

Universidad Católica Argentina



Trabajo Final de Graduación para optar por el título de:

Ingeniero Agrónomo

“Valor nutritivo para rumiantes en pastoreo de las especies autóctonas *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* en otoño, en campos inundables de la cuenca del Salado”

Autor: Juan Bautista Bruno

Profesor Tutor: María Elena Vago

Modalidad: Experimental

Fecha:

A mis padres, María Pía y Nestor, por haberme enseñado que el esfuerzo y la perseverancia son la raíz de todo logro. A mis hermanos Augusto, Francisco y Eugenio, por estar siempre presentes, por recordarme con su compañía que los logros son más valiosos cuando se comparten. A mis abuelos, Susana, María Nélida, Nestor y Juan Carlos por haber despertado en mí la vocación.

Abstract

The purpose of this study was to characterise the nutritional attributes of *Setaria parviflora* and *Sporobolus indicus*, two native forage species from floodplains in the Salado Basin, with emphasis on their nutritive value for grazing cattle during autumn. Key forage quality parameters were measured, including dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), and hemicellulose (calculated as NDF–ADF). In addition, voluntary intake and potential digestibility were estimated based on fibre fractions.

The results allowed a detailed comparison of the nutritional profiles of both species. *Setaria parviflora* exhibited lower NDF and hemicellulose concentrations than *Sporobolus indicus*, suggesting a higher expected voluntary intake due to a lower structural fibre load. Digestibility estimates derived from ADF were similar between species, indicating that differences in forage quality were mainly driven by total structural fibre rather than intrinsic digestibility. Both species showed low crude protein content, reinforcing the need for their complementarity with protein-rich species such as the legume *Lotus tenuis*, widely naturalised in these environments, although it contributes lower dry matter.

Overall, the findings highlight the importance of understanding the nutritional quality of native species for the sustainable management of forage resources in environmentally constrained systems such as floodplains. Although this study focused on the autumn period when forage quality naturally declines in C4 grasses, it provides a foundation for future research aimed at evaluating the seasonal dynamics, nutritive evolution, and functional interactions of these species within the grassland community.

Resumen

Este trabajo tuvo como finalidad caracterizar distintos aspectos nutricionales de *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus*, dos gramíneas forrajeras autóctonas adaptadas a ambientes inundables de la Cuenca del Salado, con especial énfasis en su valor para la alimentación de bovinos de cría en pastoreo durante el otoño. Para ello se determinaron parámetros clave de calidad forrajera: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosas, además de estimarse el consumo voluntario potencial y la digestibilidad basada en el contenido de FDA de cada especie.

Los resultados mostraron que *Setaria parviflora* presentó un menor contenido de FDN respecto de *Sporobolus indicus*, lo que sugiere un mayor consumo voluntario esperado debido a una menor carga estructural en sus tejidos. Las hemicelulosas, derivadas de la diferencia entre FDN y FDA, también fueron inferiores en *S. parviflora*, reforzando esta tendencia. No obstante, ambas especies registraron bajos niveles de proteína bruta, lo cual limita su aporte nutritivo durante el otoño y resalta la necesidad de complementarlas con especies de mayor calidad, particularmente la leguminosa *Lotus tenuis*, naturalizada en estos ambientes y caracterizada por su elevado contenido proteico, aunque con limitada producción de MS.

El análisis integral de estos parámetros demuestra que comprender la dinámica nutricional de las especies nativas es fundamental para optimizar el manejo y aprovechamiento de los pastizales en ambientes con restricciones como los bajos inundables. Aunque este estudio se centró en el período otoñal, donde la calidad forrajera disminuye naturalmente en gramíneas C4, los resultados obtenidos constituyen una base para investigaciones futuras que permitan caracterizar la evolución nutricional de *Setaria* y *Sporobolus* a lo largo de diferentes estados fenológicos y estrategias de manejo en la Cuenca del Salado.

Palabras clave

Setaria parviflora, *Sporobolus indicus*, forrajes autóctonos, valor nutritivo, bovinos de cría, Cuenca del Salado, pastizales naturales, *Lotus tenuis*.

Índice general

1. Introducción.....	6
a. Cuenca del Salado, Provincia de Buenos Aires – Partido de Tapalqué	6
b. Características y descripción de las especies en estudio	9
i. <i>Setaria parviflora</i>	9
ii. <i>Sporobolus indicus</i>	10
2. Objetivos	14
a. Objetivos secundarios	14
3. Materiales y métodos.....	15
4. Resultados y discusiones	20
5. Conclusiones.....	23
6. Bibliografía	24
7. Anexos	27

1. Introducción

a. Cuenca del Salado, Provincia de Buenos Aires – Partido de Tapalqué.

Argentina es un país de gran extensión territorial que presenta una notable diversidad de ambientes y zonas productivas, cada una con características agroecológicas particulares. Dentro de este mosaico, una de las regiones de mayor relevancia para la producción ganadera es la denominada Cuenca del Salado, también conocida como Pampa Deprimida o Pampa Inundable (ver Figura 1). Esta zona concentra más del 20% del stock bovino nacional (Vázquez & Rojas, 2006).

Dentro de la misma, en los últimos tiempos se ha producido un movimiento de la frontera agrícola generando un desplazamiento de la ganadería hacia zonas más marginales y una considerable reducción de la superficie destinada a dicha actividad (Rearte, 2010). Así como un aumento en la presión de pastoreo sobre suelos de menor capacidad de uso.

A pesar de este proceso, la Cuenca del Salado conserva entre un 53% y un 89% de cobertura de pastizales naturales o seminaturales, que continúan siendo la base forrajera de la ganadería extensiva tradicional en esta área. Dentro de esta región se encuentra el partido de Tapalqué, cuya localización y características lo convierten en un caso representativo para el análisis de los desafíos y transformaciones que atraviesa la actividad ganadera de la zona (ver Figura 2).

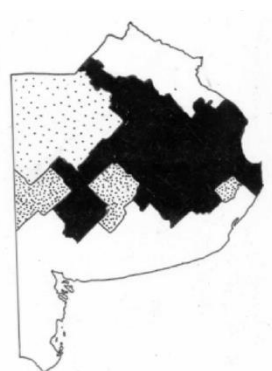


Fig. 1 - Cuenca del Salado



Fig.2 - Partido de Tapalqué

La principal actividad ganadera en la cuenca del Salado es la cría de bovinos y ovinos, acompañada en menor escala por actividades de recría e invernada. La oferta forrajera de esta producción está constituida principalmente por pastizal natural (Pérez et al. 2009), complementando en algunos casos por el uso de pasturas implantadas, verdeos anuales y promociones de especies como puede ser *Rye grass*.

