

Perfil mineral en los pastizales de *Andropogon lateralis* y *Sorghastrum setosum* (Gramineae) en Corrientes, Argentina

Mineral profile grassland of *Andropogon lateralis* and *Sorghastrum setosum* (Gramineae) in Corrientes, Argentina

Aldo C. Bernardis ¹, Roxana Villafañe ², Roberto G. Pellerano ³, Eduardo Marchevky ⁴

Originales: *Recepción*: 08/07/2015 - *Aceptación*: 25/04/2016

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición florística y el aporte de minerales a la dieta animal para la producción de carne bovina de los pastizales de *Andropogon lateralis* Nees (PAL) y *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. (PSS), analizados mediante espectrometría ICP-AES en dos series de suelo de la provincia de Corrientes, Argentina. El mayor aporte de materia seca lo realizan *A. lateralis* y *S. setosum*. El aporte de leguminosas es bajo. El perfil de elementos minerales esenciales, probablemente esenciales y los de función incierta, cubren parcialmente los requerimientos del ganado bovino productor de carne, excepto para Mn. Las relaciones entre elementos, Ca/P, Na/K (mEq), Cu/Mo y Cu/Fe son aceptables. Las relaciones K/Mg, K/Ca+Mg (mEq) y Na/Mg (mEq) no son adecuadas, pues existe deficiencia de Mg.

Palabras clave

Andropogon lateralis • composición florística • *Sorghastrum setosum* • aporte de minerales • espectrometría ICP-AES • Psamacuentes sódicos • Psamacuentes típicos

-
- 1 Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Sgto Cabral 2131, 3400 Corrientes, Argentina. aldobernardis@yahoo.com.ar - qaaber@agr.unne.edu.ar
 - 2 Becaria CONICET
 - 3 Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FCENA). Av. Libertad 5460, 3400. Corrientes, Argentina.
 - 4 Universidad Nacional de San Luis (UNSL), Facultad de Química Bioquímica y Farmacia, Área Química Analítica, CONICET.

ABSTRACT

The goal of this work was to determine the floristic composition and the mineral contribution of *Andropogon lateralis* Nees (PAL) and *Sorghastrum setosum* (PSS) pastures, in the animal diet for the production of beef, analyzed by ICP-AES spectrometry in two series of soils from the Province of Corrientes, Argentina. The greatest contribution of dry raw matter is provided by *A. lateralis* and *S. setosum*. The contribution of legume is low. The profile of essential mineral elements, probably essential ones and of those of uncertain function, partially fulfill the meat producer cattle requirements. The elemental ratios Ca/P, Na/K (mEq), Cu/Mo and Cu/Fe, are acceptable. The K/Mg, K/Ca+Mg (mEq) and Na/Mg (mEq) ratios are not adequate, and there is Mg deficiency.

Keywords

Andropogon lateralis • floristic composition • *Sorghastrum setosum* • mineral contribution • ICP-AES spectrometry • Spodic Psamacuentes • Typical Psamacuentes

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales constituyen la base forrajera de la producción bovina, ovina y equina de la región Nordeste de la Argentina (NEA).

La importancia de los pastizales es de gran magnitud y está dada en aspectos ambientales, sociales y económicos. Estos son evaluados a través de indicadores de sustentabilidad (37).

La disponibilidad y calidad de la biomasa forrajera, definen el tipo de ganadería que prevalece en la misma.

Una característica de estos pastizales es que están compuestos por especies megatérmicas con alta capacidad fotosintética (C4), de porte alto con mayor eficiencia en el uso del agua, ligero crecimiento estival, producto del incremento de la temperatura, precipitaciones y horas luz. La tasa de crecimiento disminuye en otoño e invierno. La calidad decae rápidamente (6, 7).

El estado fenológico de los pastizales influye sobre el contenido de proteína y de minerales en los mismos: en las primeras fases del crecimiento el contenido de

minerales es alto, luego decrece en forma gradual a medida que la planta madura.

P, Fe, Zn, Co y Mo son los elementos que presentan mayor disminución durante el proceso fisiológico de crecimiento y maduración (3).

El contenido de proteínas y de energía son los factores más importantes que influyen en la nutrición de los animales. Para maximizar la producción ganadera los requerimientos nutricionales son cada vez más altos, pero su aporte se vuelve ineficiente cuando no se tiene en cuenta su interacción con los minerales (40).

La mayoría de estos pastizales no cubren las necesidades de minerales. Existe evidencia que indica que los minerales regulan la salud de los grandes herbívoros (47).

La baja disponibilidad de minerales en el suelo afecta al contenido de elementos minerales en el tejido vegetal (41).

