




El manejo adaptativo del pastoreo como estrategia para optimizar la salud del pastizal en el Sudoeste Bonaerense

Repupilli, Julián Agustín¹ , Peter, Guadalupe^{2,3}  y Zeberio, Juan Manuel³ 

1 Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina.

3 Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica, Centro de Estudios Ambientales desde la NorPatagonia. Viedma, Río Negro, Argentina.

@jmzeberio@unrn.edu.ar

Recibido: 30/05/2025

Aceptado: 17/12/2025

Resumen. Este trabajo evalúa el impacto del Manejo Adaptativo (MA) frente al Manejo Convencional (MC) en los pastizales naturales del Sudoeste Bonaerense, ecosistemas clave que enfrentan riesgos de degradación por sobrepastoreo y arbustificación. La investigación se centró en medir el Índice de Salud del Pastizal (ISP), una herramienta que sintetiza 15 indicadores de campo para calificar cuatro procesos ecosistémicos: ciclo del agua, ciclo de minerales, flujo de energía y dinámica de las comunidades. El ensayo se realizó en la Chacra Experimental Patagones bajo un clima semiárido. Se compararon dos sistemas: por un lado, el MC: Pastoreo continuo con carga fija (12 ha/EV), y por otro el MA: Manejo basado en la biomimesis, utilizando cargas instantáneas altas con periodos de descanso planificados para permitir la recuperación de la vegetación. En el inicio, durante el otoño del año 2021, no se registraron diferencias significativas entre los sitios. Sin embargo, tras años de implementación (2024), el MA mostró una mejora sustancial y estadísticamente significativa en el ISP ($p < 0,0001$). Al desglosar los procesos, el MA impactó positivamente en la dinámica de las comunidades: Mayor vigor y presencia de gramíneas perennes deseables y leguminosas, y en el Ciclo de minerales: Mejor incorporación de mantillo y nutrientes (heces/orina) al suelo. Los procesos de flujo de energía y ciclo del agua no mostraron cambios significativos aún, lo que sugiere que estos indicadores requieren periodos de tiempo más extensos para reflejar mejoras en ambientes áridos. El Manejo Adaptativo se presenta como una estrategia efectiva para mejorar la salud y la biodiversidad del pastizal, ya que, al imitar los patrones naturales de pastoreo, favorece la sustentabilidad ambiental y la resiliencia del ecosistema frente al pastoreo continuo.

Palabras clave: pastizales naturales; manejo ganadero; manejo convencional; procesos ecosistémicos.

Abstract. Adaptive Grazing Management as a Strategy to Optimize Grassland Health in Southwestern Buenos Aires. This study evaluates the impact of Adaptive Management (MA) compared to Conventional Management (MC) on natural grasslands in Southwestern Buenos Aires, key ecosystems currently facing degradation risks due to overgrazing and woody plant encroachment. The research focused on measuring the Rangeland Health Index (RHI), a tool that synthesizes 15 field indicators to assess four fundamental ecosystem processes: the water cycle, mineral cycling, energy flow, and community dynamics. The trial was conducted at the Patagones Experimental Farm under a semi-arid climate. Two systems were compared: MC, characterized by continuous grazing with a fixed stocking rate (12 ha/AU), and MA, a management strategy based on biomimicry that utilizes high instantaneous stocking rates with planned rest periods to allow for vegetation recovery. At the beginning of the study in autumn 2021, no significant differences were recorded between the sites. However, after four years of implementation (2024), the MA treatment showed a substantial and statistically significant improvement in the RHI ($p < 0.0001$). Upon disaggregating the processes, MA had a positive impact on community dynamics, evidenced by greater vigor and presence of desirable perennial grasses and legumes, and on mineral cycling, through improved incorporation of litter and nutrients (manure/urine) into the soil. The energy flow and water cycle processes have not yet shown significant changes, suggesting that these indicators require longer periods to reflect improvements in arid environments. Adaptive Management is presented as an effective strategy to improve rangeland health and biodiversity, as by mimicking natural grazing patterns it enhances environmental sustainability and ecosystem resilience compared to continuous grazing.

Key words: natural grasslands; grazing management; conventional management; ecosystem processes.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales ocupan cerca del 40 % de la superficie terrestre global (World Resources Institute, 2000). Estos ecosistemas, que sustentan aproximadamente el 50 % del stock ganadero mundial, son cruciales para el suministro de alimentos y constituyen la base de la ganadería extensiva, una actividad productiva de importancia en Argentina (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Además, proveen beneficios adicionales como el

Cómo citar este trabajo:

Repupilli, J. A., Peter, G. y Zeberio, J. M. (2025). El manejo adaptativo del pastoreo como estrategia para optimizar la salud del pastizal en el Sudoeste Bonaerense. *Semiárida*, 35(Supl.), 83-91.

secuestro de carbono, el ciclo de minerales y la prevención de la erosión del suelo (Fernández et al., 2017). La vegetación de un pastizal natural puede ser inherentemente estable o derivar de otro tipo de cobertura vegetal como resultado de disturbios, tales como la ocurrencia de incendios, la extracción de madera o leña, las tareas de desmonte o el abandono de cultivos (Peláez et al., 2018). Gran parte de estos pastizales se encuentran en tierras secas, ya sean áridas, semiáridas o subhúmedas secas. (Maestre et al., 2021).

