

Aplicación del Índice de Salud del Pastizal (ISP) como herramienta de monitoreo ecológico en el ecotono Monte-Espinal del sudoeste bonaerense

Arancio Sidoti, Delfina^{1,2}, Peter, Guadalupe^{1,2} y Zeberio, Juan Manuel²

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

2 Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica. Viedma, Río Negro, Argentina.

daranciosidoti@gmail.com

Recibido: 21/05/2025

Aceptado: 18/09/2025

Resumen. Las tierras secas son fundamentales para el desarrollo humano en diversas regiones del mundo. El sudoeste bonaerense es una región semiárida afectada por intensas transformaciones del paisaje. En este trabajo se evaluó la sustentabilidad ecológica de predios ganaderos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. El objetivo principal fue adaptar el Índice de Salud del Pastizal (ISP) a las condiciones locales y aplicarlo para estimar la sustentabilidad ecológica de establecimientos ganaderos con distinta historia de manejo. Se seleccionaron ocho predios con distintas historias de uso: arado, quemado y sin intervención reciente, bajo manejo adaptativo y convencional. Para esto se utilizó una matriz de indicadores que fueron adaptados a las condiciones locales. Se dispusieron tres transectas de 10 m separadas entre sí por una distancia de 40 m. A lo largo de cada transecta se establecieron cinco marcos de 0,50 m x 0,50 m y en su interior se relevaron todos los indicadores. Se incorporó un nuevo indicador: presencia de costra biológica, por su relevancia en el ciclo de nutrientes y la retención de agua. Los resultados mostraron que los predios bajo manejo adaptativo sin intervención reciente presentaron valores elevados (47 y 39) del ISP. Por otro lado, tanto los sitios arados como los quemados recientemente evidenciaron valores inferiores del índice (31 y 39), aunque con mejoras observables a mayor tiempo transcurrido desde la perturbación. En conclusión, el ISP mostró ser una herramienta eficaz, económica y de fácil aplicación para monitorear la salud ecológica de pastizales en zonas semiáridas. Los predios bajo manejo adaptativo mostraron tener mayor resiliencia y estabilidad ecológica. La implementación de este índice puede orientar hacia prácticas de manejo sustentable, favoreciendo el equilibrio entre producción ganadera y provisión de servicios ecosistémicos.

Palabras clave: ganadería; manejo adaptativo; vegetación leñosa.

Abstract. Ecological Health Index (EHI) assessment in the Monte-Espinal transition of southwestern Buenos Aires province. Drylands are essential for human development in various regions around the world. The Southwestern region of Buenos Aires Province is a semi-arid area affected by significant landscape transformations. This study evaluated the ecological sustainability of livestock farms in the southwest of Buenos Aires Province. The main objective was to adapt the Ecological Health Index (EHI) to local conditions and apply it to assess the ecological sustainability of livestock operations with different management histories. Eight plots were selected, each with distinct land-use histories plowing, burning, and no recent intervention under either adaptive or conventional management. A matrix of indicators, tailored to local conditions, was used. Three 10-meter transects were established at each site, spaced 40 meters apart. Along each transect, five 0.50 m x 0.50 m quadrats were set, within which all indicators were surveyed. The indicator "biological soil crust presence" was included due to its importance in nutrient cycling and water retention. Results showed that sites under adaptive management with no recent intervention had high EHI scores (47 and 39). In contrast, recently plowed or burned sites had lower index values (31 and 39), although some improvement was observed over time since disturbance. In conclusion, the EHI proved to be an effective, low-cost, and easy-to-apply tool for monitoring the ecological health of grasslands in semi-arid zones. Sites under adaptive management demonstrated greater resilience and ecological stability. Implementing this index may guide sustainable management practices, promoting a balance between livestock production and the provision of ecosystem services.

Key words: livestock; adaptive management; woody vegetation.

