

Oferta y consumo selectivo bajo distintas presiones de pastoreo: Análisis de dieta bovina en un área del caldenal pampeano

NATALIA SAWCZUK^{1,✉}; CARLA E. SUÁREZ¹; HÉCTOR D. ESTELRICH¹; FRANCISCO J.
BABINEC^{1,2}; DANIEL V. PELÁEZ^{3,4,5} & ERNESTO F. A. MORICI^{1,6}

¹Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa, Argentina. ²EEA Anguil - INTA. La Pampa, Argentina. ³Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Buenos Aires, Argentina. ⁴CERZOS-CONICET. Buenos Aires, Argentina. ⁵CIC - Comisión de Investigaciones Científicas, de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

⁶Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa, Argentina.

RESUMEN

1. Los pastizales naturales sostienen gran parte de la producción ganadera extensiva en regiones semiáridas, pero están amenazados por prácticas de manejo inadecuadas, alta carga animal y variabilidad climática. En este contexto, el análisis de la dieta del ganado resulta una herramienta potencial para interpretar la interacción entre la oferta forrajera y el uso del recurso.

2. Se analizó la relación entre la composición botánica de la dieta del ganado y la oferta forrajera disponible bajo distintas presiones de pastoreo en un pastizal natural del caldenal pampeano, en la región semiárida central de la Argentina. Se implementaron dos tratamientos de carga animal (baja y alta) y dos períodos consecutivos de pastoreo. Se evaluó: disponibilidad de fitomasa, composición de la comunidad y dieta animal (microhistología de heces). Se calculó el índice de selectividad dietaria.

3. En los primeros momentos del pastoreo, la dieta estuvo dominada por gramíneas perennes de alto valor forrajero (*Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense*). Conforme avanzó el tiempo de uso y aumentó la presión de pastoreo, disminuyó la disponibilidad de estas especies y aumentó la proporción de especies no forrajeras en la dieta, especialmente en carga animal alta. La baja similitud entre la composición de la comunidad y la dieta evidenció una selectividad marcada que se redujo cuando se agotó la oferta preferida.

4. Implicancias. La composición botánica de la dieta no refleja proporcionalmente el estado estructural del pastizal; expresa la presión de pastoreo diferencial ejercida sobre las especies. Así, el análisis dietario —y el índice de selectividad— constituye un indicador funcional temprano de la intensidad y la direccionalidad del uso del recurso, complementario al monitoreo de la vegetación. Integrar ambos enfoques resulta clave para el diseño de estrategias de manejo adaptativo orientadas a sostener la resiliencia ecológica y productiva de los pastizales.

[Palabras claves: pastizales naturales, carga animal, composición botánica de heces, manejo adaptativo, selectividad forrajera, bovinos]

ABSTRACT. Supply and selective consumption under different grazing pressures: Bovine diet analysis in a pampean caldenal area

1. Natural grasslands support a large proportion of extensive livestock production in semi-arid regions, but they are increasingly threatened by inadequate management practices, high stocking rates and climatic variability. In this context, the analysis of livestock diet emerges as a potential tool to interpret the interaction between forage availability and resource use.

2. The relationship between the botanical composition of cattle diet and available forage supply under different grazing pressures was analyzed in a natural grassland of the caldenal pampeano, in the central semi-arid region of Argentina. Two stocking rate treatments (low and high) and two consecutive grazing periods were implemented. The following variables were evaluated: phytomass availability, community composition, and animal diet (fecal microhistological analysis); a diet selectivity index was calculated.

3. During the early stages of grazing, the diet was dominated by perennial grasses of high forage value (*Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense*). As grazing progressed and grazing pressure increased, the availability of these species declined and the proportion of non-forage species in the diet increased, particularly under high stocking rate. The low similarity between community composition and diet indicated marked selectivity, which decreased as preferred forage became depleted.

4. Implications. The botanical composition of the diet does not proportionally reflect the structural state of the grassland, but rather expresses the differential grazing pressure exerted on plant species. In this sense, diet analysis—and the selectivity index—constitutes an early functional indicator of the intensity and directionality of resource use, complementary to vegetation monitoring. Integrating both approaches is key to designing adaptive management strategies aimed at sustaining the ecological and productive resilience of grasslands.

[Key words: natural grasslands, stocking rates, feces botanical composition, adaptive management, forage selectivity, bovine]

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera a nivel global se sustenta en gran medida en los pastizales naturales, que constituyen la base forrajera de numerosos sistemas extensivos. Sin embargo, en la actualidad, estos ecosistemas se encuentran en distintos estados de conservación, predominando aquellos con altos niveles de degradación estructural y funcional (Maestre et al. 2022). Este deterioro se asocia sobre todo a prácticas de manejo inadecuadas (e.g., altas cargas animales o el uso continuo sin períodos de recuperación). A esto se le deben sumar los efectos del cambio climático, que intensifican los procesos de erosión y aumentan la recurrencia de incendios, comprometiendo la estabilidad y la resiliencia de los sistemas (Bucher 1987; Deregibus 1988; Oliva 2018; Estelrich et al. 2022a).

Desde la perspectiva del animal, el análisis de la dieta constituye una herramienta clave para comprender la relación entre la oferta forrajera disponible y la fracción efectivamente consumida (Cerqueira et al. 2000, 2004). La comparación entre disponibilidad, consumo y preferencia permite inferir patrones de selectividad y evaluar el estado funcional del pastizal, dado que la dieta refleja no solo la oferta sino también las decisiones de consumo frente a distintas condiciones de uso (Sawczuk 2018; Clich 2022; Schroeder et al. 2022; Martín 2023).

La interacción entre herbívoros y vegetación determina cambios en la estructura y la composición de los pastizales a distintas escalas espaciales y temporales (Senft et al. 1987; Bailey et al. 1996). A nivel de comunidad, el pastoreo puede promover el reemplazo de especies forrajeras de alto valor por otras de menor calidad, así como el incremento de la cobertura de leñosas (D'Odorico et al. 2011; Sala and Maestre 2014; Vázquez et al. 2015; Morici et al. 2009, 2022). A nivel de especies, la intensidad y la frecuencia de uso afectan atributos funcionales esenciales (e.g., la densidad de macollas, la profundidad de enterrado de las matas y la capacidad de rebrote), condicionando la recuperación de la fitomasa aérea y la persistencia de especies valiosas (Briske and Richards 1995; Estelrich et al. 2016; Suárez et al. 2024a). Estas respuestas dependen de la interacción entre atributos funcionales y estrategias adaptativas de las especies, de su estado fenológico al momento del consumo, de las condiciones ambientales

y de la intensidad de uso (i.e., carga animal y tiempo de permanencia). En conjunto, determinan su capacidad de tolerancia y de recuperación frente al pastoreo (Caldwell et al. 1981; McNaughton 1983; Bucher 1987; Briske 1991; Cingolani et al. 2005; Díaz et al. 2007; N'Guessan and Hartnett 2011).

En sistemas de ganadería extensiva sobre pastizales naturales, estos procesos están mediados por la presión de pastoreo y por la selectividad ejercida por los herbívoros, en función de la disponibilidad y calidad de la oferta forrajera (Morici et al. 2003, 2006; Estelrich et al. 2005; Estelrich and Castaldo 2014). Comprender cómo la intensidad de uso modula tanto la respuesta de las especies como los patrones de consumo resulta fundamental para interpretar la dinámica y el estado funcional de estos sistemas pastoriles.

En la región semiárida central de la Argentina —en particular, en los pastizales naturales del caldenal pampeano—, estas problemáticas adquieren especial relevancia. Este ecosistema experimentó modificaciones estructurales y funcionales profundas como consecuencia del uso ganadero continuo e incendios recurrentes, evidenciadas en la disminución de especies forrajeras preferidas, en el avance de leñosas y en el aumento de áreas de suelo sin cobertura (Vázquez et al. 2015; Cangiano et al. 2021; Estelrich et al. 2022a; Morici et al. 2022; Sánchez et al. 2023; Mosiejchuk and Mazzola 2025).

Bajo este escenario, resulta fundamental analizar cómo la presión de pastoreo afecta la relación entre la oferta forrajera disponible y la composición botánica de la dieta seleccionada por el ganado. La hipótesis que orienta este trabajo plantea que la presión de pastoreo modifica los patrones de selectividad y, en consecuencia, la composición de la dieta. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la composición botánica de la dieta y la oferta forrajera bajo distintas presiones de pastoreo en un pastizal representativo de la región semiárida pampeana, con el fin de aportar herramientas para el diseño de estrategias de manejo sustentables y contextualizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el establecimiento Bajo Verde, perteneciente a la Universidad Nacional de La Pampa, ubicado 35 km al NO de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa,

Argentina (Figura 1). El mismo se encuentra en el Distrito Fitogeográfico del Caldenal, Región del Espinal (Cabrera 1976) y comprende una variedad de fisonomías caracterizadas por diferentes estructuras verticales. Se encuentran sectores con bosques de caldén más o menos abiertos, con predominancia de ejemplares de más de 4 m de altura y con cobertura arbustiva variable: desde arbustales abiertos hasta fachinales muy cerrados; en especial, entre el estrato de 1 a 3 m (Lerner 2004; Morici et al. 2009; Estelrich et al. 2022a). Las especies más características de los estratos leñosos son *Neltuma caldenia*, *N. flexuosa* var. *flexuosa*, *Jodina rhombifolia*, *Geoffroea decorticans*, *Schinus fasciculatus* y *Condalia microphylla*. El estrato gramíneo también es heterogéneo, con una composición que va desde pajonales de *Amelichloa brachychaeta* hasta pastizales mixtos de contribución variable entre gramíneas

forrajeras y no forrajeras. *Piptochaetium napostaense*, *Poa ligularis*, *Digitaria californica* y *Bothriochloa springfieldii* son las gramíneas forrajeras dominantes. Dentro de las no forrajeras se encuentran *Nassella tenuissima*, *Jarava ichu* y *Amelichloa brachychaeta*.