Estos ecosistemas presentan ciertas restricciones para la producción, como bajas precipitaciones (y/o distribución errática), bajas temperaturas y limitaciones edáficas. Debido a estas condiciones, generalmente no son aptos para cultivos agrícolas (Peláez, 2011), siendo la principal actividad económica la producción ganadera, basada casi exclusivamente en la utilización de la vegetación nativa como recurso forrajero (Peláez et al., 2018).

La producción basada en los recursos pastoriles puede gestionarse de distintas maneras. Una de ellas es el pastoreo continuo o manejo convencional (MC), caracterizado por la permanencia ininterrumpida de los animales en el pastizal, lo que conlleva problemas tanto productivos como ambientales (Román, 1991). Estos problemas pueden vincularse al sobrepastoreo y pueden conducir a la pérdida de receptividad ganadera causada tanto por la disminución de especies más palatables como por la arbustización del sistema (Van Auken, 2009). Se ha demostrado que el pastoreo continuo con ganado doméstico (ovino y/o bovino), empleando cargas altas y constantes, provocó el retroceso de las gramíneas perennes forrajeras, la alteración de las relaciones competitivas intra e interespecíficas y la reducción en la frecuencia de incendios naturales (Giorgetti et al., 1997). Este último es un factor importante para mantener el sistema dominado por gramíneas perennes forrajeras, ya que el fuego favorece su rebrote y, a la vez, disminuye la cobertura de especies leñosas y gramíneas perennes de escaso valor forrajero.

Ante la degradación de estos sistemas, el manejo adaptativo del pastoreo (MA) se presenta como una herramienta adecuada para recuperar la productividad de los pastizales. Esta práctica ofrece una nueva perspectiva para la gestión del pastoreo y la toma de decisiones, equilibrando las necesidades sociales y económicas con la conservación ambiental (Savory & Butterfield, 1999). El manejo adaptativo es un marco teórico-práctico para la gestión ganadera y de fauna silvestre que considera los ambientes como un todo, proporcionando herramientas para establecer objetivos, planificar las acciones requeridas y monitorear los resultados (Savory, 1983). Esta práctica busca replicar la complejidad e interconexión de los ecosistemas naturales para mejorar la salud del suelo, la biodiversidad y la productividad (Savory & Butterfield, 1999). En esencia, el MA es un método planificado que imita el comportamiento de herbívoros silvestres en presencia de predadores (Biomímesis), caracterizado por el agrupamiento y movimiento constante de los animales, alternando pulsos de pastoreo intensos con descansos prolongados (Kurtz et al., 2020).

Los principios del MA fueron desarrollados a lo largo de décadas de trabajo con productores y técnicos de distintas partes del mundo (Savory & Butterfield, 2016). Este manejo se ha implementado y evaluado en diversas áreas ganaderas de África del Sur, América del Norte, América del Sur, Australia, Europa y Asia (Teague et al., 2009; 2013). En Argentina, se han realizado estudios que evalúan los efectos del MA sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, así como sobre la estructura y composición de la vegetación natural (Borrelli, 2016; Kurtz et al., 2016; 2018; 2020; Oliva et al., 2021). A nivel regional, en el Sudoeste Bonaerense, se carece de información sólida que permita determinar los efectos de este manejo sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la dinámica de la vegetación.

Para evaluar y comparar los efectos del MA respecto del MC sobre las propiedades físicas del suelo y la composición de la vegetación leñosa y herbácea, se empleó el Índice de Salud del Pastizal (ISP). Este consiste en una estrategia de monitoreo ecológico que fue desarrollada a lo largo de un período de 20 años y se ha practicado en 2 millones de hectáreas en Argentina (Xu et al. 2019) y adaptados a la transición Espinal- Monte de Argentina del Sudoeste Bonaerense. Este índice busca evaluar los efectos del manejo ganadero sobre las propiedades del suelo y la estructura y la

composición de la vegetación. Se trata de un índice que sintetiza la calificación de 15 indicadores de procesos ecológicos, evaluados a campo, y relacionados con el ciclo del agua, el ciclo de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de la comunidad vegetal.

