florística. Las flechas indican la trayectoria de la sucesión en Fg y los óvalos punteados agrupan las transectos de igual antigüedad de este sitio. Referencias: A+D: *Agropyron* sp. + *Dactylis glomerata*; Apoe: *Acaena poeppigiana*; Aper *Agrostis perennans*; Apat: *Arjona patagónica*; Amar: *Armeria maritima*; Afil: *Azorella filamentosa*; Afue: *Azorella fuegiana*; Bset: *Bromus setifolius*; Bhet: *Berberis heterophylla*; Cand: *Carex andina*; Carv: *Cerastium arvense*; Cpar: *Chenopodium parodi*; Csub: *Colobantus subulatus*; Dpat: *Deschampsia patula*; Fgra: *Festuca gracillima*; Fmag: *Festuca magellanica*; Hinc: *Hypochoeris incana*; Hsp.: *Hordeum* sp.; Lper: *Lolium perenne*; Lchi: *Luzula chilensis*; Lcup: *L. cupressiforme*; Marv: *Myosotis arvense*; Ndry: *Nardophyllum bryoides*; Ndar: *Nassavia darwinii*; Oene: *Oxalis enneaphylla*; Pcry: *Pappostipa chrysophylla*; Pspi: *Poa spiciformis*; Plan: *Poa lanuginosa*; Rvir: *Ritidosperma virescens*; Sfil: *Senecio filaginoides*; Piba: *Pappostipa ibari*; Tofi: *Taraxacum officinale*; Tcum: *Trisetum cumingii*; Vul: *Vulpia* sp.

Figure 3. Scatterplot of vegetation transects in relation to soil properties based on Canonical Correspondence Analysis. Transects in Mv sites are represented in filled symbols, while those in Fg sites are outlined. Symbols represent pasture ages: Squares are old, circles intermediate age and triangles, new. Lines represent soil properties with direction and length in relation with floristic variation. Arrows indicate trajectories of the successional process in the Fg site.

perturbación y muestran que tuvieron oportunidad de crecer y alcanzar la madurez reproductiva (León y Oesterheld, 1982). En este caso las especies anuales fueron malezas y se mantuvieron por debajo del 2 % de cobertura sin importar la antigüedad ni el sitio (Tabla 2). El éxito de las malezas parece estar limitado por la aridez del ambiente, ya que en sitios con mayor precipitación aparecen como mejores competidoras y dominan las sucesiones (Otto et al., 2006; Tognetti, Chaneton, Omacini, Trebino, León, 2010).

Una particularidad se observó en la pastura antigua de Fg, en la cual se instaló la gramínea nativa *Pappostipa chrysophylla*. Esta especie es psamófila y coloniza sitios con acumulación de arenas (Roig y Méndez, 2003). Es probable que

el roturado inicial del suelo haya liberado material erosionable que se movilizó y acumuló paulatinamente, dando lugar a la instalación de esta especie que se dispersa fácilmente por semilla en suelos arenosos.

El género *Agropyron* es altamente tolerante a la salinidad, aunque presenta un crecimiento mayor en ambientes no salinos, dado que los suelos arcillosos poco permeables y de elevada conductividad reducen la germinación, el establecimiento de plántulas y determinan un crecimiento inicial lento (Terrazas Rueda, 2018). En el sitio Fg, con suelos no salinos (Tabla 1) *Agropyron* tuvo una alta implantación inicial, que llegó al 50 % de cobertura en la pastura nueva, pero las nativas aumentaron y se tornaron dominantes ya en la pastura intermedia. En

cambio, en el sitio Mv con suelos salinos, las plantas de *Agropyron* se establecieron con un 40 % de cobertura y fueron más persistentes, ya que la especie mantuvo una cobertura superior al 30 % aún en la pastura más antigua (Figura 2). Posiblemente, esta dominancia impidió diferenciar etapas en la sucesión con el envejecimiento de las pasturas. Estos resultados avalan nuestra hipótesis sobre la capacidad que tienen las especies nativas para recuperarse en pasturas antiguas de sitios favorables y que se vuelve limitada en condiciones edáficas más restrictivas puesto que allí, los procesos de recolonización fueron menos exitosos y hubo menos especies vegetales que se asociaron a estos suelos salinos-sódicos (Figura 3).