Diversos estudios sobre la flora de la región han permitido caracterizar la estructura y diversidad de especies presentes en estos pastizales. Entre ellos, los trabajos de León (1975) y León et al. (1985) describen doce comunidades vegetales, identificadas mediante el método fitosociológico de Braun-Blanquet, el cual combina los parámetros de abundancia y cobertura de los distintos grupos florísticos.

Estas doce comunidades han sido agrupadas en cuatro grandes tipos o comunidades principales, que pueden ser fácilmente reconocidas y diferenciadas a campo a nivel de potrero (Deregibus y Cahuepé, 1983; Fernández Greco y Viviani Rossi, 1997). La diferenciación de estas comunidades responde principalmente a la posición topográfica del terreno y al grado de influencia del hidromorfismo y halomorfismo en los suelos. Las comunidades se denominan: loma, media loma, bajo dulce y bajo salino (León, 1975; León et al., 1979; Deregibus y Cahuepé, 1983; Fernández Greco, 1999).

Dichas comunidades vegetales, además de definir el paisaje local, determinan la composición de las pasturas y pastizales que sustentan la actividad ganadera en la Cuenca del Salado.

En las cuatro comunidades principales del pastizal natural de la Cuenca del Salado se presentan características ecológicas y florísticas propias, relacionadas principalmente con la posición topográfica y las condiciones edáficas (ver Figura 3). La comunidad de loma, ubicada en las zonas más elevadas con suelos bien drenados y escasa influencia del anegamiento, presenta una alta riqueza florística y un buen valor forrajero. En ella predominan gramíneas mesófitas como especies del género *Paspalum* (ej. *P. notatum*, *P. quadrifarium*), *Piptochaetium stipoides* y otras típicas de la pradera pampeana como *Bothriochloa laguroides*, *Stipa neesiana* y *Melica brasiliensis*. Estas comunidades suelen presentar además leguminosas de interés forrajero como *Trifolium polymorphum*, *Desmodium incanum* y *Adesmia bicolor*, que contribuyen al aporte proteico y a la fijación biológica de nitrógeno en el sistema. La producción anual puede alcanzar entre 5.000 y 7.000 kg de materia seca por hectárea (León et al., 1985; Fernández Greco, 1999). Las comunidades de media loma pueden presentar un leve hidromorfismo, y presentan varias especies en su tapiz vegetal como ser: *Bothriochloa laguroides*, *Festuca hieronymi* y *Stipa neesiana*, con una productividad cercana a los 5.000 kg MS/ha/año y algunas leguminosas como *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Lotus tenuis* (Deregibus y Cahuepé, 1983; León et al., 1979; Rodríguez et al., 2012).

Los bajos dulces, con suelos con mal drenaje y frecuentes anegamientos, pero sin acumulación de sales, presentan una cobertura dominada por especies hidrófilas como *Leersia hexandra*, *Hymenachne perambucense*, *Sporobolus indicus* y *Paspalidium paludivagum*, con rendimientos que varían entre 4.500 y 6.600 kg MS/ha/año y la presencia de la leguminosa naturalizada *Lotus tenuis* (León, 1975; Fernández Greco, 1999; Rodríguez et al., 2012; Nievas y Ruiz, 2020).

Por ultimo y no menos importante, los bajos salinos, los cuales están ubicados en sectores deprimidos con fuerte influencia del halomorfismo, muestran una flora compuesta por especies halófitas como *Distichlis spicata*, *Distichlis laxiflora*, *Sporobolus indicus*, *Chaetotropis elongata* y *Diplachne uninervia*, con una producción forrajera mucho más limitada, cercana a los 2.500 kg MS/ha/año (León et al., 1985; Deregibus y Cahuepé, 1983; Fernández Greco, 1999; Rodriguez et al., 2012; Fernández et al. 2024).



Fig. 3 - Toposecuencia típica de la Pampa deprimida. adaptado de Batista et al., 2005.

Son pocas las especies que pueden crecer y desarrollarse en ambientes con restricciones severas por un exceso de humedad o sequía como lo que ocurre en los suelos bajos dulces (alcalinos) o salinos. Dentro de estas especies, se encuentran dos autóctonas que se observa se desarrollan tanto en ambientes de media loma como de bajos inundables como son *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus*.

Características y descripción de las especies en estudio

Setaria parviflora

Es una gramínea perenne (familia Poaceae, subfamilia Panicoideae, tribu Paniceae), autóctona de América, la cual está ampliamente distribuida en regiones húmedas del centro y sudeste de la Argentina, en especial en ambientes bajos e inundables de la Cuenca del Salado (Burkart, 1969; Cabrera & Zardini, 1978). Dicha especie presenta un hábito de crecimiento cespitoso, con tallos erectos o decumbentes, glabros, que alcanzan entre 30 y 100 cm de altura. Las hojas son lineares, de borde levemente áspero, lígula membranosa reducida a una línea de pelos, y vainas abiertas. Las raíces son fibrosas y profundas, dándole así la capacidad de adaptarse a una amplia variedad de suelos como puede ser perfiles arenosos hasta arcillosos, incluidos aquellos con bajos niveles de fertilidad o altos contenidos de hierro (Oliveira de Araujo et al., 2020).

La inflorescencia es una panícula espiciforme densa, de 3 a 15 cm de largo, con espiguillas elípticas de entre 2 y 2,5 mm, que presentan una arista terminal recta o levemente curvada. Esta característica, junto con el tamaño de las espiguillas (ver Figura 4 A), permite diferenciarla de *Setaria pumila*, que es anual y posee espiguillas de hasta 3 mm (Gould, 1965). Su principal forma de propagación es por semilla, aunque también puede generar rizomas cortos. Otro aspecto para destacar de dicha especie es que presenta un metabolismo fotosintético C4, la cual se caracteriza por una alta eficiencia en el uso del agua y luz, lo que le permite tolerar tanto la sequía como condiciones de anegamiento estacional (Muthamilarasan & Prasad, 2017). Su presencia ayuda al equilibrio ecológico de humedales, mediante la cobertura vegetal, la cual protege contra la erosión y favorece la biodiversidad de la flora (ver Figura 4 B).

El uso por parte del ser humano de esta especie comienza desde los pueblos originarios de Mesoamérica antes de la llegada de especies introducidas del Viejo Mundo (Moerman, 1998; Yanovsky, 1936). Según Dekker (2003), el género *Setaria* participó en al menos cinco grandes procesos de expansión global, siendo *S. parviflora* la única especie del grupo presente en América antes de la colonización europea.