La utilidad de este índice radica en su capacidad para monitorear y evaluar el estado de los pastizales a lo largo del tiempo, es una herramienta valiosa para la toma de decisiones ya que permite estimar la producción forrajera y la carga animal recomendada. Además, contribuye al monitoreo y la conservación de la biodiversidad en estos ecosistemas (Siffredi et al., 2015). Por ello, es de suma importancia evaluar el efecto que tienen los manejos ganaderos (manejo adaptativo y manejo convencional) sobre el índice de salud del pastizal en ambientes de monte del SO de la provincia de Buenos Aires. La hipótesis que guía este trabajo es que el manejo adaptativo de los sistemas naturales del Sudoeste Bonaerense, permitiría el desarrollo de comunidades vegetales estructural y funcionalmente más favorables, mejorando los indicadores de salud del pastizal.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la Chacra Experimental Patagones, perteneciente al Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires. Esta se encuentra en el sur del partido de Patagones, localizada en las coordenadas 40°39'S y 62°53'O (Figura 1). El clima de la zona es templado semiárido, con una marcada distribución estacional de las precipitaciones, concentradas principalmente en verano y otoño (Figura 2). El suelo es un Haplocalcid típico (Giorgetti et al., 1997), de textura arenosa a arenosa-franca, muy suelto y susceptible a la erosión eólica (Peláez, 2011), con un pH de 7,28, carbono orgánico total de 1,36 %, N total de 0,10 % y P disponible de 16,05 ppm (Ambrosino et al., 2020; Torres et al., 2018).

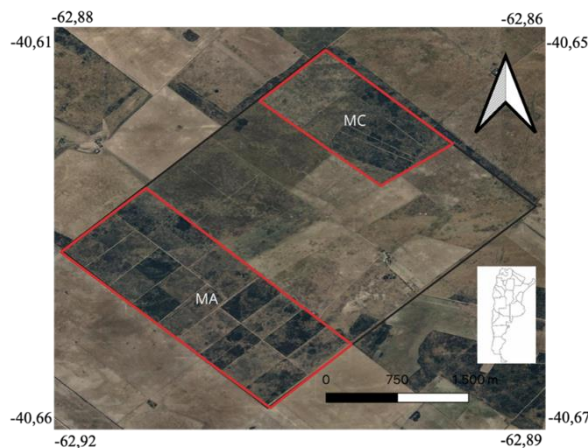


Figura 1. Localización y vista general del ensayo. MA: manejo adaptativo; MC: manejo convencional.

Figure 1. Location and general view of the trial. MA: adaptive management; MC: conventional management.

La comunidad vegetal de la región se caracteriza por un estrato arbustivo abierto que incluye especies herbáceas con diferentes grados de aceptación por parte del ganado (Giorgetti et al., 1997). Entre las especies arbustivas dominantes se encuentran *Condalia microphylla* Cav., *Chuquiraga erinacea* D. Don, *Larrea divaricata* Cav., *Schinus johnstonii* (Griseb.) I.M. Johnston, *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart, *Brachyclados lycioides* D. Don, *Lycium chilense* Bertero ex Roemer & J.A. Schultes, y *Prosopidastrum angusticarpum* (Lommi) G.P. Lewis & C.E. Hughes. En cuanto a la vegetación herbácea, predomina un estrato de gramíneas perennes como *Nassella longiglumis* (Phil.) Barkworth, *N. tenuis* (Phil.) Barkworth, *Poa ligularis* Nees ex Steud y *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Parodi. También están presentes otras gramíneas como

Pappophorum vaginatum Buckley, *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray, *Jarava plumosa* (Speg.) S.W.L.Jacobs & J.Everett y *Aristida pallens* Cav. (Torres Robles et al., 2015).

El análisis de la serie de datos climatológicos (temperatura y precipitación) que abarca 24 años (2000-2024) clasifica el clima de la región como árido a semiárido. La variabilidad de la temperatura presenta un patrón estacional bien definido. Los valores máximos se registran durante el verano (diciembre a marzo), con el pico máximo ocurriendo en enero, alcanzando temperaturas cercanas a los 30 °C. A partir de marzo, se observa un descenso térmico progresivo y constante, culminando en el punto más bajo durante el invierno (julio). El promedio mensual en este mes se sitúa en torno 12 °C.

La precipitación anual promedio es de 400 mm. El régimen pluviométrico es característicamente moderado e irregular a lo largo del año. La mayor concentración de precipitación se observa hacia el final del verano y el inicio del otoño (generalmente entre febrero y abril), marcando el período de mayor recarga hídrica.