INTRODUCCIÓN

Las tierras secas son fundamentales para el desarrollo humano en diversas regiones del mundo,

ya que sostienen aproximadamente el 50 % del stock ganadero global (Adeel et al., 2005). Estos ecosistemas cubren más del 40 % de la superficie terrestre y albergan una biodiversidad significativa. A pesar de la baja valoración que históricamente se les ha asignado, proporcionan

Cómo citar este trabajo:

Arancio Sidoti, D., Peter, G. y Zeberio, J. M. (2025). Aplicación del Índice de Salud del Pastizal (ISP) como herramienta de monitoreo ecológico en el ecotono Monte-Espinal del sudoeste bonaerense. *Semiárida*, 35(Supl.), 31-38.

hábitat a un tercio de la población mundial y ofrecen una amplia variedad de bienes y servicios, entre los cuales se incluyen la biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la regulación de los recursos hídricos, la provisión de energía, forraje, ganado y alimentos (Abraham et al., 2011; Adeel et al., 2005; Chen y Costanza, 2024). La delimitación de las tierras secas requiere introducir el concepto de índice de aridez (IA), calculado como el cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media (Gaitán, 2002). Estos ecosistemas se dividen en distintas categorías según su índice de aridez, de este modo, las regiones subhúmedas-secas son las que presentan un IA entre 0,50 y 0,65; las semiáridas entre 0,20 y 0,50; las áridas entre 0,05 y 0,20; y las hiperáridas un IA menor a 0,05 (Adeel et al., 2005; Gaitán, 2002).

El sudoeste de la provincia de Buenos Aires tiene un clima semiárido, con fenómenos extremos como precipitaciones escasas y altamente variables, marcadas amplitudes térmicas y elevadas tasas de evapotranspiración potencial (Gaitán, 2002). En las últimas cinco décadas, la expansión de la frontera agropecuaria ha provocado una profunda alteración de estos ecosistemas. La remoción de vegetación leñosa para el establecimiento de cultivos y pasturas ha ocasionado la pérdida de más del 80 % del monte nativo, con deterioro de la estructura vegetal y reducción significativa de la biomasa leñosa (Pezzola et al., 2004). Estas prácticas, agravadas por un período seco entre 2005 y 2009, han derivado en erosión del suelo y disminución de la productividad agrícola y ganadera (Zeberio, 2018). Este proceso de transformación del paisaje ha contribuido a la desertificación, entendida como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas (Rackelmann et al., 2024). Dado que la pérdida de suelo es irreversible, la prevención resulta fundamental (Martínez-Valdererra et al., 2021). En este contexto, los aumentos en la frecuencia e intensidad de disturbios subrayan la necesidad de comprender con mayor profundidad la respuesta de los ecosistemas semiáridos a estos cambios.

En las tierras secas destinadas al pastoreo coexisten dos tipos de manejo ganadero (Lezana et al., 2019). Por un lado, el manejo convencional que se realiza sin movimientos planificados de ganado, indistintamente de la disponibilidad de forraje. Por otro lado, el manejo adaptativo que utiliza altas cargas ganaderas durante períodos breves con el fin de reducir la selectividad en el pastoreo. Este último enfoque se basa en una comprensión sistémica del funcionamiento del ecosistema: las decisiones de manejo se planifican, se evalúan los resultados obtenidos y se ajusta la carga ganadera en función de la disponibilidad de forraje, con el objetivo de promover la mejora continua del sistema (Chapin et al., 2010; Meffe et al., 2012).

Para evaluar de manera integral los sistemas productivos, Sarandón y Flores (2009) proponen el uso de indicadores simples y prácticos. Los indicadores deben cumplir con una serie de requisitos para ser útiles y deben ser pertinentes al objetivo de la evaluación. En principio, deben ser lo suficientemente sensibles para captar una amplia gama de condiciones y detectar cambios a lo largo del tiempo. Además, es importante que su variabilidad natural sea baja durante el período de muestreo, minimizando así posibles interferencias externas. Asimismo, deben poseer capacidad predictiva, ser expresables en unidades comparables mediante transformaciones o escalas cualitativas, y resultar accesibles en cuanto a recolección y aplicación sin comprometer la confiabilidad. Se valora también su objetividad, es decir, que sean independientes del observador, y que permitan una interpretación clara y no ambigua. Finalmente, estos autores subrayan la importancia de que los indicadores permitan establecer valores umbral, sean robustos e integradores, y aunque aspiren a una aplicabilidad universal, puedan adaptarse a condiciones particulares de cada sistema o región.