Si se hace foco en su valor forrajero, *S. parviflora* ha sido aprovechada en distintos países como especie de pastoreo en ambientes húmedos. En el sur de Estados Unidos ha sido reportada como gramínea de interés forrajero en sistemas extensivos, principalmente por su capacidad de rebrote y palatabilidad en estados vegetativos (USDA-NRCS, 2021). En la región pampeana argentina, forma parte de la oferta forrajera de los campos naturales bajos, especialmente en otoño, cuando muchas especies estivales pierden calidad. Su contribución se debe a su disponibilidad, aceptable digestibilidad cuando es consumida tierna, y persistencia en ambientes marginales.

Respecto a sanidad vegetal, no se han identificado plagas ni enfermedades específicas que afecten a *S. parviflora* de forma severa. No obstante, puede ser hospedera secundaria de hongos foliares comunes en ambientes húmedos, como *Puccinia spp.*, que afectan a diversas poáceas (Kogan & Pizarro, 1994).



Fig. 4 - A; Detalle de la espiguilla de *Setaria parviflora*; B: Detalle de la planta entera

Sporobolus indicus

Es una gramínea perenne (familia Poaceae, subfamilia Chloridoideae, tribu Zoysieae) de ciclo primavera-verano, que crece en forma de mata densa, con porte erecto o levemente arqueado. Se encuentra ampliamente distribuida en América, desde el sudeste de los Estados Unidos hasta Paraguay y Argentina, abarcando un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 3000 mts (Denham & Aliscioni, 2011). En Argentina, se la encuentra en el norte, centro y oeste del país —incluyendo Buenos Aires, La Pampa y Mendoza—, pero está ausente en la región patagónica (Denham & Aliscioni, 2011).

Las hojas son mayormente basales, aunque también caulinares, con láminas foliares que varían de involutas o convolutas a planas. La lígula es corta y membranosa, y las vainas son abiertas. El sistema radicular es fibroso y profundo; si bien no posee rizomas, presenta una alta capacidad de persistencia en suelos pobres o secos (Shay & Nicholas, 2022).

La inflorescencia es una panícula terminal, que puede presentarse en dos formas claramente diferenciadas: panículas lineales con ramas primarias cortas y adpresas, o panículas más laxas con ramas ascendentes de entre 4 y 9 cm de largo. Las espiguillas miden entre 2 y 2,5 mm, poseen glumas subiguales, siendo la superior levemente más larga que la inferior, y alcanzando entre un tercio y tres cuartos del largo

total de la espiguilla. El ápice de las glumas puede ser entero, agudo u obtuso (Denham & Aliscioni, 2011), (ver Figura A-D).

Sporobolus indicus se desarrolla en una amplia gama de ambientes abiertos, incluyendo pastizales, márgenes de caminos, potreros degradados y terrenos de uso urbano. Prefiere suelos arenosos o arcillosos con medio a buen drenaje, mostrando alta tolerancia a la acidez. No soporta el anegamiento muy prolongado, pero tiene una elevada resistencia a la sequía y a anegamientos temporarios, lo que le permite dominar en condiciones de estrés hídrico (Shay & Nicholas, 2022), (ver Figura 6 y 7).

Respecto a sanidad vegetal, no se han reportado plagas de importancia económica que afecten severamente a *Sporobolus indicus*. Sin embargo, al igual que otras gramíneas perennes de la región, puede actuar como hospedera alternativa de patógenos foliares comunes en pastizales y cultivos, entre ellos especies de *Puccinia* y *Helminthosporium*, que bajo condiciones de alta humedad pueden provocar manchas o reducción de área foliar fotosintética (Kogan & Pizarro, 1994; Denham & Aliscioni, 2011). Cabe mencionar que en inglés suele denominarse a la especie “smut grass” o “pasto tizón”, este nombre deriva de un hongo de color negro oscuro que infecta a las inflorescencias (*Drechslera ravenelii* (M.A. Curtis ex Berk.)) y les da un aspecto semejante al color de las cenizas/tizón que no parecería que afectara su aporte nutritivo pero debería continuarse con su estudio ya que podrían afectar a la planta infectada o producir micotoxinas que afectarían al sistema inmune animal (Mislevy et al. 2002; Shay et al. 2022).

Asimismo, esta especie presenta un denso sistema radicular y forma matas. La acumulación de material seco en matas envejecidas puede favorecer la presencia de hongos saprófitos y, en potreros sobrepastoreados, generar microambientes propicios para la instalación de malezas oportunistas.

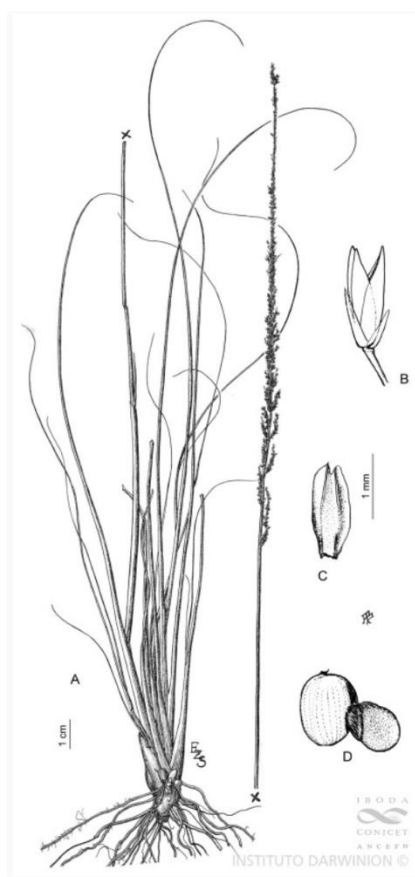


Fig. 5 - *Sporobolus Indicus* var. *Indicus*. A, aspecto general. B - C, espiguilla. D, Fruto. Instituto Darwinion.



Fig. 6 - *Sporobolus Indicus* var. *Indicus*: Detalle espiguilla



Fig. 7 - *Sporobolus Indicus* var. *Indicus*: aspecto general de las plantas a campo.