El estudio se realizó en un potrero de 48 ha ($36^{\circ}29'17.39''$ S - $64^{\circ}37'3.00''$ O) de bosque con pastizal natural, subdividido en cuatro parcelas de 12 ha cada una, que compartían una aguada permanente (Figura 1). El ensayo se desarrolló durante los años 2012 y 2013 e incluyó dos períodos de pastoreo (de abril a octubre). Las precipitaciones anuales promedio durante el ensayo fueron 923.5 mm en 2012 y 500 mm en 2013; la precipitación media anual de la región es 550 mm (Vergara and Casagrande 2002). El ganado bovino fue Aberdeen Angus, de ~400 kg de peso vivo,

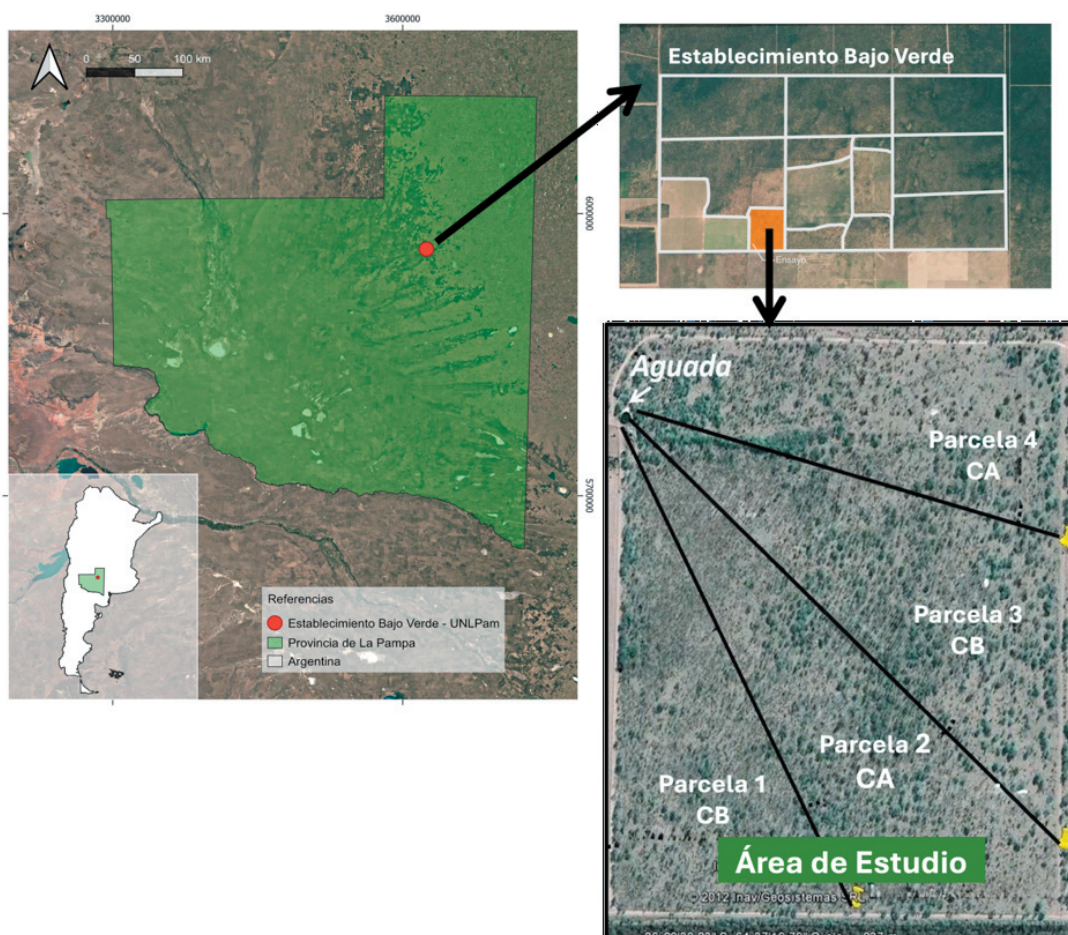


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el establecimiento Bajo Verde, perteneciente a la Universidad Nacional de La Pampa ($36^{\circ}29'37.3''$ S - $64^{\circ}37'22.9''$ O). Diagrama del potrero del ensayo con la distribución de las parcelas y los tratamientos de la carga animal baja (CB) y alta (CA).

Figure 1. Geographic location of the study area at the Bajo Verde establishment, belonging to the National University of La Pampa ($36^{\circ}29'37.3''$ S - $64^{\circ}37'22.9''$ W). Diagram of the experimental paddock showing the distribution of plots and the low (CB) and high (CA) stocking rate treatments.

en estado fisiológico de preñez temprana. Se establecieron dos tratamientos de carga animal: carga baja (CB; cuatro vacas por parcela [0.33 EV/ha]) y carga alta (CA; ocho animales por parcela [0.67 EV/ha]). Los animales utilizados en el ensayo fueron seleccionados del grupo de vacunos del establecimiento, con buena dentición y en buena condición corporal; a lo largo de cada período se utilizaron los mismos animales. Cada tratamiento contó con dos repeticiones y las evaluaciones se realizaron en tres momentos distintos del pastoreo: inicial (abril), intermedio (junio) y final (octubre). Si bien el número de unidades experimentales por tratamiento fue reducido, esta condición responde a las restricciones operativas propias de los ensayos de pastoreo con bovinos. En estos ensayos resulta prioritario mantener parcelas de escala compatible con condiciones reales de producción, evitando unidades de menor tamaño con limitada representatividad ecológica y productiva. A fin de fortalecer la capacidad inferencial del estudio, esta limitación se compensó mediante un esquema de muestreo repetido en el tiempo y con múltiples mediciones espaciales dentro de cada parcela.

Para establecer la carga animal de cada tratamiento se consideró la disponibilidad de forraje (Cano et al. 1988a,b) al momento del primer pastoreo, teniendo en cuenta un tiempo de permanencia de seis meses y un factor de uso del 50%. Previo al inicio del ensayo, el potrero había permanecido casi un año sin pastoreo. El pastizal mixto presentó una condición buena a regular, con una proporción alta de especies forrajeras (Huss et al. 1986; Cano et al. 1988a,b).

Variables medidas

Al inicio del ensayo se realizó una caracterización de la comunidad vegetal a partir de censos florísticos de acuerdo con Mueller-Dombois y ElleMBERG (1974), y se utilizó la escala de Braun-Blanquet (1979). Se confeccionó una lista florística a partir de la cual las especies fueron clasificadas según su estatus de procedencia, forma de vida (i.e., gramíneas, herbáceas y leñosas), ciclo de vida, estacionalidad y anatomía fotosintética de las gramíneas (Cano 1988; Rúgolo de Agrazar et al. 2005; Morici et al. 2009; Zuloaga et al. 2019). El valor forrajero de las especies fue determinado en base a antecedentes bibliográficos específicos de la región, clasificándolas como forrajeras o no

forrajeras según su calidad nutritiva y grado de preferencia reportado (Cano 1988; Cano et al. 1988b; Morici et al. 2009; Rabotnikof and Strizler 2021) (Tabla 1).

Para los dos períodos y en los tres momentos del pastoreo se evaluaron la disponibilidad de fitomasa aérea, la cobertura de vegetación y por especie, y la composición botánica de la dieta del ganado. La disponibilidad de fitomasa aérea se evaluó mediante el método de corte y pesada (Cano et al. 1988a,b) sobre 15 cuadrados de 0.25 m², al azar, por parcela (30 cortes x 2 tratamientos x 3 fechas x 2 períodos). El material cosechado se separó de acuerdo con su calidad forrajera en especies forrajeras (F) y no forrajeras (NF). Dentro de las especies forrajeras se incluyeron a *P. napostaense*, *P. ligularis*, *D. californica* y *B. springfieldii*; dentro de las no forrajeras, a *N. tenuissima*, *N. trichotoma*, *J. ichu* y *A. brachychaeta*.

Para evaluar la cobertura de vegetación total y por especie, en cada parcela experimental se establecieron al azar 15 transectas permanentes de 10 m de longitud, y contiguo a cada una se colocaron tres cuadros permanentes de 0.50 m² (1x0.50 m). Esto configura un total de 45 cuadros por parcela (90 cuadros x 2 tratamientos x 3 fechas x 2 períodos; N=1080 cuadros).