Xu et al. (2019) construyeron una lista de indicadores ecológicos que conforman el Índice de Salud del Pastizal (ISP o EHI, Ecological Health Index, por su denominación en inglés). Este conjunto de indicadores fue desarrollado con el objetivo de evaluar de manera integral la salud ecológica y la productividad de los pastizales sometidos a pastoreo. Según los autores, el ISP podría constituir una herramienta útil para detectar el estado ecológico y el rendimiento productivo en tierras bajo pastoreo. En términos generales, el ISP permitiría dar seguimiento al estado de las

tierras y evaluar el impacto de las decisiones de manejo sobre indicadores ecosistémicos clave (Xu et al., 2019).

En este marco, el objetivo general del presente trabajo fue contribuir al desarrollo de herramientas de evaluación de la sustentabilidad ecológica para predios ganaderos en el sudoeste bonaerense. Los objetivos específicos fueron: (1) generar una matriz de indicadores ecológicos adaptados a las condiciones locales, adecuando la metodología propuesta por Xu et al. (2019); y (2) evaluar el estado de salud del pastizal en dichos predios. La hipótesis que guió esta investigación plantea que las prácticas de manejo influyen significativamente en los resultados del Índice de Salud del Pastizal, de manera tal que aquellos predios cuyas estrategias conserven la estructura leñosa obtendrán valores más altos, en virtud de los servicios ecosistémicos que proveen árboles y arbustos.

METODOLOGÍA

La zona de estudio es el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en los partidos de Puan, Villarino y Patagones. La distribución de las precipitaciones medias anuales de esta región muestra una disminución de norte a sur, con 590 mm en la zona norte (partido de Puan) y 350 mm en la región austral (partido de Patagones), lo que convierte a esta área en la de menor régimen pluviométrico de toda la provincia (Capello et al., 2014). La topografía del área es principalmente llana, con altitudes que no superan los 200 m sobre el nivel del mar. El régimen de vientos predominantes (secos y provenientes del noroeste, oeste y norte) constituye un factor determinante que intensifica los procesos de erosión eólica, contribuyendo a la degradación de los suelos superficiales (Zeberio, 2018).

Se tomó como referencia la planilla de indicadores propuesta por Xu et al. (2019), los cuales están directamente vinculados a diferentes procesos ecológicos (Tabla 1). Se llevó a cabo una adaptación a las condiciones específicas de la zona bajo estudio. Esta adecuación se realizó debido a que las especies vegetales presentes, así como la cobertura vegetal y el porcentaje de suelo desnudo, varían significativamente en función de las características ecológicas de cada región. Estas modificaciones de la matriz se realizaron a campo junto a profesionales y a productores, y fueron respaldadas por la bibliografía y el conocimiento técnico.

		PROCESO ECOLÓGICO			
		Ciclo del agua	Ciclo de minerales	Flujo de energía	Dinámica de comunidades
INDICADOR	Abundancia del canopeo vivo			X	X
	Microfauna				X
	Pastos perennes			X	X
	Hierbas y leguminosas			X	X
	Árboles y arbustos			X	X
	Especies raras deseables			X	X
	Especies context. Indeseables			X	X
	Mantillo	X	X		
	Incorporación del mantillo		X		
	Descomposición de bostas		X		
	Suelo desnudo	X	X	X	X
	Encostramiento	X			
	Erosión eólica	X			
	Erosión hídrica	X			
	Costra biológica	X	X		X

Tabla 1. Indicadores que componen el ISP (modificado de Xu et al., 2019) y el proceso ecológico al que corresponden.

Table 1. Indicators comprising the EHI (modified from Xu et al., 2019) and their associated ecological processes.

Para la toma de datos se seleccionaron ocho potreros en campos privados destinados a la cría de ganado bovino. Los potreros seleccionados dentro de diferentes establecimientos ganaderos presentaron distintas historias de uso y tiempos desde la intervención de la vegetación. A su vez, se tuvo en cuenta el manejo del ganado realizado en los últimos 3 años, pudiendo ser convencional o adaptativo, lo que permitió evaluar una amplia gama de condiciones ecológicas y prácticas de manejo (Tabla 2).