En nuestro estudio no hubo un restablecimiento de ninguna de las dos especies dominantes en los pastizales circundantes a los lotes evaluados. En el sitio Fg, *Festuca gracillima* sólo estuvo presente en las pasturas de edad intermedia (Tabla 2). Esta especie, si bien genera alta producción de propágulos (544 .m⁻²) con porcentajes de germinación adecuados (68 a 96 %), tiene pérdidas post dispersión del orden del 84 % (Oliva et al., 2013). Pero, además, el reclutamiento de *F. gracillima* a partir de semilla es poco probable. Oliva, Collantes & Humano (2005) observaron que el nivel de éxito en el establecimiento y supervivencia por semillas aumenta en parcelas removidas libres de competencia. Éste podría ser el caso de los lotes evaluados en la Estancia Punta Loyola inmediatamente después de la roturación del suelo, pero aun así la mortalidad puede ser total en los años con fuerte estrés hídrico. Por otra parte, el pisoteo o consumo directo de plántulas por herbívoros no es un factor de mortalidad temprana relevante en el ciclo de vida de esta especie (Oliva, 1996). Esto supone que la ausencia de *F. gracillima* en las pasturas evaluadas bajo pastoreo ovino, se debe más probablemente a restricciones climáticas que al efecto del pastoreo sobre la disponibilidad de propágulos o supervivencia de plántulas.

En el caso de *Lepidophyllum cupressiforme*, sitio Mv, se observó presencia en la pastura nueva e intermedia con cobertura menor al 1 % (Tabla 2), no se registró en la más antigua y, por

lo tanto, la vegetación resultante no fue arbustiva como la comunidad original. Estos matorrales tienen importancia ecológica por ser sitios de nidificación de aves como *Phrygillus fruticeti* (Vuilleumier, 1994) y, además, suelen tener alta diversidad de avifauna (Vuilleumier, 1998). Dado que la composición florística se recupera más rápidamente que la estructura de la vegetación (Otto et al., 2006), la recomposición de arbustales de esta especie endémica del sur patagónico podría ser un proceso lento o requerir de otro tipo de acciones para facilitar su reinstalación en suelos roturados.

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que algunas especies nativas en este ambiente semiárido tienen capacidad para reinstalarse luego del roturado de suelo y la siembra de pasturas comerciales. El sobrepastoreo lleva a la degradación de estos ambientes y da lugar a estados estables poco diversos y la aplicación de un disturbio que inicie procesos de sucesión secundaria podría ser una alternativa para la restauración ecológica de estos sistemas. En este caso, la introducción de una pastura perenne como el *Agropyron*, condujo a sucesiones con alta diversidad y cobertura de nativas en un término de 15 años. Es necesario continuar los estudios de sucesión bajo distintos manejos de las pasturas y evaluar factores o intervenciones que favorezcan el establecimiento del estrato arbustivo en el caso de querer lograr la regeneración de los arbustales de *Lepidophyllum cupressiforme*, que podría proporcionar hábitats específicos para la conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. A., Utrilla, V., Vargas, P. y Clifton, G. (2017). Evaluación del aprovechamiento de una pastura de Pasto ovillo y Agropiro intermedio con corderas en Ea. Punta Loyola. Informe técnico. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5572>
- Bertiller, M. N. & Aloia, D. A. (1997). Seed bank strategies in Patagonian semiarid grasslands in relation to their management and conservation. *Biodiversity & Conservation*, 6, 639-650. <https://doi.org/10.1023/A:1018397615476>
- Bertiller, M. B., Ares, J. O., & Bisigato, A. J. (2002). Multiscale indicators of land degradation in the Patagonian Monte, Argentina. *Environmental management*, 30, 704-715.