Para la producción ganadera una limitante es la inadecuada nutrición mineral, que puede manifestarse por problemas de deficiencia, toxicidad o desbalances minerales (11).

Los requerimientos de minerales dependen de la edad de los animales, raza, tipo y nivel de producción (22).

Se consideran como minerales esenciales al P, Ca, Mg, Na, Cl, K, Fe, Zn, Cu, Co, Mo, Mn, Y, Se, Cr y S; probablemente esenciales son F, Li, Si, V, Ni, As, Pb, Sn, Cd, B, Al, Br, Ba, Er y Ti; y con función incierta se incluyen al Ge, Sb, Cs, Th, Tl, Be, Bi, U, Zr, Ag, Sc y Ga (34, 35).

En varias regiones del mundo han sido reportados deficiencias y excesos de elementos minerales en bovinos.

En el NEA se conocen algunos problemas de carencias minerales limitantes para la producción (1, 3, 28, 29, 30, 40). Los minerales deben estar presentes en cantidades adecuadas y equilibradas en la alimentación de los bovinos, su déficit o exceso puede ocasionar cuantiosas pérdidas en los rodeos. Esto está directamente relacionado con la obtención en el forraje de elementos minerales disponibles, necesarios para cubrir las demandas fisiológicas de los animales (6).

En las condiciones tropicales los elementos minerales que tienen una mayor probabilidad de escasear son P, Ca, Na, Co, Cu, I, Se, Zn y en menor medida el Mg, K, Fe y Mn pueden ser deficientes. Por su parte, F y Mo si se encuentran en exceso son extremadamente perjudiciales (20).

Diversos autores señalan que es necesario mejorar el conocimiento sobre el contenido mineral de las distintas áreas ganaderas a fin de aplicar prácticas que permitan mejorar las respuestas productivas y reproductivas de los sistemas ganaderos (4, 6, 13, 15).

Objetivo

Determinar la composición florística y el aporte de minerales a la dieta animal para la producción de carne bovina de los pastizales de *A. lateralis* y *S. setosum*, en dos series de suelo de la provincia de

Corrientes, Argentina.

Hipótesis

Las especies dominantes aportan la mayor proporción de materia seca en cada pastizal.

Los pastizales de PAL y PSS suministran diferentes concentraciones de elementos minerales a la dieta de bovinos productores de carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio

El experimento se condujo en la región occidental de la provincia de Corrientes, República Argentina, en los Departamentos San Cosme, General Paz, San Miguel y San Roque. El área de referencia, se encuentra entre los paralelos 27°20' y 28°21' de latitud Sur; los meridianos 57°12' y 58°41' longitud Oeste, entre 60 y 72 m s. n. m. Según el mapa de suelos de la provincia de Corrientes (14), pertenece a dos regiones: a la Región de Albardón y planicie subcónica del Río Paraná y afluentes y a la Región de las lomadas arenosas, planicies y depresiones. La temperatura media es de 20,5°C a 21,5°C y la precipitación es de 1346,1 mm anuales.

Se identificaron en el área de referencia dos Series de suelo, que corresponden al Orden Entisoles, Suborden Acuentes, Gran Grupo Psamacuentes, Sub grupo Psamacuentes spódicos, arenosa, mixta: Serie Chavarría (SSC) y Subgrupo Psamacuentes típicos, arenosa, mixta: Serie Pampín (SSP) (14).

La SSC constituye una de las Series de mayor distribución y superficie dentro de la provincia de Corrientes.

El relieve es normal y se ubica en planicies arenosas pardo amarillentas, en posición de media loma a media loma

baja, con pendientes de 1 a 1,5%, con escurrimiento lento, la permeabilidad es moderadamente lenta y el drenaje es imperfecto a moderado. Son suelos pocos profundos (0,60 m) de muy baja fertilidad, con escaso tenor de materia orgánica.

La SSP se ubica en relieve normal, posición de loma, con pendientes de 1 a 1,5%. Son suelos profundos y de baja fertilidad, compuestos por un manto arenoso de 1,20 m de espesor.

El principal uso de estas series de suelos es el campo natural y conforman los pastizales, definidos como una porción de superficie donde predominan especies herbáceas, muchas de ellas apetecidas por el ganado, consideradas espontáneas, naturales del lugar; y no hay especies introducidas.

Se destinan a la ganadería extensiva y para la forestación de bosques cultivados con especies de pino y eucalipto. Cuando se mejoran las condiciones de drenaje y fertilidad se los utiliza para agricultura. Se ubica en la Clase IVw y el Índice de Productividad es de 16 (14).