Predio	Uso	Años	Manejo
1	Arado	5	Convencional
2	Arado	23	Convencional
3	Quemado	7	Adaptativo
4	Quemado	22	Adaptativo
5	S/intervención	>50	Convencional
6	S/intervención	>50	Convencional
7	S/intervención	>50	Adaptativo
8	S/intervención	>50	Adaptativo

Tabla 2. Historia de uso (práctica y tiempo transcurrido desde su aplicación) y manejo del ganado en los predios muestreados.

Table 2. History of use (practice and time elapsed since application) and livestock management on the farms sampled

Una vez adaptada la planilla, se procedió al relevamiento para calcular el Índice de Salud del Pastizal (ISP) en cada uno de los potreros seleccionados dentro de los diferentes establecimientos. Para ello, en cada sitio se establecieron al azar tres transectas de 10 m de longitud orientadas en sentido norte-sur, separadas entre sí por una distancia de 40 m. A lo largo de cada transecta se establecieron cinco unidades de muestreo (marcos) de 0,50 m por 0,50 m. En el interior de cada marco se relevaron todos los indicadores de la planilla adaptada de ISP. Para el cálculo del ISP por predio se sumaron los puntajes otorgados a cada indicador en cada marco de cada transecta y se promediaron los valores registrados en las tres transectas.

Con el propósito de facilitar la representación gráfica y la comparación entre indicadores, todos ellos fueron ponderados y transformados a una escala estandarizada de 0 a 5. Sarandón y Flores (2009) destacan la capacidad de los gráficos circulares (del tipo tela de araña) para ilustrar visualmente los valores obtenidos para cada indicador en relación con una situación de referencia o ideal. Esta modalidad de representación facilita la identificación de los puntos críticos del sistema al evidenciar la distancia existente entre el estado actual y el estado deseado. Al mismo tiempo, permite sintetizar una gran cantidad de información de manera clara y comprensible, ofreciendo una visión general u holística del funcionamiento del sistema evaluado (Sarandón y Flores, 2009).

RESULTADOS

Adaptación de la planilla del ISP

Para la adaptación de la planilla del Índice de Salud del Pastizal a las condiciones particulares de la región de estudio, se incorporó un nuevo indicador que respondió a las particularidades locales, se eliminaron aquellos que no resultaron pertinentes, y se realizaron ajustes en los rangos en indicadores que, si bien eran relevantes, presentaron una sobrestimación o subestimación respecto de su aplicabilidad regional.

Los indicadores correspondientes a "Pastos perennes de verano" y "Pastos perennes de invierno" fueron unificados en una sola categoría, dado que todos los muestreos se realizaron durante la estación primaveral, lo que tornaba innecesaria su diferenciación estacional. Para el caso del indicador "Hierbas y leguminosas", se incorporaron especies de los géneros *Medicago* y *Hoffmannseggia*, por constituir las leguminosas herbáceas con mayor representación en los sitios muestreados. En lo que respecta al indicador de especies no herbáceas, se incluyeron los arbustos *Ephedra ochreatea* y *Ephedra triandra*, debido a su alta palatabilidad para el ganado bovino. Por otra parte, dentro del indicador de "Especies raras contextualmente deseables" se consideró pertinente incluir gramíneas del tipo C4 como *Leptochloa crinita* o *Setaria leucopila*, dado su importante aporte forrajero en momentos críticos del ciclo productivo (Gil Báez et al., 2015; Siffredi et al., 2013). También se incluyó en ese indicador la presencia de la especie *Poa ligularis*, esta especie, por ser muy sensible al pastoreo, es un primer indicio de sobrepastoreo al estar ausente (Gittins López et al., 2010; Soriano et al., 1980). Con el objetivo de simplificar el proceso de evaluación sin perder precisión analítica, se integraron en un único indicador la presencia de bostas y la cobertura de mantillo, ya que se consideró que ambos elementos cumplen funciones ecológicas similares.

Adicionalmente, se incorporó un nuevo indicador denominado "Presencia de costra biológica" a la matriz de evaluación. La costra biológica del suelo es una comunidad conformada por

cianobacterias, algas verdes, líquenes, briófitos y otros microorganismos que coexisten en los primeros centímetros de la superficie del suelo (Zeberio y Peter, 2021). La inclusión de este indicador se fundamentó en la creciente evidencia que destaca el rol clave de estas comunidades en la regulación ecológica de los sistemas áridos y semiáridos (Rosentreter y Eldridge, 2025).