Como se presentará previamente la base de la alimentación de los vacunos en pastoreo en la zona la Pampa deprimida lo constituyen los pastizales naturales mediante el pastoreo directo (Elizalde y Riffel, 2013). A diferencia de los animales monogástricos, los rumiantes poseen la habilidad de alimentarse y satisfacer sus requerimientos de mantenimiento y producción en base al consumo de plantas (forrajes) como única fuente de nutrientes, ya que pueden degradar tanto el contenido celular como los polisacáridos de las paredes celulares vegetales por medio de la microbiota (bacterias, hongos, protozoos, entre otros), que alojan en el rumen. Estas paredes celulares están formadas principalmente por polisacáridos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y pectinas, embebidos en una matriz de lignina (Van Soest, 1994). La composición y estructura de estas paredes celulares vegetales constituyen un factor determinante en la calidad nutritiva de los forrajes, ya que su composición y proporciones varían frente a estreses y a medida que el vegetal envejece (avanza en su ciclo de crecimiento) (Bondi 1989). La mayor parte de los hidratos de carbono solubles (azúcares, almidón y pectinas) y menos solubles (celulosa y hemicelulosa) son fermentados por los rumiantes hasta ácidos grasos volátiles al pasar los alimentos por el rumen debido a la acción de las enzimas microbianas. Estos ácidos grasos volátiles son absorbidos por las paredes del rumen y pasan a circulación sanguínea para luego ser utilizados para obtener energía o para la síntesis de productos (grasa, proteína, etc).

Los polisacáridos de las paredes celulares vegetales aportan a los animales en pastoreo entre el 30 y el 40% de la energía digestible consumida (Ramirez Orduña et al. 2002; Mc Donald 2006). La cantidad, composición y estructura de las paredes celulares afectará el consumo de los animales rumiantes en pastoreo y la digestibilidad total del material consumido (Ramirez Orduña et al. 2002; Van Soest 1998; Mc Donald 2006). El material vegetal que presente mayor proporción de contenido celular (hidratos de carbono solubles) y menor proporción de pared celular tendrá una digestibilidad mayor respecto a aquel en el que se presente la relación inversa. La energía disponible aumentará al disminuir el contenido de pared celular. A su vez la composición de la pared celular y la interacción entre sus componentes incide también en la digestibilidad, siendo las pectinas las más digestibles, luego las hemicelulosas, después la celulosa (Van Soest, 1994). Una mayor proporción de lignina, por ejemplo, reduce la degradación microbiana de la celulosa y hemicelulosa, disminuyendo así el valor energético utilizable por el animal (Jung & Allen, 1995).

Para evaluar el aporte nutritivo de los recursos forrajeros habitualmente se utilizan métodos de análisis químicos. El método más comúnmente utilizado es el método de Van Soest para caracterizar la fracción fibrosa de los forrajes debido a su incidencia en el aporte energético en la dieta. En este método de análisis, también conocido como el “sistema de detergentes”, se trata primero a las muestras con un detergente neutro y luego con un detergente ácido. La solución de detergente neutro solubiliza el contenido celular y las pectinas que componen las paredes celulares (todos compuestos fácilmente digeribles a nivel ruminal) y deja un residuo denominado fibra detergente neutro ó FDN. En la fracción FDN quedan los componentes de las paredes celulares vegetales menos degradables, fundamentalmente: hemicelulosas, celulosa y lignina. El FDN se relaciona en forma inversa con el consumo voluntario de los animales en pastoreo.

Al tratar el residuo de FDN con el detergente ácido, se solubilizan las hemicelulosas y se obtiene un residuo denominado fibra detergente ácido ó FDA. En la fracción FDA queda retenido lo menos digestible de las paredes celulares vegetales, celulosa, lignina y proteínas muy adheridas a la pared. El FDA se relaciona en forma inversa con el coeficiente de digestibilidad del alimento analizado. Estos parámetros analizados habitualmente se complementan con las determinaciones de materia seca y proteína bruta del método de Weende, siendo de gran utilidad para predecir el valor nutricional de los alimentos con destino animal (Koundukdjian, 2015).

Para realizar un correcto manejo de la oferta forrajera en estos ambientes con restricciones es de vital importancia conocer los requerimientos de las categorías a alimentar y el aporte nutritivo de las especies del pastizal de acuerdo a su estadio y ciclo de crecimiento. De este modo adecuar la demanda animal y la oferta y disponibilidad forrajera preservando el recurso. Es por ello que en este trabajo buscamos evaluar el valor nutritivo para rumiantes de las especies autóctonas *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* como se indica a continuación en los objetivos

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el de caracterizar distintos aspectos nutricionales de *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* relevantes en la alimentación de bovinos de cría en pastoreo de ambientes inundables de la Cuenca del Salado durante el otoño.

Objetivos secundarios:

- Evaluar el aporte nutricional en materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosas, y estimar el consumo voluntario esperado y la digestibilidad potencial de *Sporobolus Indicus* y de *Setaria parviflora* creciendo en suelos inundables durante el otoño.
- Comparar el aporte nutritivo de ambas especies para observar si existen diferencias significativas entre ellas respecto a los parámetros nutricionales evaluados que fundamenten su promoción en este tipo de ambientes.

3. Materiales y métodos

En el mes de marzo 2024, se obtuvieron muestras de las especies *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* por triplicado de parcelas de aproximadamente 1.5 x 1.5 m de bajos inundables del establecimiento “El Grillo”, Partido de Tapalqué, provincia de Buenos Aires, Argentina (36° 34' 18" S y 60° 05' 21" O). El material recolectado corresponde a la biomasa aérea (tallos más hojas e inflorescencias) representativo de lo que los bovinos consumen en pastoreo en este momento del año (otoño). Luego de ser embolsadas y rotuladas, se trasladaron hacia el Laboratorio de evaluación de alimentos para uso animal (LEAA) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias (UCA) para su análisis.

El primer paso del procesamiento de las muestras consistió en el acondicionamiento de las mismas, eliminando malezas y cuerpos extraños (ver Figura 8 A). Posteriormente fueron colocadas en bandejas de aluminio (previamente taradas) registrando el peso de la biomasa recolectada en cada caso y se procedió a determinar el porcentaje de materia seca colocándolas en una estufa con aire forzado a 65°C hasta llegar a peso constante. Luego, las muestras de cada especie y de cada sitio de extracción fueron molidas a 2 mm en un molino tipo Willey y conservadas en estufa a 65°C.



Fig. 8 A y B– A: Acondicionamiento de las plantas recolectadas de *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus*; B: Peso de las muestras luego del secado para la determinación de materia seca.

Para la determinación de fibra detergente neutro (FDN), se pesaron 0,5 gr de cada muestra por duplicado en bolsitas filtrantes (Ankom F57) (ver Figura 9). Estas se colocaron dentro de los equipos Ankom (Modelo 220 Ankom Tech, Fairport, USA) a 100 °C durante 1 h y 15' (ver Figuras 10 y 11), utilizando alfa-amilasa en la determinación y sulfito de sodio (Na), según Van Soest et al. 1991 (ver Figuras 12 y 13).



Fig. 9 - Bolsas filtrantes Ankom F57 identificadas con 0,5 g de muestra y selladas.