Muestras vegetales

Los pastizales se caracterizan por presentar una especie dominante y de mayor participación en la producción de biomasa aérea y un conjunto de otras especies acompañantes que integran el tapiz vegetal. Así surgen los nombres de los pastizales de *A. lateralis* "Paja colorada", "Capii pyta" (PAL) y pastizales de *S. setosum* "Paja amarilla", "Pasto indio" (PSS).

Considerando la utilización por el ganado los pastizales están integrados por un conjunto de especies deseables, intermedias e indeseables (6, 19).

La distribución de los PAL no está relacionada con el tipo de suelo (16). Los PSS se encuentran en áreas bajas, anegadizas, de suelos arenosos.

El área de mayor presencia es la región de los malezales. Forma grandes poblaciones casi puras o se asocia con "paja colorada" y numerosos géneros de ciperáceas (16).

Con la información del mapa de suelos de la provincia de Corrientes, Argentina e imágenes satelitales, en el área de estudio se identificó cuatro sitios con una superficie de 3 ha cada uno. La SSC en las localidades de Ramada Paso y San Miguel y la SSP en las localidades de Paso Florentín y Paso Naranjito. En cada sitio se localizó los PAL y los PSS. A fin de homogeneizar la vegetación, se realizó clausuras 3 meses antes de la toma de las muestras.

En cada sitio y tipo de pastizal a partir de un punto se tomaron al azar, en forma de zig-zag, sobre una transecta de 100 m de longitud y con el auxilio de un marco de 1,00 x 1,00 m. Se colectó 10 muestras de la parte aérea de las especies forrajeras del tapiz, cortando con una tijera a una altura de 2 cm sobre el suelo. Se eliminó el material muerto encontrado.

Las muestras fueron tomadas en el período estival y el estado fenológico fue al comienzo de la floración. Las muestras se llevaron al laboratorio y se determinó el porcentaje de la composición florística de la biomasa forrajera en base al peso seco (19).

Parte del material vegetal fue estabilizado en estufa de aire forzado a 65°C hasta humedad higroscópica (peso constante), molido con molino a cuchillas provisto de tamiz de 0,5 mm. De cada una se tomó 0,5 g de muestra, que fue puesto en crisol de porcelana, cubierto y carbonizado durante 1 h por ignición suave a 500°C y luego enfriado. Se le añadió 15 ml de ácido clorhídrico, 10 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido perclórico, llevando luego a volumen de 50 ml y agitando energicamente; los reactivos usados fueron de pureza analítica.

Las concentraciones de los elementos minerales fueron determinadas mediante espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), usando un espectrómetro Varian Vista-PRO radial, a 167-785 nm, con calibración automática y periódica.

Diseño experimental

El diseño experimental para la toma de muestras fue de bloques completos al azar con diez repeticiones. Los tratamientos corresponden a las series de suelo (SSC y SSP) y a los PAL y PSS. El modelo estadístico utilizado para el análisis de los datos fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{bloque}_i + \text{pastizal}_j + \text{serie}_k + \text{pastizal}_j \times \text{serie}_k + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = variable dependiente.

μ = media de Y (variable dependiente).

bloque_i = efecto fijo del i-ésimo bloque o repetición.

pastizal = el efecto del j-ésimo pastizal (tratamiento), ($j=1, \dots, b$).

serie_k = efecto fijo de k-ésimo serie.

ε_{ij} = es el error residual.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANAVA) y comparación de medias por Test de Tukey con una significancia $p < 0,05$. La información se procesó utilizando InfoStat (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística

En la tabla 1 (pág. 208), se presenta la composición florística promedio de los PAL y PSS de acuerdo con el aporte en la producción de materia seca de cada una de las especies que conforman los pastizales, siendo las especies dominantes las que

contribuyen con la mayor parte de la biomasa aérea.

Las especies son de ciclo primavero-estivo-otoñal. El ANAVA demostró que existió interacción significativa entre pastizales y series de suelo.

Pastizales de *A.lateralis*

La especie dominante y de mayor participación en la producción de biomasa aérea, en las dos series de suelos, fue *A. lateralis*.

Desde el punto de vista forrajero, el principal aporte lo realizan las gramíneas; la familia de las ciperáceas aporta 3 a 4% de la materia seca, igual al aporte de la familia de leguminosas. No se encontró diferencia significativa del aporte de materia seca entre las series de suelos. Hack *et al.* (2009) reporta valores similares para pastizales del NEA.

Pastizales de *S. setosum*

La especie dominante y de mayor participación en la producción de biomasa aérea, en las dos series de suelos fue *S. setosum*. Estos resultados con pequeñas variaciones de la composición botánica de pastizales fueron reportados también por diversos autores (6, 8, 16, 18, 38).