Evaluación del ISP

En la Tabla 3 y la Figura 1 se reflejan los valores obtenidos para cada indicador en los ocho potreros muestreados. Los predios con manejo adaptativo, en especial los que no tuvieron intervención reciente, presentaron valores más elevados en indicadores clave como abundancia del canopeo vivo (4), presencia de microfauna (5), presencia de árboles y arbustos (4), y una menor presencia de especies indeseables (5). También se destacó una mayor cobertura de mantillo, costra biológica y estabilidad frente a erosión eólica e hídrica en estos predios. En contraste, los predios con manejo convencional mostraron valores más bajos de cobertura vegetal, diversidad funcional y regeneración, con ausencia de costra biológica y menor presencia de microfauna.

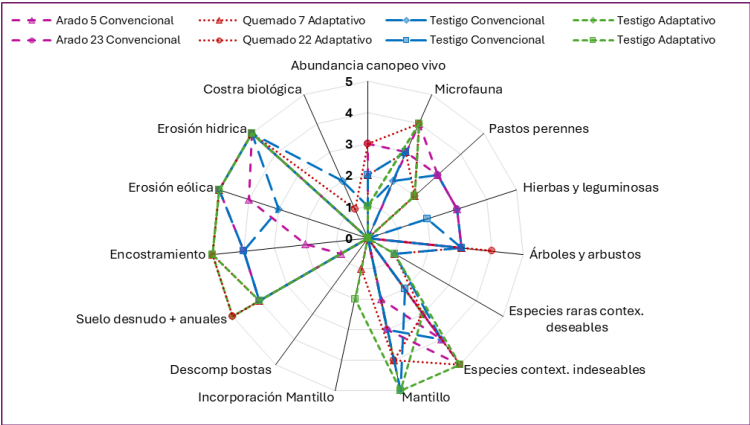
Tabla 3. Valores del Índice de Salud del pastizal (ISP) y de cada indicador obtenidos en los ocho predios muestreados con diferentes prácticas sobre la vegetación y diferentes manejos ganaderos. Rojo y naranja: valores bajos; amarillo: valor medio; verdes: valores altos.

Table 3. Values of the Ecological Health Index (EHI) and its individual indicators obtained from the eight sampled plots with varying vegetation practices and livestock management strategies. Red and orange: low values; yellow: medium value; green: high values.

Indicador	Abund. canopeo	Microfauna	Pastos perennes	Hierbas y legum.	Arboles y arbustos	Esp. raras deseables	Esp. indeseables	Mantillo	Inc. Mant.	Descomp. bostas	SD + anual	Encostram.	E. eólica	E. hídrica	Costra biológica	TOTAL
Arado 5 (Convencional)	0	4	3	3	3	0	4	2	0	0	1	2	4	5	0	31
Arado 23 (Convencional)	3	3	3	3	3	0	5	3	0	0	4	4	5	5	0	41
Quemado 7 (Adaptativo)	2	3	2	0	3	1	3	4	1	0	4	5	5	5	0	38
Quemado 22 (Adaptativo)	3	4	2	0	4	0	5	4	0	0	5	5	5	5	1	43
S/Intervención (Adaptativo)	4	5	3	3	4	1	4	4	0	0	4	3	5	5	2	47
S/Intervención (Adaptativo)	1	4	2	0	0	1	5	5	2	0	4	5	5	5	0	39
S/Intervención (Convencional)	1	3	0	0	1	0	4	4	0	0	2	5	5	5	0	30
S/Intervención (Convencional)	2	3	0	2	3	0	2	5	0	0	4	4	5	5	0	35

Figura 1. Valores obtenidos para cada indicador en una escala de 0 al 5 en los predios muestreados con diferentes prácticas sobre la vegetación y diferentes manejos ganaderos. Cada eje representa un indicador, y la distancia desde el centro indica un aumento en su valor. Cuanto mayor es la cobertura del área total, mejor es el ISP del potrero evaluado.