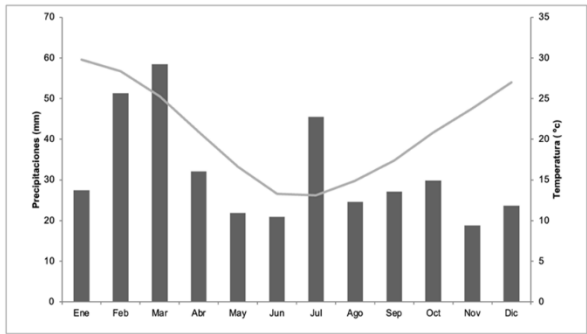


Figura 2. Climograma de precipitación y temperatura media mensual de la serie temporal 2000- 2024 de la CE Patagones.

Figure 2. Climograph of precipitation and mean monthly temperature from the 2000-2024 time series of CE Patagones.

Diseño experimental

Se implementaron dos tratamientos. Uno de ellos fue el manejo convencional (MC), con una carga animal fija de 12 ha/EV. Esto representa una carga moderada y coincide con la carga histórica en la zona de estudio (Giorgetti et al., 1997). El pastoreo se llevó adelante de manera ininterrumpida en un único potrero de 170 ha. El manejo adaptativo del pastoreo (MA) fue el otro tratamiento aplicado en la gestión del pastoreo. Este se realizó con carga animal ajustada a la oferta forrajera anual, en una superficie total de 380 hectáreas divididas en 16 potreros cuya superficie varía entre los 19 y 26 hectáreas. En cada uno de estos 16 potreros se realizó una determinación del número de raciones de forraje con la finalidad de controlar los períodos de pastoreo y descanso en ellos (Tabla 1).

Potrero	Has	Otoño 2021			Otoño 2024		
		Días		CAI	Días		CAI
		Pastoreo	Descanso		Pastoreo	Descanso	
1	18,7	9	156	3,2	9	135	3
2	19,3	8	157	3,1	9	135	2
3	20	9	156	3	14	130	2
4	19,7	12	153	3	13	131	2
5	20	9	156	3	9	135	2
6	20	13	152	3	10	134	2
7	16	9	156	3,8	9	135	3
8	19	6	159	3,2	9	135	2
9	21,4	14	151	2,8	11	133	2
10	26,8	9	156	2,2	12	132	2
11	25,7	8	157	2,3	12	132	2
12	27	10	155	2,2	18	126	2
13	25	10	155	2,4	12	132	2
14	23,5	9	156	2,6	11	133	2
15	28,5	4	161	2,1	13	131	2
16	27,5	9	156	2,2	13	131	2
promedio	22,4	9	156	2,7	11,5	133	2

Tabla 1. Se muestra el detalle la cantidad de potreros, la superficie y la carga instantánea para el tratamiento MA, como así también los días de pastoreo y descanso para el año 2021 y 2024.

Table 1. Details of the number of paddocks, paddock area, and instantaneous stocking rate for the Adaptive Management (AM) treatment, as well as grazing and rest periods for the years 2021 and 2024.

En los potreros bajo MA y bajo MC se identificaron áreas de referencia que representaron la mejor expresión conocida de biodiversidad, estabilidad del sitio y función ecosistémica. En estos potreros también se realizaron observaciones, en las que se estimó el Índice de Salud del Pastizal (ISP) a partir de los indicadores propuestos por Xu et al. (2019) y que fueron ajustados a las condiciones ambientales del ecotono Espinal-Monte presente en el Sudoeste Bonaerense. Las estimaciones se realizaron para ambos tratamientos durante los cuatro años que duró el ensayo. En este trabajo se presentan los datos de inicio (otoño de 2021) y final (otoño de 2024) del experimento. Las observaciones para estimar el ISP se realizaron efectuando un recorrido sistemático dentro de un área representativa de las condiciones generales de cada tratamiento.

El ISP es una herramienta de evaluación ecológica diseñada para sintetizar la funcionalidad de los ecosistemas. Este índice se fundamenta en la calificación de 15 indicadores de campo. La evaluación se realiza de manera expeditiva y se basa en la comparación con áreas de referencia que representan el estado óptimo del ecosistema. Estos indicadores son absolutos e independientes entre ellos, permitiendo una calificación objetiva y una interpretación directa de la salud del pastizal en relación con su potencial ecológico (Olavarría, 2021; Xu et al., 2019). Los indicadores se refieren a atributos del suelo (porcentaje de suelo desnudo, porcentaje de cobertura de mantillo, compactación del suelo superficial, signos de erosión hídrica y eólica, descomposición de bostas y presencia de microfauna) y de la vegetación (abundancia de canopeo vivo- vigor, estabilidad de la macolla de las plantas herbáceas y presencia de varas florales, presencia y vigor de gramíneas perennes de invierno y de verano, de leguminosas y otras especies contextualmente deseables, frecuencia de especies raras y abundancia de especies indeseables). Cada indicador recibe un puntaje en una escala que puede ser negativo, neutro o positivo, y luego se realiza una ponderación de los mismos (Jaimes et al., 2020). Estos indicadores nos permiten construir los procesos ecosistémicos del ciclo de minerales, ciclo del agua, flujo de energía del sistema y dinámica de la comunidad vegetal (Tabla 2).