Fig. 10 - Foto del equipo ANKOM 220 – Fiber Analyzer



Fig. 11 – Detalle del equipo Ankom con las bolsitas previo al agregado de la solución detergente neutro.

Una vez finalizado el tiempo, se realizaron tres lavados de 5 minutos cada uno, con agua destilada caliente agregando 4 ml de alfa-amilasa solamente en los dos primeros lavados.



Fig. 12 - Solución FDN junto a Na₂SO₃



Fig. 13 - Alfa-amilasa

Una vez completados los lavados, se procedió a escurrir levemente las muestras y colocarlas en un vaso de precipitado de 250 ml con el agregado de acetona durante 3 minutos. Pasado este tiempo, se retiran de la acetona y se dejan secar sobre una bandeja en estufa a 65°C.

La evaluación de fibra detergente ácido (FDA) se hizo en forma secuencial sobre las bolsitas secas de FDN, es decir, después de haber terminado la medición de FDN se utilizaron las mismas muestras para determinar FDA. Las muestras se colocan dentro del equipo Ankom durante 1 h a 100 °C con el agregado de solución detergente ácido. Terminado ese tiempo se realizan tres lavados de 5 minutos cada uno con agua destilada caliente y se las deja secar sobre una bandeja en estufa a 65°C (ver Figura 14).



Fig.14 – Aspecto general de las muestras luego de la extracción secuencial con solución de detergente ácido.

El porcentaje de proteína bruta (PB) de las muestras se determinó por el método de Kjeldahl (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales [AOAC], 2001). En esta metodología se realiza primero una digestión de la muestra a alta temperatura con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 95-98%) y un catalizador (sulfato de cobre CuSO_4) (ver Figuras 15, 16 y 17), con el fin de descomponer la materia orgánica y convertir el nitrógeno en NH_4^+ . Una vez terminada la digestión se deja que los tubos se vayan enfriando hasta temperatura ambiente (ver Figura 18). Posteriormente, se agregará H_2O destilada y se neutralizará con hidróxido de sodio (NaOH 40% p/p) para obtener NH_3 que es arrastrado con vapor de agua y destilado en una solución de ácido bórico (H_3BO_3 2%w/v) (ver Figura 19). Luego, empezará la etapa de titulación con ácido sulfúrico 0.5 N (H_2SO_4 0.5 N) hasta alcanzar un punto final determinado por un indicador de pH (ver Figura 20). Se calcula la cantidad de nitrógeno total presente a partir del volumen del ácido consumido y se asume que todas las proteínas tienen 16% de N_2 , por lo que se usa el factor de conversión de 6,25.



Fig. 15 - Pesaje del catalizador



Fig. 16 - Agregado del ácido
sulfúrico concentrado (H_2SO_4 98%)

sobre las muestras y el catalizador
con el uso de una pipeta automática



Fig.17 - Digestión de las muestras en un equipo
de digestión y trampa de gases (Buchi 412 y
435).

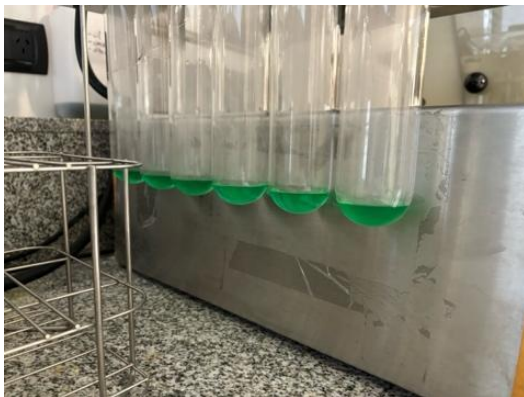


Fig. 18 - Etapa de enfriamiento



Fig. 19 - Destilación



Fig. 20 - Titulación

4. Resultados y discusión:

En este estudio la variable independiente fue cada especie evaluada (*Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus*), mientras que la variable dependiente correspondió a cada uno de los parámetros analizados.

Previo a la comparación entre especies, se evaluaron los supuestos requeridos para la aplicación de análisis paramétricos. Se realizaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) de manera independiente para cada especie, y pruebas de homocedasticidad (Levene) entre especies, para cada uno de los parámetros analizados: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosas (por diferencia, $HEM = FDN - FDA$).

Dado que todos los parámetros analizados cumplieron con los supuestos requeridos para la aplicación de pruebas paramétricas, se procedió a utilizar análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la existencia de diferencias significativas entre *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus*. La verificación de normalidad se realizó mediante el test de Shapiro-Wilk aplicado de forma independiente a cada especie, mientras que la

homogeneidad de varianzas se comprobó mediante el test de Levene. En ambos casos, se consideró que el supuesto correspondiente se cumplía cuando el valor de significancia fue superior a 0,05.