Figure 1. Values obtained for each indicator on a scale from 0 to 5 in the sampled plots with different vegetation practices and livestock management strategies. Each axis represents an indicator, and the distance from the center indicates an increase in its value. Greater total area covered by the graph indicates higher Ecological Health Index (EHI) of the evaluated plot.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En cuanto a la adaptación de la planilla, el nuevo indicador referido a la presencia de costra biológica se destacó como una incorporación valiosa para evaluar la salud del suelo. Las costras biológicas del suelo contribuyen significativamente a la retención de humedad, la estabilización del suelo y al ciclado de nutrientes (Zeberio y Peter, 2021) y su capacidad para absorber y almacenar agua disminuye la evaporación y promueve la conservación de la humedad edáfica, lo que incrementa la resiliencia de los ecosistemas frente a eventos climáticos extremos (Rodríguez y Aguilar, 2010).

Por su parte, el indicador “Descomposición de bostas” demostró limitaciones que justificarían su revisión metodológica dado que obtuvo valores de cero en todos los predios, lo que evidencia su nula o muy baja sensibilidad. La relevancia de este indicador se basa en que, si las bostas no se incorporan al suelo, el ciclado de nutrientes se ve afectado. Por lo tanto, a futuro se podría considerar el reemplazo de este por un indicador que refiera la actividad biológica del suelo, debido a que esta está estrechamente relacionada con la capacidad de descomposición de materia orgánica y el ciclado de nutrientes (Toledo et al., 2023).

De modo similar, el indicador concerniente a la presencia de especies raras contextualmente deseables mostró una sensibilidad limitada, lo que sugirió deficiencia para su utilización como parámetro efectivo en la evaluación de la biodiversidad. Respecto a las especies raras, para futuros trabajos se sugiere una revisión del listado de especies deseables adaptado a cada sitio, en el que se incluyan especies poco comunes, pero no tan raras que aparezcan en muy pocas situaciones. Esto favorecería el aumento de la sensibilidad del indicador. Al considerar que uno de los atributos deseables de los indicadores es su capacidad para detectar variaciones temporales y espaciales dentro del sistema, ambos indicadores deberían ser revisados, y eventualmente modificados, para mejorar su desempeño y utilidad regional.

Respecto a la evaluación del ISP en predios ganaderos del sudoeste bonaerense, se evidenciaron diferencias en función del tipo de manejo implementado y del tiempo transcurrido desde las intervenciones sobre la vegetación. En términos generales, los predios sin intervención reciente bajo manejo adaptativo obtuvieron los mejores valores del índice. Nuestros resultados apoyan parcialmente la hipótesis debido a que uno de los dos predios sin intervención y con manejo adaptativo mostró valores reducidos de presencia de especies leñosas, de hierbas leguminosas y de abundancia del canopeo vivo. Sin embargo, los altos valores obtenidos en el resto de los indicadores podrían indicar un nivel de equilibrio tal que se mantienen las funciones ecológicas.

La discusión de estos resultados amerita una lectura independiente de cada indicador y no una mera comparación numérica del valor de ISP de cada potrero. Esto se debe a que cada indicador se encuentra anclado a un proceso ecológico en particular como se expuso en la Tabla 1. En este sentido, el indicador que refleja la presencia de especies leñosas debe ser abordado teniendo en cuenta que la complejidad estructural que éstas aportan se encuentra directamente relacionada con la capacidad de los ecosistemas para responder frente a disturbios sin sufrir pérdidas significativas en sus funciones ecológicas esenciales (Arnesi et al., 2024). La cobertura leñosa contribuye a mantener procesos ecológicos clave como la biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la regulación hídrica y la fertilidad del suelo, siendo la homogeneización estructural y biológica producida por la degradación antrópica, un factor determinante en la pérdida de dicha resiliencia (Arnesi et al., 2024; Biancari et al., 2024; Peri et al., 2022).