La composición botánica de la dieta se evaluó mediante el análisis microhistológico de heces (Sparks and Malechek 1968; Hansen et al. 1977; Holechek and Vavra 1981; Holechek et al. 1982). Por cada animal se recolectó una muestra de heces individualizada que pasó a conformar una muestra compuesta de cada parcela, para su posterior procesamiento en laboratorio (Borrelli 2014). De esta manera se obtuvieron por tratamiento y por fecha dos pooles (uno por cada parcela) de muestras compuestas (2 muestras compuestas x 2 tratamientos x 3 fechas x 2 períodos; N= 24 muestras compuestas). La lectura se realizó sobre 10 portaobjetos (5 portaobjetos por cada parcela) por tratamiento y por fecha (10 portaobjetos x 2 tratamientos x 3 fechas x 2 períodos; N=120 portaobjetos), en los cuales se analizaron 20 campos en microscopio LEICA DM 500 con un aumento de 100X (objetivo de 10X) (Hansen et al. 1977; Holechek et al. 1982; Borrelli 2014). Se registró la presencia de especies vegetales que posteriormente fueron agrupadas en forrajeras (F), no forrajeras (NF) y otras (O), categoría que incluyó aquellas especies que no pudieron ser identificadas.

Tabla 1. Lista de especies presentes en la comunidad vegetal del área de estudio y en la dieta animal. Establecimiento Bajo Verde-UNLPam. GF: grupo funcional (gramíneas, herbáceas [latifoliadas] y leñosas). CV: ciclo de vida (P=perenne; A=anual). E: estacionalidad (V=verano [primavero-estivo-otoño]; I: invierno [otoño-invierno-primaveral]). EP: estatus de procedencia (N: nativa; I: introducida). VF: valor forrajero (F=forrajero; NF=no forrajero). AF: anatomía fotosintética de gramíneas (C3; C4). Dieta: presencia en la dieta animal (X). La clasificación de las especies se realizó según Cano (1988), Cano et al. (1988b), Rúgolo de Agrazar et al. (2005), Morici et al. (2009), Zuloaga et al. (2019) y Rabotnikof y Strizler (2021).

Table 1. List of species present in the plant community of the study area and in the animal diet. Bajo Verde Establishment-UNLPam. GF: functional group (grass, herbaceous [broadleaf] y woody). CV: life cycle (P=perennial; A=annual). E: seasonality (V=summer [spring-summer-autumn]; I: winter [autumn-winter-spring]). EP: status of origin (N=ative; I=introduced). VF: forage value (F=forage; NF=non-forage). AF: gramineae photosynthetic anatomy (C3; C4). Dieta: presence in animal diet (X). The classification of the species is according to Cano (1988), Cano et al. (1988b), Rúgolo de Agrazar et al. (2005), Morici et al. (2009), Zuloaga et al. (2019) and Rabotnikof y Strizler (2021).

| GF | Nombre científico | Nombre vulgar | CV | E | ES | VF | AF | Dieta |
|--|---|----------------------|----|---|----|----|----|----------|
| Gramíneas | <i>Amelichloa brachychaeta</i> Godr. | Pasto puna | P | I | N | NF | C3 | X |
| | <i>Aristida adscensionis</i> L. | Pasto perro | A | V | N | NF | C4 | X |
| | <i>Aristida subulata</i> Henrard | Pasto crespo | P | V | N | NF | C4 | X |
| | <i>Bothriochloa springfieldii</i> (Gould) Parodi | Pancho blanco | P | V | N | F | C4 | X |
| | <i>Bromus brevis</i> Nees ex Steud. | Cebadilla | A | I | N | F | C3 | X |
| | <i>Chascolytrum subaristatum</i> (Lam.) Desv. | Pasto fuerte | P | I | N | F | C3 | - |
| | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | Gramilla | P | V | I | NF | C4 | X |
| | <i>Digitaria californica</i> (Benth.) Henrard | Pasto plateado | P | V | N | F | C4 | X |
| | <i>Elionurus muticus</i> (Spreng.) Kuntze | Pasto amargo | P | V | N | NF | C4 | - |
| | <i>Hordeum stenostachys</i> Godr. | Cola de zorro | P | I | N | F | C3 | - |
| | <i>Jarava ichu</i> (Ruiz and Pav.) Kunth | Paja blanca | P | I | N | NF | C3 | X |
| | <i>Leptochloa crinita</i> (Lag.) P.M.Peterson and N.W.Snow | Plumerito | P | V | N | F | C4 | X |
| | <i>Nassella longiglumis</i> (Phil.) Barkworth | Flechilla grande | P | I | N | F | C3 | X |
| | <i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth | Flechilla fina | P | I | N | F | C3 | X |
| | <i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth. | Paja | P | I | N | NF | C3 | X |
| | <i>Nassella trichotoma</i> (Nees) Hack. ex Arechav. | Paja tendida | P | I | N | NF | C3 | X |
| | <i>Piptochaetium napostaense</i> (Speg.) Hackel | Flechilla negra | P | I | N | F | C3 | X |
| | <i>Poa ligularis</i> Nees ex Steud. | Unquillo | P | I | N | F | C3 | X |
| | <i>Setaria leucopila</i> (Scribn. and Merr.) K. Schum. | Cola de zorro | P | V | N | F | C4 | X |
| | <i>Sporobolus cryptandrus</i> (Torrey) A. Gray. | Gramilla cuarentona | P | V | N | F | C4 | - |
| Herbáceas (latifoliadas) | <i>Acmella decumbens</i> (Sm.) R. K. Jansen | Mata diente | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Austrobrickellia patens</i> (D. Don ex Hook. and Arn.) | Bejuco | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Baccharis crispa</i> Spreng. | Carqueja | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Baccharis gilliesii</i> A. Gray | Matatrigo | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Baccharis ulicina</i> Hook. and Arn. | Yerba de la oveja | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Chenopodium album</i> L. | Quinua | A | I | I | NF | - | X |
| | <i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist | Rama negra | A | V | N | NF | - | - |
| | <i>Daucus pusillus</i> Michx. | Zanahoria silvestre | A | I | N | NF | - | - |
| | <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér ex Aiton | Alfilerillo | A | I | I | F | - | - |
| | <i>Euphorbia serpens</i> Kunth | Hierba meona | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Gamochaeta calviceps</i> (Fern.) Cabrera | Gamo | A | I | N | NF | - | - |
| | <i>Lamium amplexicaule</i> L. | Ortiga mansa | A | V | I | NF | - | - |
| | <i>Medicago minima</i> (L.) Bartal. | Trébol de carretilla | A | I | I | F | - | - |
| | <i>Nierembergia aristata</i> D. Don | Chucho blanco | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Plantago patagonica</i> Jacq. | Plantago patagonica | A | I | N | F | - | - |
| | <i>Pseudognaphalium cabrerai</i> (S.E. Freire) | Marcelita | A | I | N | NF | - | - |
| | <i>Rhynchosia senna</i> Gillies ex Hook. | Porotillo | P | V | N | F | - | - |
| | <i>Salsola kali</i> L. | Cardo ruso | A | V | I | NF | - | - |
| | <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. | Revienta caballos | P | V | N | NF | - | X |
| | <i>Solanum juvenale</i> Thell. | Meloncillo de campo | P | V | N | NF | - | - |
| <i>Solidago chilensis</i> Meyen | Vara de oro | P | V | N | NF | - | - | |
| <i>Turnera pinatifida</i> Juss. ex Poir. | Amapolita | P | V | N | NF | - | - | |
| <i>Urtica urens</i> L. | Ortiga | A | I | I | NF | - | - | |
| Leñosas | <i>Neltuma caldenia</i> (Burkart) C.E.Hughes and G.P. Lewis | Caldén | P | V | N | NF | - | X(fruto) |
| | <i>Neltuma flexuosa</i> (DC.) C.E.Hughes and G.P. Lewis | Algarrobo | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Schinus fasciculatus</i> (Griseb.) I. M. Johns | Molle | P | V | N | NF | - | - |
| | <i>Condalia microphylla</i> Cav. | Piquillín | P | V | N | NF | - | - |

Para la identificación de las especies se contó con patrones realizados previamente con las especies características del área de estudio.

Se calculó la selectividad mediante el índice de Jacobs (1974), para lo cual se utilizó la disponibilidad de fitomasa aérea (de F y NF) y la proporción de F y NF en la dieta (no se consideró la categoría otras). El índice de selectividad de Jacobs toma valores que van entre -1 (i.e., rechazo del recurso o evitación del recurso) y +1 (i.e., máxima selectividad o preferencia). Valores negativos del índice señalan que el consumo proporcional de un alimento es inferior a su proporción en la oferta disponible, reflejando selección negativa, mientras que valores cercanos a 0 indican un consumo proporcional a la disponibilidad (ausencia de selección). Por su parte, valores positivos reflejan un consumo proporcionalmente mayor al ofrecido, indicando selección positiva (Degen et al. 2010).

Índice de selectividad de Jacobs (D):

$$D = \frac{(r - p)}{(r + p - 2rp)}$$

donde r=proporción de F y de NF en la dieta, y p=proporción de F y de NF en la disponibilidad (oferta) de la comunidad vegetal.