- Ferrante, D., Álvarez Berto, J., Vivar Miranda, M. E., Oliva, G. E. y Utrilla, V. R.
- Bonet, A. (2004). Secondary succession of semi-arid Mediterranean old-fields in south-eastern Spain: insights for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environments*, 56(2), 213-233. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00048-X](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00048-X)
- Cabrera, A. L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. En W.F. Kugler. (Ed.), *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo 2. Acme. Buenos Aires. Argentina. Fascículo 1. pp. 1-85.
- Cañadas, E. M., Jiménez, M.N., Valle, F., Fernández-Ondoño, E., Martín-Peinado, F., Navarro F. B. (2010). Soil-vegetation relationships in semi-arid Mediterranean old fields (SE Spain): Implications for management. *Journal of Arid Environments*, 74, 1525-1533. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.06.007>
- Castellanos, A. E., Martínez, M. J., Llano, J. M., Halvorson, W. L., Espiricueta, M., & Espeje, I. (2005). Successional trends in Sonoran Desert abandoned agricultural fields in northern Mexico. *Journal of arid environments*, 60(3), 437-455. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.06.004>
- Cody, M.L. (2000). Slow-motion population dynamics in Mojave Desert perennial plants. *Journal of Vegetation Science*, 11, 351-358. <https://doi.org/10.2307/3236627>
- Cramer, V.A., Hobbs, R.J. & Standish, R.J. 2008. What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, 104-112. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>
- Del Valle, H., Elissalde, N., Gagliardini, D., & Milovich, J. (1998). Status of desertification in the Patagonian Region: Assessment and mapping from satellite imagery. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 12, 95-122. <https://doi.org/10.1080/15324989809381502>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo C. W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Golluscio, R., Deregibus, A. & Paruelo, J. (1998). Sustainability and range management in the Patagonian Steppes. *Ecología Austral*, 8, 265-284. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v008_n02_p265.pdf.
- Gonzalez, S. L. & Ghermandi, L. (2021). Overgrazing causes a reduction in the vegetation cover and seed bank of Patagonian grasslands. *Plant and soil*, 464, 75-87. <https://doi.org/10.1007/s1104-021-04931-y>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T & Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electrónica*, 4(1), 9.
- Hobbs, R. J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P.R., Ewel, J. J., Klink, C. A., Lugo, A. E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D. M., Sanderson, E. W., Valladares, F., Vila, M., Zamora, R., & Zobel, M. (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1466822X.2006.00212.x>
- León, R. J. C. y Oesterheld, M. (1982). Envejecimiento de pasturas implantadas en el norte de la Depresión del Salado. Un enfoque sucesional. *Revista Facultad de Agronomía (UBA)*, 3, 41-49. https://www.agro.uba.ar/users/pruebas/martin%20oesterheld/publicaciones/1982-1989/Leon_&Oesterheld_1982_Envejecimiento_de_pasturas_implantadas_en_el_norte_de_la_Depresion_del_Salado.pdf
- Vuilleumier, F. (1994). Nidificación y status de Phrygilus fruticeti (Aves, Emberizidae) en la Patagonia chilena: un ejemplo del fenómeno de 'límite de la especie'. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 67, 299-307. Recuperado de http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1994/3/Vuilleumier_1994a.pdf
- Vuilleumier, F. (1998). Avian biodiversity in forest and steppe communities of Chilean Fuego-Patagonia. In *Anales del Instituto de la Patagonia*. http://200.54.63.162/bitstream/handle/20.500.11893/1164/Vuilleumier_Anales_1998_vol26_pp41-57.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Levi, E. B. & Madden, E. A. (1933). The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46, 267-279.
- López, D. R., Brizuela, M. A., Willems, P., Aguiar, M. R., Siffredi, G., Bran, D. (2013). Linking ecosystem resistance, resilience, and stability in steppes of North Patagonia. *Ecological indicators*, 24, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.014>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, pp.179.
- Oliva, G. (1996). *Biología de poblaciones de Festuca gracillima* (Tesis de Doctorado), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2869_Oliva.pdf
- Oliva, G., González, L., Rial, P. y Livraghi, E. (2001). El ambiente en la Patagonia Austral. Capítulo 2. En (Borrelli, P. y Oliva, G. Eds.), *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral* (pp. 17-80). INTA Regional Patagonia Sur.
- Oliva, G., Collantes, M. & Humano, G. (2005). Demography of grazed tussock grass populations in Patagonia. *Rangeland Ecology and Management*, 58(5), 466-473.
- Oliva, G., Humano G. & Ferrante D. (2008). Long-time effects of grazing on Patagonian rangelands (Argentina). In: J. O'Rourke, G. Sheath, and V. Allen, editors. *Multifunctional Grasslands in a Changing World, Hohhot, China*, pp 471. <https://uknowledge.uky.edu/cgi/>