#	INDICADOR	UNIDAD	Ciclo del Agua	Ciclo Mineral	Flujo de Energía	Dinámicas de la Comunidad
1	Abundancia de Canopeo Vivo	Vigor, reproducción, integridad de la corona			X	X
2	Organismos Vivos	Evidencia de microfauna			X	X
3	GF 1 Pastos de verano	Vigor, reproducción, integridad de la corona			X	X
4	GF 2 Pastos de invierno	Vigor, reproducción, integridad de la corona			X	X
5	GF 3 Hierbas/Leguminosas	Vigor, reproducción, integridad de la corona			X	X
6	GF 4 Árboles/arboles	Vigor, reproducción,			X	X
7	Especies Raras Contextualmente Deseables	Frecuencia				X
8	Especies Indeseables Contextualmente	Abundancia			X	X
9	Abundancia de Hojarasca	% Cobertura	X	X		
10	Incorporación de Mantillo	Grado de incorporación con el suelo		X		
11	Mantillo	% de cobertura		X		
12	Suelo Desnudo	% Suelo desnudo	X	X	X	X
13	Encostramiento	Resistencia de la superficie del suelo	X			
14	Erosión Eólica	Deposiciones de material				
		Pedestales activos	X			
15	Erosión Hídrica	Escorrentías/Flujos de agua	X			

Tabla 2. Procesos Ecológicos e Indicadores Relacionados Evaluados para el Índice de Salud del Pastizal (ISE)

Table 2. Ecological Processes and Related Indicators Evaluated for the Ecological Health Index (EHI).

Análisis de los datos

Se compararon los ISP de los sitios con distintos tratamientos ganaderos dentro de la Chacra Experimental Patagones: MA y MC. Si bien se midieron los ISP durante los cuatro años del ensayo, sólo se presentan y se comparan los resultados obtenidos para el inicio y el final del ensayo (otoño de 2021 y otoño de 2024). Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizando la

comparación de medias de Bonferroni, con un nivel de significancia inferior al 5 % ($p < 0,05$). Los análisis estadísticos fueron realizados con el software Navure (Navure Team, 2023).

RESULTADOS

Las mediciones iniciales del Índice de Salud del Pastizal (ISP) en el año 2021 no mostraron diferencias significativas entre ambos tipos de manejo ($p = 0,85$). Sin embargo, en el año 2024, el ISP presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), con un valor de ISP mayor para el MA que para el MC (Figura 3).

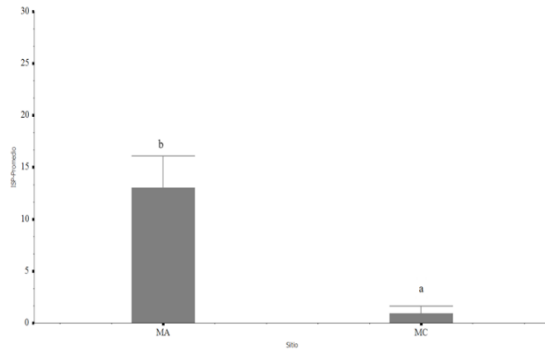


Figura 3 Índice de salud del pastizal (ISP) de sitios de MA y MC en 2024. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figure 3. Rangeland health index (RHI) for MA and MC sites in 2024. Different words indicate significant differences ($p < 0.05$).

El análisis de los indicadores en cada uno de los procesos ecológicos (ciclo del agua, el ciclo de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de la comunidad vegetal) a los que se refieren y que integran el índice no mostró diferencias significativas en el MC entre 2021 y 2024 ($p > 0,05$). En cambio, en el MA, se observaron mejoras significativas en los procesos ecológicos de la dinámica de las comunidades ($p = 0,008$) y el ciclo de minerales ($p = 0,04$), pero no presentó una mejora significativa en el flujo de energía ($p = 0,99$) ni en el ciclo del agua ($p = 0,69$) (Figura 4).