Diseño experimental y análisis estadísticos

El trabajo tuvo una estructura factorial intensidad x momento de pastoreo, dispuesta según un diseño completamente aleatorizado. El primer factor fue la intensidad de pastoreo, que estuvo compuesta por los dos tratamientos de carga animal (baja y alta); el segundo factor fueron los distintos momentos de pastoreo. El análisis de la disponibilidad y dieta se realizó utilizando modelos mixtos con efectos fijos de carga y fecha de muestreo, junto con efectos aleatorios de parcela dentro de carga animal y dieta (Littell 1990; Littell et al. 1996, 1998). La parcela dentro de tratamiento se utilizó como término de error para el análisis. Además, se incorporó en el modelo el efecto aleatorio de año para el análisis combinado de los dos periodos. Como se trataba de medidas repetidas, se usaron diferentes estructuras de varianzas-covarianza y se seleccionó la más adecuada según el criterio de Akaike (1973). La interpretación de las pruebas F siguió criterios

factoriales estándar, con comparaciones de medias cuando fueron significativos los efectos o las interacciones ($P < 0.05$).

La similitud entre la composición botánica de la dieta animal y la cobertura vegetal de la comunidad se evaluó mediante el índice de Bray-Curtis (1957). Luego se realizó un análisis SIMPER (SIMilarity PERcentages) para identificar las especies responsables de las diferencias observadas entre los grupos de muestras, y las diferencias entre grupos fueron evaluadas mediante la prueba ANOSIM (Clarke 1993). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para encontrar una proyección que muestre de la mejor manera la relación entre la composición de especies de la dieta y la comunidad (del estrato gramíneo-herbáceo) con respecto a los tratamientos de carga animal y de fecha de muestreo. Para estos análisis se construyó una matriz de varianzas/covarianza de tratamientos x especies. Las especies consideradas para los análisis fueron las que presentaron una frecuencia igual o superior al 50% al menos en alguna de las fechas de muestreo. De esta manera se mantuvo un balance apropiado de muestras y de variables. Se utilizaron los paquetes estadísticos SAS Institute Inc. (2011) para ajustar los modelos mixtos, Infostat versión 2018 (Di Renzo et al. 2018) y PAST ver. 3.26 (Hammer et al. 2001).

RESULTADOS

Composición florística

El bosque con pastizal natural presentó una riqueza de 47 especies. Las gramíneas representaron el 43%, de las cuales el 60% fueron forrajeras. El restante 57% estuvo conformado por herbáceas, arbustos y árboles (Tabla 1). La composición de la dieta estuvo definida por 19 especies, de las cuales el 84% fueron gramíneas, siendo el 56% de ellas forrajeras (Tabla 1). Entre las especies forrajeras (F) se destacaron por su abundancia *P. napostaense* y *P. ligularis*, mientras que entre las especies no forrajeras (NF) predominaron *N. tenuissima*, *J. ichu* y *A. brachychaeta*. Estas especies estuvieron presentes en la dieta en todas las fechas analizadas, en distintas proporciones.

Relación comunidad-dieta

En relación con la composición del pastizal y su correspondencia con la dieta, el análisis ANOSIM indicó diferencias significativas entre

ambas ($R=0.437$; $P=0.0003$). Ello evidencia una baja similitud entre la comunidad vegetal y la composición botánica de la dieta.

Con respecto a los tratamientos de carga animal, la disimilitud promedio registrada a nivel de la comunidad fue del 24%, mientras que en la dieta alcanzó el 40% (análisis SIMPER). La mayor disimilitud entre la composición botánica de la dieta y la comunidad se registró en el tratamiento de carga animal alta (CA-SIMPER: 54%; CB-SIMPER: 51%). Las especies que más contribuyeron a las diferencias entre tratamientos fueron *P. ligularis*, *A. brachychaeta*, *P. napostaense*, *N. tenuissima* y *J. ichu*.

El ACP mostró la distribución y relación entre la composición de la dieta y de la comunidad de acuerdo con los tratamientos de carga animal y las fechas de muestreos (los dos primeros ejes explicaron el 91% de la variabilidad; Eje 1=55% y Eje 2=36%) (Figura 2). El primer eje permitió separar en ambos años los primeros momentos de pastoreos (abril y junio de 2012 y abril 2013) de los últimos (octubre 2012 y junio y octubre de 2013), independientemente de la carga animal. El segundo eje separó la

composición de la comunidad con respecto de la dieta. De esta manera se identificaron tres agrupaciones. El primer grupo estuvo definido por la composición botánica de la dieta en la primera parte de cada año, caracterizado por *P. ligularis* que fue la de mayor contribución y acompañada por *P. napostaense*. El siguiente grupo estuvo definido por la composición botánica de la dieta en momentos posteriores, con predominio de *A. brachychaeta*, *Chenopodium album* y *J. ichu*. Por último, el tercer grupo estuvo asociado a la composición botánica de la comunidad, caracterizada por *N. tenuissima* y *N. trichotoma* (Figura 2).

Disponibilidad de fitomasa

No se encontró efecto de carga para la disponibilidad promedio de fitomasa aérea de especies F y NF ($P=0.06$ para F; $P=0.44$ para NF). Sí detectamos diferencias entre fechas ($P<0.001$ para F; $P=0.003$ para NF). La interacción fecha por carga fue significativa solo para F ($P<0.001$).

Para el tratamiento CB, la disponibilidad promedio de F mostró una disminución

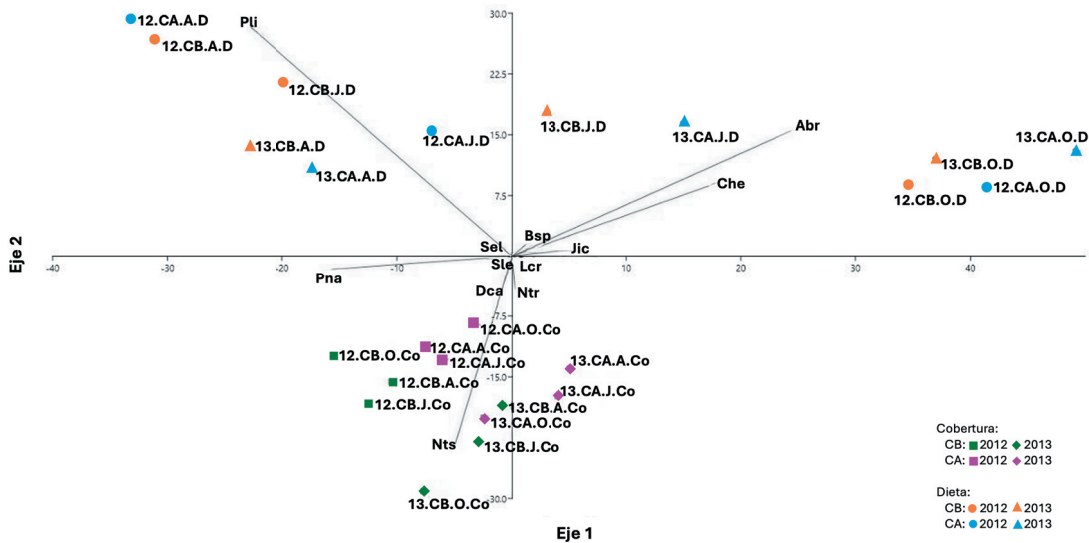


Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP). Distribución de las especies para los tratamientos de carga animal y fechas de muestreo para la comunidad y la dieta (variabilidad explicada=91%). 12: primer período de pastoreo (2012). 13: segundo período de pastoreo (2013). CB: carga animal baja. CA: carga animal alta. A: abril. J: junio. O: octubre. Co: cobertura vegetal. D: dieta. Abr: *Amelichloa brachychaeta*. Bsp: *Bothriochloa springfieldii*. Che: *Chenopodium album*. Dca: *Digitaria californica*. Jic: *Jarava ichu*. Ntr: *Nassella trichotoma*. Nts: *Nassella tenuissima*. Lcr: *Leptochloa crinita*. Pli: *Poa ligularis*. Pna: *Piptochaetium napostaense*. Set: *Solanum elaeagnifolium*. Sle: *Setaria leucopila*.

Figure 2. Principal component analysis (PCA). Species distribution by stocking rate treatments and sampling dates for community and diet (explained variability=91%). 12: first grazing period (2012). 13: second grazing period (2013). CB: low stocking rate. CA: high stocking rate. A: April. J: June. O: October. Co: vegetation cover. D: diet. Abr: *Amelichloa brachychaeta*. Bsp: *Bothriochloa springfieldii*. Che: *Chenopodium album*. Dca: *Digitaria californica*. Jic: *Jarava ichu*. Ntr: *Nassella trichotoma*. Nts: *Nassella tenuissima*. Lcr: *Leptochloa crinita*. Pli: *Poa ligularis*. Pna: *Piptochaetium napostaense*. Set: *Solanum elaeagnifolium*. Sle: *Setaria leucopila*.