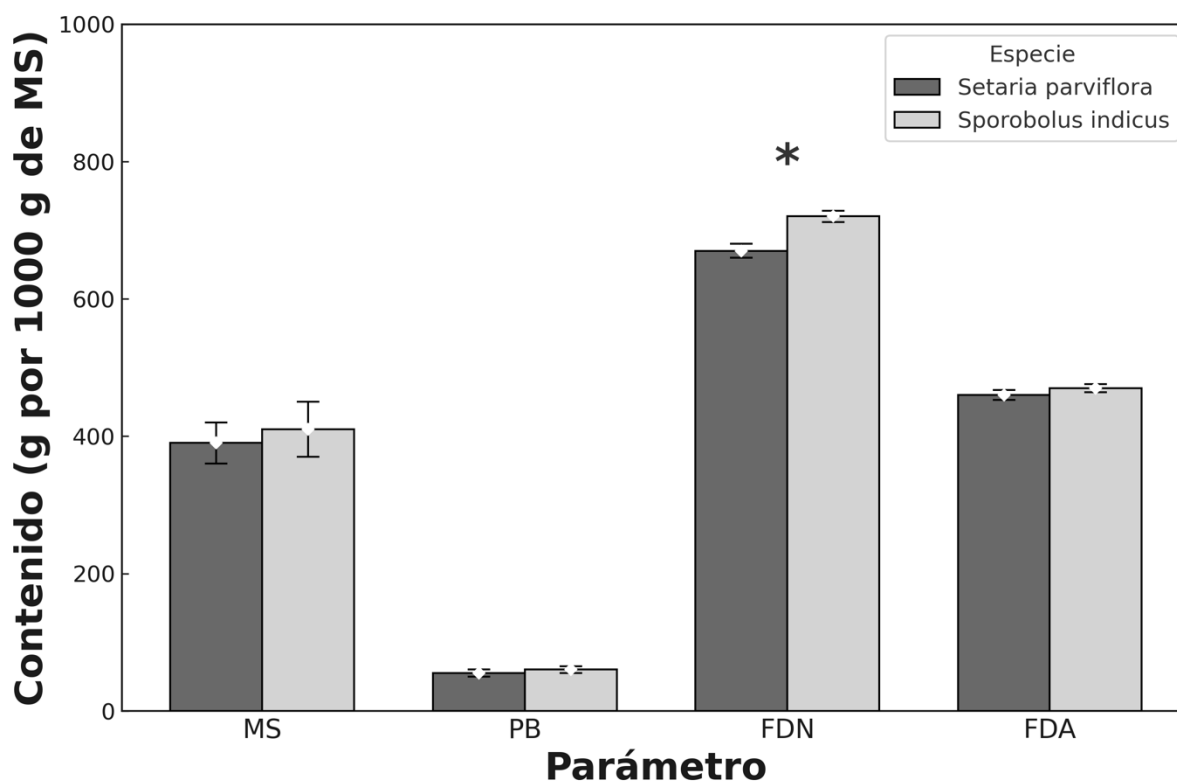


Gráfico 1. Comparación de los parámetros nutricionales de *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* en otoño en suelos inundables de la Cuenca del Salado. Las barras muestran los valores medios de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), expresados en g por 1000 g de MS. Las líneas indican la media $\pm$ desvío estándar (DE). * indica diferencias significativas entre especies ($p < 0.001$ para FDN).

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que no se observaron diferencias significativas entre ambas especies en los contenidos de materia seca (MS), proteína bruta (PB) ni fibra detergente ácido (FDA) ($p > 0,05$ en todos los casos), mientras que sí se detectaron diferencias altamente significativas en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) ($p < 0,001$).

En cuanto a la calidad forrajera relativa, *S. parviflora* ha sido caracterizada como una gramínea de valor moderado en ambientes inundables, en parte por presentar una menor proporción de fibra estructural en comparación con *Distichlis spicata*, especie que puede alcanzar FDN cercanas a 750 g/1000 g MS y FDA en torno de 320 g/1000 g MS en otoño, tanto en bajo dulce como en bajo salino (Rodríguez Molle, 2022). Dentro del mismo sistema, y al comparar con gramíneas de loma o media loma como *Paspalum notatum*, los rangos se vuelven más próximos: se han reportado valores de FDN entre 700–780 g/1000 g MS y FDA entre 400–500 g/1000 g MS para *Paspalum* en estados avanzados del ciclo, asociados a la caída de calidad propia del fin de la estación (León, Burkart & Movia, 1979; Otondo et al., 2014). Bajo

este marco comparativo, *S. parviflora* se posiciona como una gramínea C4 de valor nutritivo intermedio, superior a *Distichlis laxiflora* en términos de FDN y FDA (Fernandez et al., 2024), y dentro del rango esperado para *Paspalum notatum* de la Cuenca del Salado.

Aunque no se observaron diferencias significativas en el contenido de PB, los valores registrados ($59,1 \pm 1,8$ g/1000 g MS para *S. parviflora* y $54,6 \pm 1,6$ g/1000 g MS para *S. indicus*) se ubicaron por debajo del umbral mínimo del 7% necesario para sostener la flora ruminal activa (Van Soest, 1994). Esto es consistente con gramíneas C4 en estados fenológicos avanzados, donde la senescencia reduce la fracción celular y, por ende, la concentración proteica.

Respecto de la fibra detergente ácido (FDA), los promedios fueron muy similares entre especies ($468,1 \pm 20,4$ g/1000 g MS en *S. parviflora*; $461,7 \pm 8,6$ g/1000 g MS en *S. indicus*; $p > 0,05$). Dado que la FDA se asocia inversamente con la digestibilidad, no se esperarían diferencias en el coeficiente de digestibilidad entre ambas especies. Utilizando la ecuación $\%DDM = 88,9 - 0,779 \times FDA$ (Rohweder et al., 1978), las digestibilidades estimadas fueron 52,4 % y 52,9 %, respectivamente.

Asimismo, la literatura regional muestra que especies de ambientes similares, como *Lotus tenuis*, presentan valores de FDA considerablemente más bajos ($\approx 15\text{--}17\%$ MS), mientras que *Distichlis spicata* y *D. laxiflora* registran FDA intermedias (28–32% MS) según ambiente y estación (Rodríguez Molle, 2022; Fernandez et al., 2024; De Palma Portela, 2025), lo que reafirma que las especies estudiadas se comportan como gramíneas C4 de alta proporción de pared celular hacia el fin del ciclo.

La estimación de hemicelulosa mostró valores medios de $216,1 \pm 35,1$ g/1000 g MS para *S. parviflora* y $266,5 \pm 8,3$ g/1000 g MS para *S. indicus*. Aunque la diferencia no fue significativa, la tendencia sugiere que el mayor contenido de FDN en *S. indicus* podría deberse parcialmente a una mayor proporción de hemicelulosas. Este componente, pese a ser parcialmente digestible, incrementa el volumen ruminal, pudiendo reducir el consumo voluntario.

En cuanto a la materia seca (MS), las especies presentaron valores comparables entre sí ($p = 0,668$) y coherentes con gramíneas C4 en estados avanzados del ciclo otoñal (389–410 g/1000 g MS). Comparadas con otras especies de la Cuenca del Salado, los valores coinciden con lo reportado para *Paspalum notatum* y *Bothriochloa laguroides*, las cuales incrementan su MS hacia el final del ciclo por acumulación de tejido estructural (Otondo et al., 2014). En contraste, *Lotus tenuis* —leguminosa dominante en ambientes bajos— presenta menores contenidos de MS y de componentes de pared menos degradables, en consonancia con su mayor calidad nutricional. De este modo, la MS de *Setaria* y *Sporobolus* se ajusta a las tendencias regionales para gramíneas estivales y no constituye el principal factor diferenciador entre ambas especies.

En conjunto, los resultados indican que las diferencias cualitativas en la oferta forrajera no se explican por la MS ni por el PB, sino por las fracciones estructurales de la pared celular, particularmente la

FDN. Esto concuerda con lo reportado por Jung & Allen (1995), quienes señalan que la FDN es el principal determinante de la digestibilidad y del consumo voluntario, más allá del contenido absoluto de nutrientes.