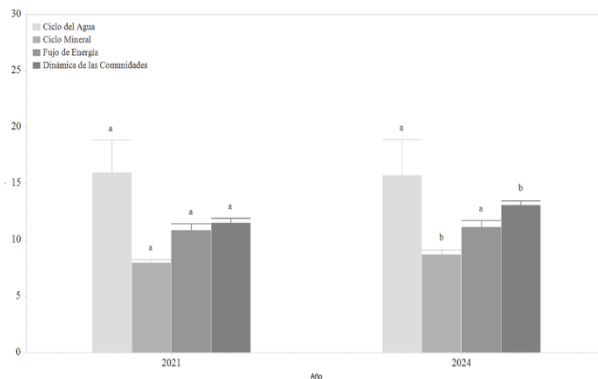


Figura 4. Ciclo del agua, Ciclo de los minerales, Flujo de energía y Dinámica de las comunidades para los años 2021 y 2024 bajo MA. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figure 4. Water cycle, mineral cycling, energy flow, and community dynamics for the years 2021 and 2024 under MA. Different words indicate significant differences ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que los distintos esquemas de manejo ganadero influyen de manera diferencial sobre la funcionalidad ecológica del pastizal en ambientes semiáridos del Sudoeste bonaerense. En este sentido, el Índice de Salud del Pastizal se constituye como una herramienta integradora para detectar cambios en procesos ecosistémicos clave asociados al uso del

pastoreo y a la capacidad del sistema para recuperar su estructura y funcionamiento frente a distintos regímenes de disturbio.

Las mediciones iniciales del Índice de Salud del Pastizal correspondientes al año 2021 no evidenciaron diferencias significativas entre los manejos evaluados (MA y MC), lo cual puede atribuirse a que, hasta ese momento, el pastoreo en ambos sectores del establecimiento se había realizado bajo un esquema convencional. A partir de 2021, se implementó el manejo adaptativo en un sector del campo, incorporando la planificación de los períodos de pastoreo y descanso de los distintos potreros.

Para el año 2024, luego de gestionar el rodeo y el pastizal siguiendo los lineamientos del manejo adaptativo, se encontraron diferencias altamente significativas entre el MC y el MA. Estas mejoras del ISP bajo el MA podrían atribuirse a que en esta práctica se ajustaron los tiempos de descanso necesarios para que las plantas pastoreadas recuperen la biomasa aérea removida y desarrollen de forma completa su ciclo reproductivo. El hecho de que los períodos de pastoreo del rodeo no sean muy extensos redundan en que los animales no pueden defoliar repetidas veces un mismo individuo. Los tiempos de pastoreo son suficientes para que la biomasa verde sea removida, consumiendo el forraje que, si queda en pie de una temporada a la siguiente, podría oxidarse y dificultar el rebrote en la siguiente temporada de crecimiento. Además, la planificación de los tiempos de pastoreo y descanso asegura que las plantas pastoreadas puedan recuperarse y completar su ciclo vital (Savory, 1983).

Al analizar los procesos ecosistémicos desagregados para el MA entre los años 2021 y 2024, se observaron diferencias significativas en la dinámica de las comunidades y el ciclo mineral, pero no en el flujo de energía ni en el ciclo del agua. Las mejoras en la dinámica de las comunidades implicarían que el MA modifica la abundancia de los diferentes grupos funcionales. Este tipo de manejo favorece una mayor presencia de individuos de especies perennes (tanto de los grupos funcionales de pastos de invierno como de verano), leguminosas y otras especies deseables desde el punto de vista productivo. La mejora de las comunidades vegetales se constata mediante el vigor de la planta, la integridad de la corona y la generación de estructuras reproductivas de las especies preferidas (Xu et al., 2019).

La gestión adaptativa genera un impacto animal sobre los individuos de especies indeseables o invasoras que poseen menor palatabilidad. Este efecto del impacto mecánico del ganado sobre las plantas interrumpe su ciclo vital y controla la población de estas especies. Por esta razón, el MA contribuye a evitar procesos de degradación asociados al sobrepastoreo, ya que este último modifica la dinámica de las comunidades vegetales, provoca una disminución de las especies de palatabilidad baja y de las especies invasoras, y aumenta la proporción de especies de mayor palatabilidad (Distel, 2016; Domingues Diaz et al., 2018; Peláez et al., 2018).

Por otra parte, el sobrepastoreo interfiere en el desarrollo del estrato herbáceo y deja espacios disponibles para el establecimiento de individuos de especies leñosas que, de no mediar alguna acción concreta de manejo, podría derivar en procesos de arbustización o lignificación del sistema. Este tipo de efectos de competencia entre especies leñosas y herbáceas ha sido identificado y documentado por numerosos autores en diferentes partes del mundo con tierras secas (Walter, 1971; Ulrich et al., 2014; Weber-Groullon et al., 2020).

La alta concentración espacial de animales en el potrero bajo MA provoca que se acumule parte de sus heces en los cuadros pastoreados, fomentando así el contenido de nutrientes por la acción de la acumulación de bosta y orina. Adicionalmente, y debido a que no existe encostramiento superficial por el pisoteo de los animales y la acción de los microorganismos, se favorece la descomposición y posterior incorporación del mantillo en el suelo, contribuyendo al ciclo mineral. Todo esto permitiría la recuperación del suelo, su funcionalidad y una mayor capacidad de autorregulación del ecosistema (Briske et al., 2008).