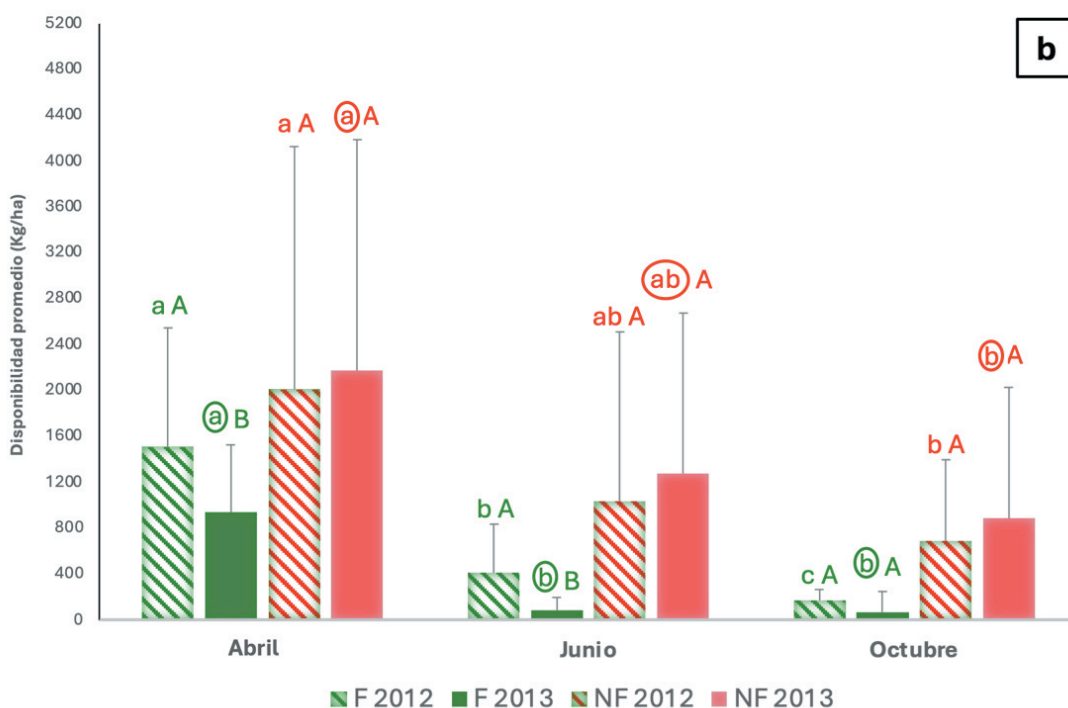


Figura 3. Disponibilidad promedio (kg MS/ha) de especies forrajeras (F: color verde) y de no forrajeras (NF: color rojo) para el tratamiento de carga animal baja (A) y el tratamiento de carga animal alta (B), en las tres fechas de muestreo (abril, junio y octubre) para ambos periodos de pastoreo (2012 y 2013). Letras mayúsculas distintas muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre años (período), para cada fecha de muestreo. Letras minúsculas distintas muestran diferencias del $P < 0.05$ entre las fechas de muestreo para el año 2012 (letras sin círculos) y para 2013 (letras con círculo). Las barras (T) representan el desvío estándar.

Figure 3. Average availability (kg MS/ha) of forage (F: green) and non-forage (NF: red) species for the low stocking rate treatment (A) and for the high stocking rate treatment (B), across the three sampling dates (April, June, and October) for both grazing periods (2012 and 2013). Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) between years for each sampling date. Different lowercase letters indicate differences of $P < 0.05$ between sampling dates for 2012 (letters without circles) and 2013 (letters with circles). Bars (T) represent standard deviation.

significativa ($P < 0.05$) a lo largo de ambos períodos de pastoreo (Figura 3-a). En 2012, la fitomasa aérea de F se redujo 66% de abril a octubre (de 1400 kg MS/ha a 460 kg MS/ha) ($P < 0.05$). Tras el período de descanso, la disponibilidad se recuperó en abril de 2013, alcanzando 1500 kg MS/ha. Sin embargo, al finalizar el segundo período se registró una disminución del 85%, quedando con solo 230 kg MS/ha ($P < 0.05$). El segundo período de pastoreo finalizó con la mitad de disponibilidad de F que la registrada al final del primer período ($P < 0.05$).

La disponibilidad promedio de NF en CB disminuyó a lo largo de ambos períodos de pastoreo, aunque sin diferencias significativas entre momentos de muestreo ($P > 0.05$). En 2012 se registró una reducción del 58% entre abril y octubre (de 2016 kg MS/ha pasó a 1175 kg MS/ha), mientras que en 2013, la disminución fue del 65% (de 2024 kg MS/ha a 1330 kg MS/ha). Si bien no hubo diferencias significativas entre años ($P > 0.05$), el segundo período de pastoreo finalizó con un 12% más de fitomasa de NF que en octubre del primer período (Figura 3a).

En el tratamiento de CA, la disponibilidad de F mostró una disminución significativa ($P < 0.05$) a lo largo de los dos períodos de pastoreo, y fue más pronunciada que en CB (Figura 3b). En 2012, la disponibilidad inicial fue de 1508 kg MS/ha, con una reducción del 73% en junio (413 kg MS/ha) y del 89% en octubre (171 kg MS/ha) ($P < 0.05$). En 2013, la disponibilidad inicial fue un 40% significativamente menor que el inicio del primer período (de 1508 a 945 kg MS/ha). A los tres meses de pastoreo, la fitomasa aérea de F disminuyó hasta 90 kg MS/ha ($P < 0.05$), y se mantuvo baja hasta el final del período.

La fitomasa aérea de NF también disminuyó significativamente ($P < 0.05$) en CA en el transcurso de ambos períodos de pastoreo, con reducciones del 35% en 2012 (de 2010 kg MS/ha a 700 kg MS/ha) y del 59% en 2013 (de 2200 kg MS/ha a 900 kg MS/ha) ($P < 0.05$). Aunque no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre años para cada fecha de muestreo, la disponibilidad de NF fue ~22% mayor en 2013 con respecto a 2012 (Figura 3b).

Dieta animal

A lo largo de los períodos de pastoreo, se observó una disminución en el consumo de especies forrajeras y un incremento en la proporción de especies no forrajeras en

la dieta, con diferencias más marcadas en el tratamiento de carga alta. Luego de tres meses de pastoreo (junio), estos cambios se registraron en ambos tratamientos, con una mayor proporción de especies NF en CA en comparación con CB. Al final de cada período de pastoreo se registró el mayor consumo de especies NF, en especial en CA.

En el primer período de pastoreo, en CB el consumo de F disminuyó significativamente de 96% en abril a 31% en octubre ($P < 0.05$), mientras que el consumo de NF aumentó de 1% a 63% ($P < 0.05$) tras 6 meses de pastoreo. Luego de 5 meses de descanso, en el segundo período, el consumo de F en abril fue 82% en CB. Al final de este período, la dieta estuvo dominada por especies NF, con un consumo del 63%. La disminución de F fue significativa ($P < 0.05$) y alcanzó el 30% en CB (Figura 4a).

Para el primer período de pastoreo en CA, la disminución de F pasó de 96% a 19%, y el consumo de NF se incrementó significativamente del 1% al 76% ($P < 0.05$). En el segundo período, el consumo de F en abril fue 75% en CA. Al final del período, la dieta estuvo dominada por especies NF, con un consumo 80%. La disminución de F fue significativa ($P < 0.05$) y alcanzó 19% en CA (Figura 4b).

Selectividad

En relación con el índice de selectividad, considerando una disponibilidad promedio inicial de 1400 kg MS/ha de F y de 2000 kg MS/ha de NF, durante el primer período de pastoreo se observó un patrón similar en el índice de selectividad de F y NF a lo largo de los tres momentos evaluados, indistintamente de la carga animal. En ambos tratamientos, la mayor selectividad se registró en el primer muestreo (abril) y los menores valores en el último muestreo (octubre) (Tabla 2). La máxima selectividad de F se observó en abril (en CB, $DF = 0.95$; en CA, $DF = 0.94$), mientras que hacia el final del período los valores del índice de selectividad de F y NF se aproximaron a cero (en CB, $DF = 0.08$; $DNF = -0.19$; en CA, $DF = -0.03$; $DNF = -0.11$) (Tabla 2).

Durante el segundo período de pastoreo se observó el mismo patrón del índice de selectividad de F y NF en los tres momentos evaluados, aunque con valores superiores a los observados en el primer período (en F de CB, y en F y NF de CA) (Tabla 2). En este período (2013), la disponibilidad inicial de NF fue



Figura 4. Porcentaje (%) de especies forrajeras (F: color verde) y de no forrajeras (NF: color rojo) en la dieta animal para el tratamiento de carga animal baja (A) y el tratamiento de carga animal alta (B), en las tres fechas de muestreo (abril, junio y octubre) para ambos períodos de pastoreo (2012 y 2013). Letras mayúsculas distintas muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre años (períodos), para cada fecha de muestreo. Letras minúsculas distintas muestran diferencias del $P < 0.05$ entre las fechas de muestreo para el año 2012 (letras sin círculos) y para 2013 (letras con círculo). Las barras muestran el desvío estándar.