Los predios arados y los sometidos a quemas recientes mostraron valores del ISP más bajos, aunque con una tendencia al aumento en aquellos que tuvieron un mayor tiempo de recuperación posterior al disturbio. Esto sugiere que, junto con la recuperación de la vegetación con el tiempo, se restablece el funcionamiento del ecosistema, lo que se ve reflejado en una mejora del ISP. El potencial de regeneración natural que poseen estos ecosistemas fue documentado previamente por Ferrante et al. (2023) y Arancio et al. (2024), que concluyeron que en sitios perturbados se logró recuperar parcialmente la cobertura vegetal y la diversidad de especies nativas a través de la

perennización de los potreros con la implantación de especies forrajeras. Esta recuperación se dio a partir de la expresión del banco de semillas presente y de procesos de colonización por propágulos provenientes de islas de vegetación nativa cercanas.

Como conclusión, el índice demostró ser directo y fácil de interpretar para la región bajo estudio. Además, resultó confiable, económico y sencillo de aplicar, lo que facilita su adopción en contextos productivos reales. Su implementación como parte de una evaluación integral de la sustentabilidad permitiría no solo monitorear el estado ecológico del sistema, sino también formular recomendaciones concretas de manejo. En este sentido, el uso del ISP podría contribuir significativamente a equilibrar la producción ganadera con la provisión de los servicios ecosistémicos, ofreciendo una base técnica para transitar hacia modelos sustentables en zonas semiáridas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los propietarios de los predios. Este trabajo fue financiado por los proyectos PI-UNRN 40-C-1088 (JMZ), PIP CONICET-402 (GP) y INTA-AUDEAS-CONADEV CIAC 940204.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, E., Corzo, L., & Maccagno, P. (2011). Tierras secas y desertificación en Argentina. En Evaluación de la desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO (pp. 13–64). SayDS, FAO.
- Adeel, Z., Millennium Ecological Assessment, & World Resources Institute (Eds.). (2005). *Ecologicals and human well-being: Desertification synthesis; a report of the Millennium Ecological Assessment*. World Resources Institute.
- Arancio Sidoti, D., Zeberio, J. M., & Peter, G. (2024). Rehabilitation of semi-arid grasslands through the perennialization of lots by implementing perennial forage exotic grass. *Phyton*, 93(8), 2115–2125. <https://doi.org/10.32604/phyton.2024.053483>
- Arnesi, E. A., López, D. R., & Barberis, I. M. (2024). Relationship between degradation and the structural-functional complexity of subtropical xerophytic forests in the Argentine Wet Chaco. *Forest Ecology and Management*, 562, 121957. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121957>
- Biancari, L., Aguiar, M. R., Eldridge, D. J., Oñatibia, G. R., Le Bagousse-Pinguet, Y., Saiz, H., Gross, N., Austin, A. T., Ochoa, V., Gozalo, B., Asensio, S., Guirado, E., Valencia, E., Berdugo, M., Plaza, C., Martínez-Valderrama, J., Mendoza, B. J., García-Gómez, M., Abedi, M., ... Maestre, F. T. (2024). Drivers of woody dominance across global drylands. *Science Advances*, 10(41), <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn6007>
- Capello, V., Bautto, A., Contreras, C., Calvo, G. y Lamarche, A. E. (2014). Dirección Provincial de Recursos Naturales. Ordenamiento territorial bosques nativos Provincia de Buenos Aires. https://informacionpublica.ambiente.gba.gob.ar/tmp/546_1.-DOCUMENTO-TECNICO---BOSQUES-NATIVOS-FINAL_compressed.pdf
- Chapin, F. S., Carpenter, S. R., Kofinas, G. P., Folke, C., Abel, N., Clark, W. C., Olsson, P., Smith, D. M. S., Walker, B., Young, O. R., Berkes, F., Biggs, R., Grove, J. M., Naylor, R. L., Pinkerton, E., Steffen, W., & Swanson, F. J. (2010). Ecosystem stewardship: Sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(4), 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.008>
- Chen, H., & Costanza, R. (2024). Valuation and management of desert ecosystems and their services. *Ecosystem Services*, 66, 101607. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101607>
- Ferrante, D., Álvarez Bento, 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. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2023\(1\).17-27](https://doi.org/10.19137/semiárida.2023(1).17-27)
- Gaitán, J. J. (2002). Atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas áridos y semiáridos de la Patagonia y su relación con factores abióticos y el uso antrópico [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2017gaitanjuaniose>
- Gil Báez, C., Ordinola Agüero, R., Ernst, R. D. y Ruiz, M. A. (2015). Caracterización morfológica, biomasa aérea y calidad en distintas poblaciones de *Trichloris crinita*. *Archivos de Zootecnia*, 64(245), 49-56. <https://doi.org/10.21071/az.v64i245.374>
- Gittins López, C. G., Busso, C. A., Becker, G., Ghermandi, L., & Siffredi, G. (2010). Defoliation frequency affects morphophysiological traits in the bunchgrass *Poa ligularis*. *Phyton – International Journal of Experimental Botany*, 79(1), 55–68.
- Lezana, L., Soca, P., Canavelli, S., Dardanelli, S., Calamari, N. y Wingeyer, A. (2019). Explorando el manejo adaptativo del pastoreo como herramienta para incrementar la sustentabilidad de la ganadería de cría en campo natural en Argentina y Uruguay. <https://www.researchgate.net/publication/336902439>