5. Conclusión

El manejo sustentable de los pastizales en bajos inundables de la Cuenca del Salado depende en gran medida del conocimiento detallado de la composición química de las especies forrajeras a lo largo de su ciclo de crecimiento. En las especies C4 el periodo otoñal constituye una etapa en la que se concentran importantes cambios estructurales y nutricionales. En este estudio, *Setaria parviflora* y *Sporobolus indicus* mostraron un comportamiento similar en cuanto a materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente ácido (FDA), sin diferencias estadísticas entre especies. Sin embargo, se detectaron diferencias significativas en el aporte de fibra detergente neutro (FDN), con valores mayores en *S. indicus*, lo cual tiene implicancias directas sobre el consumo voluntario y, por ende, sobre el aprovechamiento animal.

Las digestibilidades estimadas a partir de FDA fueron muy similares entre especies (≈ 52 – 53 %), lo que indica que la digestibilidad intrínseca del material no difiere sustancialmente entre ambas. En cambio, la fracción de hemicelulosas —calculada como diferencia entre FDN y FDA— mostró valores de 199,7 g/kg MS en *Setaria parviflora* y 266,0 g/kg MS en *Sporobolus indicus*. Esta diferencia de aproximadamente 66 g/kg MS adicionales en *Sporobolus* sugiere que parte del incremento de FDN en esta especie se debe a una mayor proporción de hemicelulosas, componente parcialmente digestible que contribuye al llenado ruminal. Dado que niveles elevados de hemicelulosa pueden incrementar el volumen físico del contenido digestivo y limitar el consumo voluntario, este patrón es consistente con el menor potencial de consumo esperado para *S. indicus* respecto de *S. parviflora*.

Los contenidos de PB de ambas especies se encuentran por debajo del umbral requerido para sostener la flora ruminal (7%), lo cual reflejan la disminución habitual de la calidad en gramíneas C4 durante estados fenológicos avanzados. En este punto, la integración de leguminosas como *Lotus tenuis*, naturalizada en ambientes bajos y con mayor concentración proteica y menor pared celular, aparece como una alternativa eficiente para mejorar la dieta del rodeo y complementar el aporte estructural de las gramíneas.

Asimismo, cuando los resultados se comparan con otras especies representativas de la Cuenca del Salado, *S. parviflora* se posiciona como una gramínea de valor nutritivo intermedio: presenta menor proporción de FDN que *S. indicus*, valores similares de FDA a los hallados en *Paspalum notatum* y *Bothriochloa laguroides* en estados tardíos, y mayor proporción de pared celular que *L. tenuis*. Este patrón, consistente con tendencias regionales, indica que la diferencia cualitativa clave entre las dos gramíneas estudiadas radica en la fracción estructural de la pared celular, particularmente la FDN, y no en la MS, PB o FDA.

En síntesis, *Setaria parviflora* constituye una opción forrajera algo más ventajosa que *Sporobolus indicus* durante el otoño, principalmente por su menor contenido de FDN y el consecuente potencial de consumo. No obstante, ambas presentan limitaciones proteicas que deben considerarse al planificar la carga animal y la temporada de uso. La integración estratégica de estas especies con leguminosas y otras

gramíneas del pastizal permitiría mejorar la oferta forrajera y sostener la productividad en campos con restricciones edáficas.

Finalmente, se recomienda profundizar la evaluación de *S. parviflora* y *S. indicus* en diferentes estadios fenológicos y condiciones de manejo, así como avanzar en estudios que incorporen producción de biomasa y dinámica de crecimiento, a fin de afinar decisiones de manejo y fortalecer estrategias de conservación y uso racional de los pastizales naturales de la Cuenca del Salado.

Bibliografía

- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. (2001). Método oficial 2001.11: Determinación de proteína (cruda) en alimentos para animales, forrajes (tejido vegetal), granos y semillas oleaginosas. En *Métodos oficiales de análisis de AOAC Internacional*.
- Bonfim Silva, E. M., Silva, T. J. A., de Carvalho, J. D., & de Souza, H. A. (2015). Produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(2), 177–183.
- Burkart, A. (1969). *Flora ilustrada de Entre Ríos (Vol. 1)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Cabrera, A. L., & Zardini, E. M. (1978). *Flora de la provincia de Buenos Aires (Parte I)*. INTA.
- Cano, C. (2014). *Pastizales naturales de la región pampeana: Composición florística y manejo*. ICP – Pastizales del Sur.
- De Palma Portela, M. (2025). Comparación de parámetros nutritivos de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado durante el verano [Trabajo final de graduación, Pontificia Universidad Católica Argentina]. UCA Repositorio Institucional.
- Dekker, J. (2003). The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Science*, 51(5), 641–656.
<https://doi.org/10.1614/P2002-005>
- Denham, S. S., & Aliscioni, S. S. (2011). Revisión taxonómica del género *Sporobolus* R. Br. (Poaceae: Chloridoideae: Zoysieae) para Argentina. *Darwiniana*, 49(1), 27–70.
<https://doi.org/10.14522/darwiniana.2011.49.1.125>
- Deregibus, V. A., & Cahupé, M. A. (1983a). Estrategias de manejo de los recursos forrajeros en campos naturales de la región subhúmeda pampeana. INTA.
- Deregibus, V. A., & Cahupé, M. (1983b). Pastizales naturales de la Depresión del Salado: Utilización basada en conceptos ecológicos. *Revista de Investigación Agropecuaria, RIA-INTA*, 18(1), 47–78.
- Fernández, P. V., Vago, M. E., Ezquiaga, J. P., Maiale, S., Rodríguez, A., Acosta, J. M., Ruiz, O. & Ciancia, M. (2024). Cell wall composition and nutritional quality through seasons of the saltgrass *Distichlis laxiflora* growing in halophytic and mesophytic meadows. *Plant Stress*, 13, 100519.
- Fernández Greco, L. C. (1999). Los pastizales naturales de la provincia de Buenos Aires: Composición florística, estructura y productividad. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.
- Fernández Greco, R. (1999). Principios de manejo de campo natural (2.ª ed.; Materiales Didácticos N.º 9). CERBAS-INTA Balcarce.
- Fernández Greco, R., & Viviani Rossi, E. (1997). Guía de reconocimiento de especies de campo natural (2.ª ed.; Materiales Didácticos N.º 13). CERBAS-INTA Balcarce.