En los procesos ecosistémicos flujo de energía y ciclo del agua no se observaron diferencias, posiblemente debido a que se trata de procesos que suelen ser más lentos y necesitan más tiempo

para expresar las mejoras promovidas por el manejo adaptativo del pastizal en sistemas ecológicos áridos y semiáridos. Por esta razón, es necesario continuar relevando indicadores y monitoreando los procesos ecosistémicos a lo largo del tiempo para encontrar herramientas y prácticas de manejo ganadero sustentables para la región y que permitan observar una mejora sustancial en estos indicadores.

El manejo adaptativo del pastoreo (MA) se presenta como una estrategia efectiva para la recuperación de la salud del pastizal en el Sudoeste bonaerense y para mejorar algunos aspectos vinculados a la producción ganadera. La mejora significativa en el Índice de Salud del Pastizal y, específicamente, en la dinámica de las comunidades vegetales y el ciclo de minerales, valida la hipótesis de que el MA, al replicar los patrones naturales de pastoreo, permitiría el desarrollo de comunidades vegetales estructural y funcionalmente más favorables, favoreciendo la sustentabilidad ambiental de estos ecosistemas. Sin embargo, consideramos necesario continuar con el monitoreo de los procesos ecosistémicos a lo largo del tiempo para evaluar los efectos a largo plazo en el flujo de energía y el ciclo del agua, procesos que no evidenciaron mejoras en el horizonte temporal analizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambrosino, M. L., Lorda, G. S., Torres, Y. A., Ithurrart, L. S., Armando, L., Busso, C. A. y Rodríguez, G. (2018). Influencia de la vegetación arbustiva sobre la fertilidad del suelo en el monte semiárido: solubilización y fósforo disponible. En XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. (pp. 592-593).
- Ambrosino, M. L., Velázquez, S. A., Cabello, M. N., Busso, C. A., Torres, Y. A., Ithurrart, L. S. y Blázquez, F. R. (2020). La arbustización de zonas semiáridas ¿afecta a los hongos formadores de micorrizas arbusculares? En XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Borrelli, P. (2016). *Regeneración de Pastizales y Cambio Climático*. OVIS XXI.
- Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. M., Gillen, R. L., Ash, A. J. & Willms W. D. (2008). Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology & Management*, 61(1), 3-17.
- Distel, R. A. (2016). Grazing ecology and the conservation of the Caldenal rangelands, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 134, 49-55.
- Dominguez Diaz, M., Terra, J. A., & Ayala, W. (2018). Adaptive multi-paddock grazing improves soil health and herbage production in Uruguayan grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 145-153.
- Fernández, G., López, L., & Altesor, A. (2017). Servicios ecosistémicos y resiliencia del pastizal natural. MGAP (Ministerio Ganadería Agricultura y Pesca), Uruguay. Curso: Producción animal sostenible en pastoreo sobre campo natural. Montevideo: MGAP, 131-140.
- Gabella, J. I., Iuorno, M. V. y Campo, A. M. (2013). Análisis integral de un sistema territorial degradado: el caso del partido de Patagones.
- Giorgetti, H. D., Montenegro, O. A., Rodríguez, G. D., Busso, C. A., Montani, T., Burgos, M. A., Flemmer, A. C., Toribio, M. B., & Horvitz, S. S. (1997). The comparative influence of past management and rainfall on range herbaceous standing crop in east-central Argentina: 14 years of observations. *Journal of Arid Environments*, 36, 623-637.
- Jaimés, F. R., Casal, A. V., Martinefsky, M. J., Cesa, A., Otondo, J., & Milano, G. (2020). Índice de salud del pastizal y relación con indicadores de biodiversidad en Pampa Deprimida y Austral. En 43° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal.
- Kurtz, D. B., Asch, F., Giese, M., Hülsebusch, C., Goldfarb, M. C., & Casco, J. F. (2016). High impact grazing as a management tool to optimize biomass growth in northern Argentine grassland. *Ecological Indicators*, 63, 100-109.
- Kurtz, D. B., Giese, M., Asch, F., Windisch, S. H., & Goldfarb, M. C. (2018). Effects of high impact grazing on species diversity and plant functional groups in grasslands of northern Argentina. *Sustainability*, 10(9), Artículo 3153.
- Kurtz, D., Rey Montoya, S., Ybarra, D., Grancic, C. y Sanabria, C. (2020). Impacto del pastoreo en propiedades físico-químicas de un Psammacuent en pastizales del Nordeste Argentino. *Revista Argentina de Producción Animal*, 40(2), 1-13.
- Maestre, F. T., Benito, B. M., Berdugo, M., Concostrina-Zubiri, L., Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D. J., & Soliveres, S. (2021). Biogeography of global drylands. *New Phytologist*, 231(2), 540-558.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute.
- Navure, Team. (2023). A data science statistic oriented application for making evidence based decisions.