Figure 4. Proportion (%) of forage (F: green) and non-forage (NF: red) species in the animal diet for the low stocking rate treatment (A) and for the high stocking rate treatment (B), at the three sampling dates (April, June and October) for both grazing periods (2012 and 2013). Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) between years (periods), for each sampling date. Different lowercase letters indicate differences of $P < 0.05$ between sampling dates for 2012 (letters without circles) and 2013 (letters with circles). The bars indicate the standard deviation.

similar a la del primer período (2012) en ambos tratamientos de carga animal, mientras que la disponibilidad de F fue similar en CB y menor en CA con respecto al primer período. A pesar de que el patrón, en líneas generales, se repitió, hubo un comportamiento distinto en junio de

2013 en CB; en ese momento, disminuyó el rechazo de las NF y la selectividad de las F. En el segundo período hubo más consumo de NF; el rechazo a las mismas disminuyó. Las NF en todo momento presentaron valores negativos;

Tabla 2. Índice de selectividad de Jacobs (D) de especies forrajeras (F) y de no forrajeras (NF) para los tratamientos de carga animal baja y carga animal alta, en las tres fechas de muestreo (abril, junio y octubre) del primer y segundo período de pastoreo (2012 y 2013, respectivamente). Valor de D=+1 implica máxima selectividad o preferencia. Valor=0 indica consumo proporcional a la disponibilidad. Valor=-1 significa selectividad negativa.

Table 2. Jacobs' selectivity index (D) for forage species (F) and non-forage species (NF) under low and high stocking rate treatments, at the three sampling dates (April, June, and October) during the first and second grazing periods (2012 and 2013, respectively). D value=+1 implies maximum selectivity or preference. Value=0 indicates consumption proportional to availability). Value=-1 represents negative selectivity.

| | | Índice de selectividad de Jacobs | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------|-------|-------------------|-------|
| | | Carga animal baja | | Carga animal alta | |
| | | F | NF | F | NF |
| Primer período | Abril | 0.95 | -0.99 | 0.94 | -1.00 |
| | Junio | 0.80 | -0.86 | 0.76 | -0.82 |
| | Octubre | 0.08 | -0.19 | -0.03 | -0.11 |
| Segundo período | Abril | 0.71 | -0.95 | 0.75 | -0.93 |
| | Junio | 0.35 | -0.48 | 0.86 | -0.91 |
| | Octubre | 0.42 | -0.53 | 0.37 | -0.52 |

aunque en algunas situaciones se acercaron a cero, siempre hubo rechazo (Tabla 2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la composición botánica de la dieta del ganado está condicionada por la disponibilidad forrajera, la intensidad y el tiempo de pastoreo. La dieta varió a lo largo del tiempo y en función de la carga animal, reflejando procesos de selección activa sobre las especies forrajeras disponibles.

En los primeros momentos del pastoreo, los animales seleccionaron preferentemente especies de mayor valor nutricional como *P. ligularis* y *P. napostaense*. De acuerdo con la ecología del forrajeo, los herbívoros maximizan su ganancia energética cuando el recurso es abundante y heterogéneo (Holechek and Vavra 1981; Rauber et al. 2023). A medida que avanzó el período de utilización, la oferta de especies forrajeras disminuyó de manera marcada y creció la proporción de especies no forrajeras en la dieta (i.e., *N. tenuissima*, *J. ichu* y *A. brachychaeta*), en especial bajo condiciones de carga animal alta (Holechek et al. 1982; Pelliza Sbriller et al. 2002). Este cambio indica que la disminución de la oferta forrajera alteró los patrones de consumo y, en consecuencia, la composición botánica de la dieta.

En este marco, la composición botánica de la dieta no se debe interpretar como un reflejo proporcional de la vegetación disponible, sino como un indicador funcional de la presión de pastoreo ejercida sobre las distintas especies. La baja similitud observada entre la comunidad vegetal y la dieta animal indica que el consumo no responde de manera proporcional a la

oferta disponible; está fuertemente mediado por procesos de selectividad. En este sentido, más que reflejar el estado estructural del pastizal en un momento dado, la dieta expresa la presión de pastoreo diferencial que reciben las distintas especies, resultado de la interacción entre preferencia animal, la disponibilidad relativa, la carga animal y el estado fenológico. Este patrón es consistente con los principios de la ecología del forrajeo óptimo (Holechek and Vavra 1981) y con estudios recientes que destacan el valor de la dieta como indicador funcional de procesos de uso del recurso (Rauber et al. 2023), más que como un descriptor directo de la vegetación.

La fuerte selectividad inicial se atenuó conforme disminuyó la disponibilidad de las especies preferidas. Este cambio tiene implicancias funcionales para el pastizal, ya que una extracción reiterada sobre las especies más seleccionadas puede reducir su participación relativa y favorecer la permanencia o el incremento de especies menos preferidas (Pelliza Sbriller et al. 2002; Peláez et al. 2013). De este modo, la dieta permite inferir las preferencias alimentarias del ganado y también la direccionalidad del uso del recurso forrajero, anticipando posibles trayectorias de cambio en la comunidad vegetal. En este contexto, el mayor consumo relativo de especies menos preferidas no reflejó un cambio en la preferencia alimentaria, sino una disminución del grado de selectividad asociada a la menor disponibilidad de especies forrajeras.

La mayor participación de especies no forrajeras en la dieta a medida que avanzó el pastoreo no se explicaría solo por restricciones en la oferta de especies forrajeras. También

podría vincularse con el aprovechamiento de rebrotes generados tras la defoliación, favorecidos además por precipitaciones superiores al promedio. Estos tejidos jóvenes — particularmente en especies no forrajeras — suelen presentar una calidad nutricional relativamente mayor, lo que incrementa su probabilidad de consumo (Lamela Arteaga et al. 2024a,b). Asimismo, este patrón podría estar asociado a requerimientos fisiológicos del animal orientados a mantener un balance nutricional adecuado (Clich 2022).

Desde una perspectiva funcional, la recuperación parcial en la disponibilidad de las especies forrajeras observada en condiciones de baja carga animal podría explicarse por las estrategias adaptativas de estas especies frente a la presión de pastoreo. Aquellas de mayor valor forrajero suelen presentar mecanismos adaptativos asociados a la asignación de recursos frente a la herbivoría, tales como cambios en la densidad, el peso y la profundidad de enterrado de las macollas, atributos que les confieren cierta capacidad de recuperación luego de la defoliación (Estelrich et al. 2016; Suárez et al. 2024a). Sin embargo, la persistencia de esta respuesta dependerá de que la intensidad y la frecuencia de uso no superen los umbrales de tolerancia de las especies (Briske and Richards 1995). Resultados similares se registraron en otros ecosistemas semiáridos del país, como las estepas patagónicas (Clich 2022). Esto sugiere que la reducción del grado de selectividad bajo mayor presión de pastoreo constituye un patrón relativamente consistente, aunque su magnitud y expresión dependen de las características florísticas y estructurales de cada sistema.

En términos productivos, los niveles de carga animal evaluados en este estudio se corresponden con situaciones de manejo frecuentes en los sistemas ganaderos del caldenal pampeano. Los resultados sugieren que, más que la carga animal considerada de manera aislada, es la interacción entre carga y duración del pastoreo la que determina cambios en el grado de selectividad de la dieta. En la región, los pastoreos suelen prolongarse más allá de los tiempos compatibles con la dinámica de recuperación del pastizal. Con frecuencia, las limitaciones ambientales reducen la disponibilidad de los recursos forrajeros alternativos previstos dentro de los esquemas de rotación, o bien su producción resulta inferior a la esperada. En consecuencia, la permanencia del ganado sobre el pastizal

del caldenal tiende a extenderse más allá de los tiempos inicialmente planificados, incrementando la utilización de las especies forrajeras preferidas y favoreciendo, a medida que disminuye la disponibilidad de estas especies, una reducción en el grado de selectividad de la dieta.

La disminución marcada de las precipitaciones en 2013 respecto al año anterior pudo haber limitado la capacidad de rebrote de las especies forrajeras, aun bajo condiciones de menor carga animal. Este escenario favoreció una incorporación más temprana de especies no forrajeras en la dieta. Esto sugiere que además de la presión de pastoreo, la disponibilidad forrajera y la calidad de la dieta están muy condicionadas por la variabilidad climática interanual. Este resultado refuerza la necesidad de adoptar esquemas de monitoreo que integren en simultáneo factores de manejo y condiciones ambientales.

En este contexto, la relación entre el consumo relativo de cada especie y su disponibilidad en la comunidad vegetal — expresada a través del índice de selectividad — permite identificar aquellas especies que están siendo sometidas a una mayor presión relativa de uso. El índice de selectividad dietaria constituye una herramienta particularmente valiosa para el manejo adaptativo, ya que permite detectar de forma temprana situaciones de sobreutilización de especies preferidas, incluso cuando estos procesos no se traduzcan de inmediato en cambios estructurales del pastizal. La persistencia de valores elevados de selectividad positiva sobre determinadas especies, especialmente bajo cargas animales altas o períodos prolongados de uso, podría anticipar procesos de debilitamiento poblacional, asociados a la reducción del tejido remanente y de la capacidad de rebrote, en función de la resistencia al pastoreo y de las estrategias funcionales de cada especie.