- Martínez-Valderrama, J., Guirado, E. y Maestre, F. T. (2021). Desertificación: Nuevos enfoques para un viejo problema. *Ecosistemas*, 30(3), 2312. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2312>
- Meffe, G., Nielsen, L., Knight, R. L., & Schenborn, D. (2012). *Ecosystem management: Adaptive, community-based conservation*. Island Press.
- Peri, P. L., Rosas, Y. M., López, D. R., Lencinas, M. V., Cavallero, L., & Martínez Pastur, G. (2022). Conceptual framework to define management strategies for silvopastoral systems in native forests. *Ecología Austral*, 32(2bis), 749–766. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.1.1872>
- Pezzola, A., Winschel, C. y Sánchez, R. (2004). Estudio multitemporal de la degradación del monte nativo en el partido de Patagones—Buenos Aires (Boletín Técnico N° 12, 13 pp.). EEA INTA Hilario Ascasubi, Argentina.
- Rackelmann, F., Sparkes, E., Sabino Siemons, A.-S., Hashweh, D., Pineda Fernandez, D. M., Werners, S., Orr, B. J., Andreeva, O., & Walz, Y. (2024). Promoting synergies between land degradation neutrality and climate change adaptation: A supplement to the National Adaptation Plan technical guidelines. UNCCD and UNU-EHS.
- Rodríguez, G. M. y Aguilar, M. J. C. (2010). Fitoindicación/fitoacción ambiental y territorial. Ensayo de aplicación en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (País Vasco). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1282>
- Rosentreter, R., & Eldridge, D. J. (2025). *Biocrust research in North America with a focus on drylands: History, insights and opportunities*. Cambridge Prisms: Drylands, 2, e6. <https://doi.org/10.1017/dry.2025.3>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19–28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131>
- Siffredi, G. L., Boggio, F., Giorgetti, H., Ayesa, J. A., Kröpfl, A. y Álvarez, J. M. (2013). *Guía para la Evaluación de Pastizales Para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte* (2da ed.). Editoriales INTA. https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Guia_para_la_Evaluacion_2015.pdf
- Soriano, A., Sala, O. E., y León, R. J. C. (1980). Vegetación actual y vegetación potencial en el pastizal de coirón amargo (*Stipa* spp.) del suroeste de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 19(1–2), 309–314.
- Toledo, S., Bondaruk, V. F., Yahdjian, L., Oñatibia, G. R., Loydi, A., Alberti, J., Bruschetti, M., Pascual, J., Peter, G., Agüero, W. D., Namur, P. R., Blanco, L., & Peri, P. L. (2023). Environmental factors regulate soil microbial attributes and their response to drought in rangeland ecosystems. *Science of The Total Environment*, 892, 164406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164406>
- 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. <https://doi.org/10.3390/environments6060067>
- Zeberio, J. M. (2018). Estado de conservación y posibilidades de rehabilitación en ecosistemas semiáridos: El caso del Monte en el Noreste de Río Negro [Tesis doctoral], Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/91120>
- Zeberio, J. M. y Peter, G. (2021). Costra biológica del suelo y su efecto en la germinación y establecimiento de dos especies perennes forrajeras del NE patagónico: Consideraciones para la restauración ecológica. *Phyton*, 90(1), 87–97.