- Olavarria, C. (2021). *Estimación del Índice de Conservación de Pastizales (ICP) e indicadores de servicios ecosistémicos en un establecimiento ganadero de la Cuenca del Salado*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Oliva, G., Ferrante, D., Cepeda, C., Humano, G., & Puig, S. (2021). Holistic versus continuous grazing in Patagonia: A station-scale case study of plant and animal production. *Rangeland Ecology & Management*, 74, 63-71.
- Peláez, D. V. (2011). Dinámica de la vegetación en los pastizales del SO Bonaerense: Interacción clima-fuego-pastoreo. En Jornada sobre "Evolución y Futuro del Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense". Bahía Blanca, Argentina.
- Peláez, D. V., Blázquez, F. y Tizón, F. R. (2018). *Consideraciones para el manejo y restauración de pastizales naturales*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Presidencia de la Nación.
- Román, P. H. (1991). Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico mexicano: experiencias del INIFAP. En Memoria del Seminario Internacional sobre Lechería Tropical, 3, 118-131. FIRA - Banco de México.
- Savory, A. (1983). The Savory grazing method or holistic resource management. *Rangelands*, 5, 155-159.
- Savory, A., & Butterfield, J. (1999). *Holistic management: A new framework for decision making*. Island Press.
- Savory, A., & Butterfield, J. (2016). *Holistic management: A commonsense revolution to restore our environment*. Island Press.
- Siffredi, G. L., Boggio, F., Giorgetti, H., Ayesa, J., Kropfl, A. y Álvarez, J. M. (2015). *Guía para la evaluación de Pastizales*. Ediciones INTA.
- Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., & Conover, D. M. (2009). Soil and water conservation and production benefits from multi-species rotational grazing. *Soil and Water Conservation Society*, 64(3), 145-158.
- Teague, W. R., Kreuter, U. P., Grant, W. E., Diaz-Solis, H., & Kothmann, M. M. (2013). A case for adaptive management of rangelands. *Journal of Environmental Management*, 126, 72-80.
- Torres, Y., Ambrosino, M. L., Lucero, C. T., Prost, E., Ithurrart, L. S., Armando, L., Busso, C. y Rodríguez, G. (2018). Influencia de la vegetación arbustiva sobre la fertilidad del suelo en el Monte semiárido: materia orgánica y actividad microbiana. En XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. (pp. 588-589).
- Torres Robles, S. S., Arturi, M., Contreras, C., Peter, G. y Zeberio, J. M. (2015). Variaciones geográficas de la estructura y composición de la vegetación leñosa en el límite entre el espinal y el monte en el Noreste de la Patagonia (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(2), 209-215.
- Ulrich, W., Soliveres, S., Maestre, F. T., Gotelli, N. J., Quero, J. L., Delgado-Baquerizo, M., Bowker, M. A., Eldridge, D. J., Ochoa, V., Gozalo, B., Valencia, E., Berdugo, M., Escobar, C., García-Gómez, M., Escudero, A., Prina, A., Alfonso, G., Arredondo, T., Bran, D., Cabrera, O., Cea, A. P., Chaieb, M., Contreras, J., Derak, M., Espinosa, C. I., Florentino, A., Gaitán, J., García Muro, V., Ghiloufi, W., Gómez-González, S., Gutiérrez, J. R., Hernández, R. M., Huber-Sannwald, E., Jankju, M., Mau, R. L., Mendes Hughes, F., Miriti, M., Moneris, J., Muchane, M., Naseri, K., Pucheta, E., Ramírez-Collantes, D. A., Raveh, E., Romañó, R. L., Torres-Díaz, C., Val, J., Veiga, J. P., Wang, D., Yuan, X., & Zaady, E. (2014). Climate and soil attributes determine plant species turnover in global drylands. *Journal of Biogeography*, 41(2), 232-242.
- Van Auken, O. W. (2009). Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 2931-2942.
- Walter, H. (1971). *Ecology of tropical and subtropical vegetation*. Oliver & Boyd.
- Weber-Grullon, L., Gherardi, L. A., Rutherford, W. A., Archer, S. R., & Sala, O. E. (2020). Woody-plant encroachment: Precipitation, herbivory, and grass-competition interact to affect shrub recruitment. *Ecological Applications*, 30(7).
- World Resources Institute. (2000). *World resources 2000-2001: People and ecosystems: The fraying web of life*. World Resources Institute.
- Xu, S., Rowntree, J., Borrelli, P., Hodobd, J., & Raven, M. R. (2019). Ecological health index: A short term monitoring method for land managers to assess grazing lands ecological health. *Environments*, 6(6), 67.