Desde el punto de vista del manejo, este trabajo destaca el valor del análisis de la dieta como herramienta de diagnóstico funcional del pastizal. En este sentido, el ajuste conjunto entre carga animal, el tiempo de permanencia y la duración de los descansos resulta central para evitar procesos de sobreutilización de las especies forrajeras más valiosas. A largo plazo, los desajustes reiterados entre estos componentes podrían favorecer cambios indeseables en la estructura del pastizal, con una disminución de gramíneas preferidas y una mayor participación de pajonales

dominados por especies menos aprovechadas. En estos sistemas, además del manejo del pastoreo mediante cargas instantáneas elevadas y períodos breves de ocupación, también se utilizan prácticas complementarias como las quemadas prescritas para rejuvenecer el pajonal y mejorar el aprovechamiento de los rebrotes (Estelrich et al. 2022b; Morici et al. 2022), así como el uso de biosales para favorecer la digestibilidad y el consumo de especies de menor calidad forrajera (Pueyo et al. 2021; Virgona 2023; Suárez et al. 2024b). La integración de estas herramientas con el monitoreo de la composición botánica de la dieta y con indicadores estructurales y funcionales de la vegetación permite ajustar las decisiones de uso en función de la dinámica del sistema, contribuyendo a optimizar el aprovechamiento del recurso forrajero y a

reducir el riesgo de sobrepastoreo de especies preferidas, especialmente en ambientes semiáridos con alta variabilidad climática.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue financiado por el proyecto INTA-AUDEAS-CONADEV (Resol. CD INTA N° 633/2011) y por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Agradecemos especialmente a todo el equipo del proyecto por su dedicación y compromiso durante las jornadas de campo, así como en la toma y análisis de datos y muestras. Asimismo, agradecemos al editor y a los/las revisores/as anónimos/as por sus valiosos aportes, comentarios y sugerencias, que resultaron sumamente enriquecedores y contribuyeron a mejorar de manera notable la calidad, claridad y solidez del manuscrito final.

REFERENCIAS

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Proc. 2nd Intern. Symposium on Information Theory. Budapest. Pp. 267-281.
- Bailey, D. W., J. E. Gross, E. A. Laca, L. R. Rittenhouse, M. B. Coughenour, D. M. Swift, and P. L. Sims. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49(5):386-400. <https://doi.org/10.2307/4002919>.
- Borrelli, L. 2014. *Histología vegetal: Técnicas simples y complejas*. 1ª ed. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires, Argentina. Pp. 153-161.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume Ediciones, Madrid, España.
- Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Pp. 85-108 en R. K. Heitschmidt and J. W. Stuth (eds.). *Grazing management: An ecological perspective*. Timber Press.
- Briske, D. D., and J. H. Richards. 1995. Plant responses to defoliation: A physiological, morphological, and demographic evaluation. Pp. 635-710 en D. J. Bedunah and R. E. Sosebee (eds.). *Wildland Plants: Physiological ecology and developmental morphology*. Society for Range Management. Denver. Colorado.
- Bray, J. R., and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349. <https://doi.org/10.2307/1942268>.
- Bucher, E. H. 1987. Herbivory in arid and semiarid regions of Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 265-273.
- Cabrera, A. 1976. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, Fasc. 2. Acme. Bs. As. Argentina. Pp. 90.
- Caldwell, M. M., J. H. Richards, D. A. Johnson, R. S. Nowak, and R. S. Dzurec. 1981. Coping with herbivory: photosynthetic capacity and resource allocation in two semiarid *Agropyron* bunchgrasses. *Oecologia* 50:14-24. <https://doi.org/10.1007/BF00378790>.
- Cangiano, M. L., M. A. Cendoya, M. Álvarez Redondo, R. D. Ernst, M. M. Gómez, M. S. Larroulet, et al. 2021. Ecosystem Services of the *Prosopis caldenia* Woodlands in the Argentinean Pampas. Pp. 1-68 en Batista Ronan (ed.). *Prosopis: properties, uses and diversity*. Nova Science Publishers, Inc.
- Cano A. E. 1988. *Pastizales naturales de La Pampa*. Tomo I: Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA - Provincia de La Pampa. Pp. 425.
- Cano, E., D. Estelrich, M. Montes, B. Fernández, and E. F. A. Morici. 1988a. Fitomasa aérea disponible de un pastizal de *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense* durante el período 1984/85. *Revista de la Facultad de Agronomía*. UNLPam 3(1):11-19.
- Cano, A. E., H. D. Estelrich, and B. Fernández. 1988b. Fitomasa aérea de los pastizales samofilos de La Pampa en distintos estados de condición. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 3(2):43-56.
- Carqueira, E. D., A. M. Sáenz, C. M. Rabotnikof, B. Fernández, and C. C. Chirino. 2000. Dietas de vacunos en pastoreo sobre dos condiciones del bosque de caldén. *Actas de la XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal* (Versión CD alpa \Trabajos \Nutrición \NR 35. htm) Montevideo, Uruguay.
- Carqueira, E. D., A. M. Sáenz, and C. M. Rabotnikof. 2004. Seasonal nutritive value of native grasses of Argentine Caldén Forest Range. *Journal of Arid Environments* 59:645-656. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.020>.
- Cingolani, A. M., G. Posse, and M. B. Collantes. 2005. Plant functional traits, herbivore selectivity and response to

- sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. *Journal of Applied Ecology* 42:50-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x>.
- Clarke, K. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>.
- Clich, I. A. 2022. El sistema de pastoreo como modificador de la selectividad animal, el vigor de gramíneas y la producción secundaria en la estepa patagónica del sudoeste de Chubut. Tesis para obtener el grado de Magister de la Universidad de Buenos Aires área Recursos Naturales otorgado por la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados. FAUBA. Buenos Aires, Argentina. Pp. 183. URL: tinyurl.com/3ey8jyb6.
- Degen, A., S. El-Meccawi, and M. Kam. 2010. Cafeteria trials to determine relative preference of six desert trees and shrubs by sheep and goats. *Livestock Science* 132(1-3):19-25. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.04.016>.
- Deregibus, V. A. 1988. Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. *Revista Argentina de Producción Animal* 8:67-78.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada, and C. W. Robledo. 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En España. URL: infostat.com.ar.
- Diaz, S., S. Lavorel, S. McIntyre, V. Falczuk, et al. 2007. Plant trait responses to grazing - A global synthesis. *Global Change Biology* 13(2):313-341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x>.
- D'Odorico, P., G. S. Okin, and B. T. Bestelmeyer. 2011. A synthetic review of feedbacks and drivers of shrub encroachment in arid grasslands. *Ecohydrology* 5(5):520-530. <https://doi.org/10.1002/eco.259>.
- Estelrich, H. D., C. C. Chirino, E. F. A. Morici, and B. Fernández. 2005. Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina - Modelo Conceptual. Pp. 351-364 en J. Paruelo, M. Oesterheld and M. Aguiar (eds.). Heterogeneidad de la Vegetación. Libro homenaje a Rolando León. FAUBA. Argentina.
- Estelrich, H. D., and A. Castaldo. 2014. Receptividad y carga ganadera en distintas micro regiones de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones. *SEMIÁRIDA Revista Facultad de Agronomía - UNLPam. La Pampa, Argentina* 24(2):7-19.
- Estelrich, H. D., F. Martín, and R. D. Ernst. 2016. Posición de las coronas como mecanismo para tolerar el pastoreo en especies forrajeras del pastizal bajo en la región semiárida central de Argentina. *Archivos de Zootecnia* 65(251): 381-388. <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.700>.
- Estelrich, H. D., E. F. A. Morici, G. Fernández, and C. E. Suárez. 2022a. Capítulo 1: Establecimiento Bajo Verde. Pp. 17-27 en H. D. Estelrich and C. E. Suárez (eds.). El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación. 1ra Edición. EdUNLPam, Santa Rosa La Pampa.
- Estelrich, H. D., C. E. Suárez, and E. F. A. Morici. 2022b Capítulo 4: El fuego en áreas de bosque con pajonal y fachinales. Pp. 71-83 en H. D. Estelrich and C. E. Suárez (eds.). El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación. 1ra Edición. EdUNLPam, Santa Rosa La Pampa.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9.
- Hansen, R., T. Foppe, M. Gilbert, R. Clark, and H. Reynolds. 1977. The microhistological analysis of feces as an estimator of herbivore dietary. Composition analysis laboratory. Range Sc. Depart. Colorado Sta. Univer., Colorado, USA. Pp. 18.
- Holechek, J., and M. Vavra. 1981. The effect of slide and frequency observation numbers on the precision of microhistological analysis. *Journal of Range Management* 34(4):337-338. <https://doi.org/10.2307/3897865>.
- Holechek, J., M. Vavra, and R. Pieper. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: A Review. *Journal of Range Management* 35:309-315. <https://doi.org/10.2307/3898308>.
- Huss, D. L., A. E. Bernardon, D. L. Anderson, and J. M. Brun. 1986. Principios de manejo de praderas naturales. INTA-FAO. Santiago de Chile, Chile. Pp. 356.
- Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ratio and Ivlev's Electivity Index. *Oecologia* 14:413-417. <https://doi.org/10.1007/BF00384581>.
- Lamela Arteaga, G. P., H. D. Estelrich, C. E. Suárez, R. D. Ernst, S. S. Denda, E. F. A. Morici, and L. Fernández. 2024a. Calidad nutricional de los rebrotes de un pajonal (*Amelichloa brachychaeta*) sometido a altas presiones instantáneas de pastoreo. *Ciencia Veterinaria* 26(2):77-95. <https://doi.org/10.19137/cienvet202426201>.
- Lamela Arteaga, P., C. E. Suárez, and H. D. Estelrich. 2024b. Respuesta de una comunidad de pajonal (*Amelichloa brachychaeta*) al pastoreo frecuente y de altas cargas en la región semiárida central de Argentina. *Semiárida* 34(2): 19-29. [https://doi.org/10.19137/semiaria.2024\(2\)](https://doi.org/10.19137/semiaria.2024(2)).
- Lerner, P. 2004. El Caldenal: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales. En M. F. Arturi, J. L. Frangi, and J. F. Goya (eds.). Ecología y manejo de los bosques de Argentina. Universidad Nacional de La Plata.
- Littell, R. C. 1990. Analysis of repeated measures data. Kansas Conference on Applied Statistics in Agriculture. <https://doi.org/10.4148/2475-7772.1427>.
- Littell R. C., G. A. Milliken, W. W. Stroup, and R. D. Wolfinger. 1996. SAS System for Mixed Models. SAS Institute, Cary, NC.
- Littell, R. C., P. R. Henry, and C. B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J Anim Sci* 76:1216-1231. <https://doi.org/10.2527/1998.7641216x>.
- Maestre, F. T., Y. Le Bagousse-Pinguet, M. Delgado-Baquerizo, et al. 2022. Grazing and ecosystem service delivery in global drylands. *Science* 378: 915-920. <https://doi.org/10.1126/science.abq4062>.