- Fernández Greco, R., Agnusdei, M., & Scheneiter, G. (2015). *Productividad de festuca alta en la región pampeana*. INTA.
- Flora del Conosur. (2024). *Setaria parviflora* (Poir.) Kerguélen. Instituto de Botánica Darwinion (CONICET). <http://www.darwin.edu.ar>
- Gould, F. W. (1965). *The grasses of Texas*. Texas A&M University Press.
- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2774–2790. <https://doi.org/10.2527/1995.7392774x>
- Kogan, M., & Pizarro, R. (1994). *Malezas de importancia en los agroecosistemas sudamericanos* (Serie de Estudios FAO: Producción y Protección Vegetal N.º 120). FAO.
- León, R. J. C. (1975). Composición florística, estructura y productividad primaria del pastizal de la Pampa Deprimida. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA*, 12(2), 55–77.
- León, R. J. C., Burkart, S., & Movia, C. (1979a). Relevamiento fitosociológico del pastizal del norte de la Depresión del Salado (Serie Fitogeográfica N.º 17). INTA.
- León, R. J. C., Anchustegui, J. M., & Lemcoff, J. H. (1979b). Tipificación y evaluación de los pastizales naturales de la Cuenca del Salado (Pcia. de Buenos Aires). INTA, EEA Balcarce.
- León, R. J. C., Soriano, A., & Sala, O. E. (1985). Ecología del pastizal: Composición, estructura y dinámica. En O. E. Sala (Ed.), *Bases ecológicas para el manejo del pastizal* (pp. 11–34). Hemisferio Sur.
- Mislevy, P., Martin, F. G., & Hall, D. W. (2002). West Indian dropseed/giant smutgrass (*Sporobolus indicus* var. *pyramidalis*) control in bahiagrass (*Paspalum notatum*) pastures. *Weed Technology*, 16, 707–711.
- Moerman, D. E. (1998). *Native American ethnobotany*. Timber Press.
- Muthamilarasan, M., & Prasad, M. (2017). *Setaria* as a model plant system for translational research in bioenergy and food security. *Plant Cell Reports*, 36(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2165-5>
- Oliveira de Araujo, C. C., Silva, E. F. F., Pereira, M. G., et al. (2020). Physiological and agronomic performance of *Setaria* spp. in low-fertility soils. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(1), e7632. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a7632>
- Otondo, J., Cicchino, A., Melani, A., & Jacobo, E. (2014). Efecto de la frecuencia de corte en la calidad de diferentes pasturas en la Cuenca del Salado. En *Experiencias prácticas sobre ganadería en el territorio Centro Sur de Buenos Aires*. INTA Ediciones.
- Parsons, W. T., & Cuthbertson, E. G. (2001). *Noxious weeds of Australia* (2nd ed.). CSIRO Publishing.
- Peña Zubiate, C., Gutiérrez, C., & Ferrer, M. C. (2008). *Gramíneas de las regiones áridas del Cono Sur*. INTA.
- Pérez, C. A., Bertiller, M. B., & Carrera, A. L. (2009). *Pastizal natural como base forrajera en la Cuenca del Salado*. INTA.

- Rodríguez, A. M., & Jacobo, E. (2012). *Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la pampa deprimida: Buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: Kit de extensión para las pampas y campos* (F. O. Miñarro & P. Preliasco, Eds.; 1.^a ed.). Fundación Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas AOP. ISBN 978-950-9427-23-5
- Rodríguez Molle, M. (s. f.). *Comparación de los aspectos nutritivos de Lotus tenuis y Distichlis spicata creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado durante el otoño* [Trabajo final de graduación, Pontificia Universidad Católica Argentina]. UCA Repositorio Institucional.
- Shay, J., & Nicholas, T. (2022). Adaptability and forage value of *Sporobolus indicus* in temperate and subtropical grazing systems. *Journal of Rangeland Science*, 12(3), 245–256.
<https://doi.org/10.22059/jrs.2022.333099.820>
- Shay, N. J., Baxter, L. L., Basinger, N. T., Schwartz, B. M., & Belcher, J. (2022). Smutgrass (*Sporobolus indicus*) control in bahiagrass is improved with applications of herbicide and fertilizer. *Weed Technology*, 36(5), 700–707. <https://doi.org/10.1017/wet.2022.73>
- Thornhill, R., & Dekker, J. (1993). Mutant weeds of Iowa: V. S-triazine resistant giant foxtail (*Setaria faberii* Hermm.). *Journal of the Iowa Academy of Science*, 100, 13–14.
- USDA-NRCS. (2021). *Plants profile for Setaria parviflora (knotroot bristleggrass)*. United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service. <https://plants.usda.gov>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.
- Vázquez, P., & Rojas, M. (2006). *Zonificación agro-ecológica del área de influencia de la EEA Cuenca del Salado* (Publicación Técnica N.º 2).
- Yanovsky, E. (1936). *Food plants of the North American Indians* (USDA Miscellaneous Publication 237). U.S. Government Printing Office.

Anexos:

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

Parámetro	Setaria (p)	Sporobolus (p)
MS	0.5371	0.0061
PB	0.8308	0.5217
FDN	0.2351	0.3701
FDA	0.9810	0.1783

Tabla 1. Prueba de normalidad

Prueba de homocedasticidad (Levene)

Parámetro	Valor p (Levene)
MS	0.7188
PB	0.3622
FDN	0.2975
FDA	0.3601

Tabla 2. Prueba de homocedasticidad

Tabla ANOVA

Parámetro	Valor F	Valor p
Materia seca (MS)	0.214	0.668
Proteína bruta (PB)	0.352	0.585
Fibra detergente ácido (FDA)	0.247	0.645
Fibra detergente neutro (FDN)	295.7	< 0.001

Tabla 3. ANOVA

		MS (g/1000g)	PB (g/1000gMS)	FDN (g/1000gMS)	FDA (g/1000gMS)	Hemicelulosas (g/1000gMS)
Setaria parviflora	7028	420.3	57.1	668.2	488.3	179.9
	7029	397.2	59.7	668.4	468.3	200.1
	7030	339.5	58.2	666.9	447.6	219.3
Sporobolus indicus	7031	363.7	61.4	720.9	456	264.9
	7032	364.2	55.7	729.9	457.6	272.3
	7033	500.6	53.5	732.2	471.6	260.6

Tabla 4. Datos obtenidos

Estimaciones:

Promedios ($\pm DE$)

- FDN: *Setaria* 667.8 ± 0.8 g/kg (66.8 %), *Sporobolus* 727.7 ± 6.0 g/kg (72.8 %).
- FDA: *Setaria* 468.1 ± 20.4 g/kg (46.8 %), *Sporobolus* 461.7 ± 8.6 g/kg (46.2 %).

Digestibilidad estimada ($DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF\%$)

- *Setaria*: $88.9 - 0.779 \times 46.8 \approx 52.4$ %
- *Sporobolus*: $88.9 - 0.779 \times 46.2 \approx 52.9$ %

Consumo potencial ($DMI = 120/NDF\%$)

- *Setaria*: $120/66.8 \approx 1.80$ % PV
- *Sporobolus*: $120/72.8 \approx 1.65$ % PV