Evaluación del arbolado urbano de alineación en la zona céntrica de Santa Rosa, La Pampa

- viewcontent.cgi?article=2632&context=igc
- Oliva, G., Collantes, M. & Humano, G. (2013). Reproductive effort and seed establishment in grazed tussock grass populations of Patagonia. *Rangeland Ecology and Management*, 66(2), 164-173. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00121.1>
- Oliva, G., Ferrante, D., Paredes, P., Humano, G., & Cesa, A. (2016). A conceptual model for changes in floristic diversity under grazing in semi-arid Patagonia using the State and Transition framework. *Journal of Arid Environments*, 127, 120-127.
- Otto, R., Krüsi B. O., Burga, C. A., & Fernández-Palacios J. M. (2006). Old-field succession along a precipitation gradient in the semi-arid coastal region of Tenerife. *Journal of Arid Environments*, 65, 156-178. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.07.005>
- Pecile, M. V. (2019). Efectos del pastoreo de animales silvestres y domésticos sobre la regeneración de pastizales de la estepa patagónica (Doctoral dissertation), Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Perelman, S., Batista, B. y León, R. J. (2005). El estudio de la heterogeneidad de la vegetación. Fitosociología y técnicas relacionadas. En M. Oesterheld, M. Aguiar; C. Ghersa y J. M. Paruelo (Comp.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas, un homenaje a Rolando J. C. León*. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Pickett, S.T.A. (1989). Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In: G. E. Likens (Ed.), *Long-term studies in Ecology*, pp. 110-135. Springer, New York, https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7358-6_5
- Roig, F. A., Anchorena, J., Dollenz, O., Faggi, A. M., Méndez, E. (1985). Las comunidades vegetales de la Transecto Botánica de la Patagonia Austral. *Transecto botánica de la Patagonia Austral*, 350, 519.
- Roig, F. y Méndez, E. (2003). Especies indicadoras de Estados y Procesos en la vegetación patagónica. Mendoza.
- Salazar Lea Plaza, J. y Godagnone, R. (1990). Provincia de Santa Cruz. Escala 1: 1.000. 000. *Atlas de Suelos de la República Argentina*. INTA-Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- San Martino, L., Schorr, A., Vargas, P., Roa, M. y Bonil, R. (2021). Provincia de Santa Cruz. Análisis comparativo de los Censos Nacionales Agropecuarios 2002 y 2018. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10005>
- Schenkel, C. A., Oliva, G. E., Paredes, P. N., Humano, G., Ferrante, D. (2021). Cartografía de un nuevo Modelo de Estados y Transiciones de la Estepa Magallánica Seca en la Patagonia argentina. *Ecología Austral*, 31, 301-315. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.2.0.1015>
- Scott, A. J. & Morgan J. W. (2012). Recovery of soil and vegetation in semi-arid Australian old fields. *Journal of Arid Environments*, 76, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.08.014>
- Terrazas Rueda, J. M. (2018). Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa (Doctoral dissertation). <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/18566>
- Tognetti, P. M., Chaneton, E. J., Omacini, M., Trebino, H. J., & León, R. J. (2010). Exotic vs. native plant dominance over 20 years of old-field succession on set-aside farmland in Argentina. *Biological Conservation*, 143(11), 2494-2503. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.06.016>
- Utrilla, V. R. y Humano, G. (2000). Evaluación de forrajeras perennes en secano bajo corte en el pastizal subandino de Santa Cruz, Argentina. XVIª Reunión Latinoamericana de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/73-evaluacion_forrajeras.pdf
- Utrilla, V. R., Andrade, M. y Gallardo, R. (2022). Aprovechamiento de pasturas en estado reproductivo y desempeño de corderas en la Patagonia Austral. Informe Técnico. E.E.A. Santa Cruz. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11760>
- Wong, N. K., Morgan, J. W. & Dorrough, J. (2010). A conceptual model of plant community changes following cessation of cultivation in semiarid grassland. *Applied Vegetation Science*, 13(4), 389-402. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2010.01080.x&2010>