- Martín, G. O. 2023. Hábitos dietarios de herbívoros: su determinación y utilización. 1a edición para el alumno - San Miguel de Tucumán : Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria. Libro digital, PDF. Archivo Digital: descarga y online.
- McNaughton, S. J. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos* 40(3):329-336. <https://doi.org/10.2307/3544305>.
- Morici, E., R. Ernst, A. Kin, D. Estelrich, M. Mazzola, and S. Poey. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. *Archivos de Zootecnia* 52:59-66.
- Morici, E. F. A., A. G. Kin, M. B. Mazzola, R. Ernst, and M. S. Poey. 2006. Efecto del pastoreo sobre las gramíneas perennes *Piptochaetium napostaense* y *Poa ligularis* en relación con la distancia a la aguada. *Revista de la Facultad de Agronomía* 17:1-13.
- Morici, E. F. A., V. Doménech García, G. Gómez Castro, A. Kin, A. Sáenz, and C. Rabotnikof. 2009. Diferencias estructurales entre parches del pastizal del Caldenal y su influencia sobre el banco de semillas. *Agrociencia* 43: 529-537.
- Morici E. F. A., H. D. Estelrich, C. E. Suárez, N. Sawczuk, and R. D. Ernst. 2022. Capítulo 11: El pastizal natural de bajo verde y su manejo. Pp. 153-172 en H. D. Estelrich and C. E. Suárez (eds.). *El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación*. 1ra Edición.
- Mosiejchuk, M. A., and M. B. Mazzola. 2025. Ocurrencia de incendios forestales en la Provincia de La Pampa, Argentina (2005-2017). *Semiárida* 35(1):5-20. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2025\(1\).5-20](https://doi.org/10.19137/semiárida.2025(1).5-20).
- Mueller-Dombois, D., and H. Ellenberg. 1974. *Objetivos y métodos de la ecología de la vegetación*. John Wiley and Sons, Nueva York. Pp. 547.
- N'Guessan, M., and D. C. Hartnett. 2011. Differential responses to defoliation frequency in little bluestem (*Schizachyrium scoparium*) in tallgrass prairie: implications for herbivory tolerance and avoidance. *Plant Ecol* 212(8):1275-85. <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9904-4>.
- Oliva, G. 2018. Recuperación de pastizales naturales: ¿activa o pasiva? Pp. 65-68 en III Taller, Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Puerto Madryn.
- Peláez, D. V., R. J. Andrioli, O. R. Elia, E. E. Bontti, M. A. Tomás, and F. R. Blázquez. 2013. Response of grass species to different fire frequencies in semi-arid rangelands of central Argentina. *The Rangeland Journal* 35(4):385-392. <https://doi.org/10.1071/RJ13025>.
- Pelliza Sbriller, A., G. Bonvissuto, and N. Bonino. 2002. Selección de dieta por herbívoros en Patagonia: Escalas Espaciales y Temporales. *Comunicación Técnica N°47*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Pueyo, J. D., C. A. Ramírez, and C. A. Álvarez. 2021. Suplementación invierno-primaveral de vaquillonas con Biosalt 500. Informe técnico editorial EEA El Colorado, INTA. URL: tinyurl.com/mry3892f.
- Rabotnikof, C. M., and N. P. Strizler. 2021. Valor forrajero de la flora nativa de La Pampa: pastos, arbustos y frutos. Pp. 180 en Celia M. Rabotnikof and Néstor P. Strizler (eds.). 1° ed. Santa Rosa: Editorial de la Universidad Nacional de La Pampa.
- Rauber, R. B., M. A. Cendoya, D. N. Arroyo, and S. M. Bogino. 2023. Composición florística y funcional del pastizal natural del centro de la Argentina: efecto del pastoreo bovino y el fuego. *Ecología Austral* 33(1):13-9. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.2054>.
- Rúgolo de Agrazar, Z. E., P. E. Steibel, and H. O. Troiani. 2005. *Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa*. Primera edición. Universidad Nacional de la Pampa y Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba (eds.). Pp. 359.
- Sala, O. E., and F. T. Maestre. 2014. Grass-woodland transitions: determinants and consequences for ecosystem functioning and provisioning of services. *Journal of Ecology* 102:1357-1362. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12326>.
- Sánchez, M., P. Baldassini, M. de los Á. Fischer, J. Torre Zaffaroni, and C. M. Di Bella. 2023. Dónde, cuándo y cómo ocurren grandes incendios en la provincia de La Pampa, Argentina: Una caracterización basada en sensores remotos. *Ecología Austral* 33(1):211-228. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.1972>.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. Statistical Analysis System, University Edition.
- Sawczuk, N. 2018. La interacción planta-animal y su influencia sobre algunos parámetros de degradación en un pastizal del distrito fitogeográfico del caldén. Tesis para obtener el título de Doctora de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Buenos Aires, Argentina. Pp. 112. URL: tinyurl.com/fhf97yv9.
- Schroeder, N., V. Rodríguez, A. Marino, A. Panebianco, and F. Peña. 2022. Interspecific competition between guanacos and livestock and their relative impact on Patagonian rangelands: evidence, knowledge gaps and future directions. *Guanacos and People in Patagonia: A Social-ecological Approach to a Relationship of Conflicts and Opportunities*. Carmanchahi y Lichtenstein (eds.). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06656-6_3.
- Senft, R. L., M. B. Coughenour, D. W. Bailey, L. R. Rittenhouse, O. E. Sala, and D. M. Swift. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience* 37(11):789-799. <https://doi.org/10.2307/1310545>.
- Sparks, D., and J. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal Range Manage* 21:264-265. <https://doi.org/10.2307/3895829>.
- Suárez, C. E., M. S. Rossini, E. F. A. Morici, and H. D. Estelrich. 2024a. Morphometric Attributes of Two Native Forage Species According to Water Source Distance in Semi-arid Central Grasslands of Argentina. *Phyton-International Journal of Experimental Botany* 93(8):1-12. <https://doi.org/10.32604/phyton.2024.053193>.
- Suárez, C., P. Lamela Arteaga, M. Rossini, A. Pérez, D. Estelrich, and A. Castaldo. 2024b. Manejo del pastoreo por

- ambiente: uso efectivo de pastizales degradados con suplementación de biosales. *VETEC Revista Académica de Investigación, Docencia y Extensión de las Ciencias Veterinarias*. Edición Especial: III Jornada de Ciencia y Técnica y Extensión. VI Jornada Interinstitucional Facultad de Ingeniería-Facultad de Ciencias Veterinarias UNLPam. *Resúmenes Investigación* 5(3):84-86.
- Vázquez, P., E. Llorens, S. Poey, and I. Stefanazzi. 2015. Proceso de lignificación en la provincia de La Pampa, Argentina. Identificación a partir de sensores remotos. En P. L. Peri (ed.). *Actas del III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional Agroforestal*. Ediciones INTA.
- Vergara, G. T., and G. A. Casagrande. 2002. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía - UNLPam* 13(1/2).
- Virgona, E. G. 2023. Suplementación invernal en vaquillas en el este de Chaco. Trabajo final de evaluación, módulo de intensificación de prácticas, opción producción animal. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional Nordeste - Corrientes Argentina. Repositorio institucional UNNE. URL: tinyurl.com/5c6vesvr.
- Zuloaga, F. O., M. J. Belgrano, and C. A. Zanoti. 2019. Actualización del catálogo de las plantas vasculares del cono sur. Apéndice 1. Catálogo de las plantas vasculares del cono sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). *Darwiniana*, nueva serie 7(2):208-278. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.861>.