Contenido de minerales

Las concentraciones de elementos minerales de la materia seca no presentaron interacción entre serie de suelo y tipo de pastizal. Existieron diferencias significativas del contenido de elementos minerales entre pastizales (tabla 2, pág. 209).

Con relación a las series de suelo, las concentraciones de los elementos P, Ca y Mg de la biomasa de ambos pastizales no presentaron diferencias significativas.

Se obtuvo diferencias significativas para los contenidos de Na, Mn y Cu, que fueron mayores en la serie pampín en los dos pastizales.

Tabla 1. Porcentaje de composición florística promedio de los PAL y PSS en relación con la producción de materia seca para cada serie de suelo.**Table 1.** Percentage of average floristic composition of the PAL and PSS in relation to the production of dry matter for each series of soil.

Especies vegetales	% de composición florística de los pastizales de			
	<i>A. lateralis</i> (PAL)		<i>S. setosum</i> (PSS)	
	Series de suelos			
	Chavarría	Pampin	Chavarría	Pampin
<i>Andropogon lateralis</i>	58,1 ± 2,5 B	55,1 ± 3,2 b	11,2 ± 1,8 A	9,4 ± 0,9 a
<i>Sorghastrum setosum</i>	8,2 ± 0,7 A	7,0 ± 0,6 a	40,0 ± 2,1 B	35,1 ± 3,6 b
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	3,0 ± 0,3 A	5,9 ± 0,2 a	4,1 ± 0,3 B	8,0 ± 0,7 b
<i>Sporobolus</i> sp	6,0 ± 0,6 B	4,3 ± 0,3 a	4,5 ± 0,3 A	4,3 ± 0,2 a
<i>Axonopus</i> sp	3,1 ± 0,3 B	4,6 ± 0,2 a	3,9 ± 0,2 A	5,1 ± 0,3 b
<i>Setaria parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	2,3 ± 0,3 B	2,0 ± 0,2 a	1,1 ± 0,2 A	6,8 ± 0,8 b
<i>Sorghastrum nutans</i>	2,1 ± 0,2 A	1,1 ± 0,3 a	4,8 ± 0,4 B	6,7 ± 0,6 b
<i>Paspalum notatum</i>	2,2 ± 0,4 A	6,5 ± 0,8 a	3,1 ± 0,2 B	5,8 ± 0,3 a
<i>Desmodium incanum</i>	2,1 ± 0,3 A	1,2 ± 0,2 a	2,0 ± 0,1 A	2,0 ± 0,2 b
<i>Desmodium barbatum</i>	1,4 ± 0,2 B	3,0 ± 0,2 b	1,1 ± 0,1 A	1,9 ± 0,2 a
Ciperáceas	4,5 ± 0,5 A	4,2 ± 0,3 a	12,0 ± 0,9 B	3,9 ± 0,5 a
Otras especies	7,0 ± 0,8 A	5,1 ± 0,3 a	12,2 ± 0,8 B	11,0 ± 0,7 b

Los valores representan la media de 40 muestras por tipo de pastizal y el desvío estándar.

En la fila letras mayúsculas (minúsculas) distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Values represent the mean of 40 samples per pasture and standard deviation. In row uppercase letters (lowercase) distinct indicate significant differences ($p < 0.05$).

La concentración de Zn fue mayor en la serie pampin en PAL. Mientras que los contenidos de Fe y Co fueron mayores para la serie Chavarría en PAL.

Los valores de requerimientos y la concentración máxima tolerable indicada de los elementos minerales corresponden a la categoría bovinos de carne (35).

Minerales esenciales

Fósforo

El contenido de P de la materia seca no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$). No cubren el requerimiento de referencia (2600 mg kg⁻¹) (35). Estos valores confirman el déficit del contenido de P de los pastizales en la zona de muestreo (32).

Sanpedro (2002) obtuvo valores más altos (900 mg kg⁻¹) en pastizales del NEA y destaca la deficiencia de P en el forraje durante todo el año.

La fertilización con P del campo natural constituye una alternativa; Porta *et al.* (2008) obtuvieron incrementos del 17% del fósforo foliar en pastizales con agregado de 90 kg ha⁻¹ de P.

La deficiencia de P es la más frecuente a nivel mundial en rumiantes a pastoreo (43).

El déficit produce disminución en el crecimiento, deficiencia para alimentarse y disminución en la producción. Se recomienda la suplementación mineral con P cuando la concentración del mismo es inferior a 1400 mg kg⁻¹ en la materia seca del forraje (32).

Tabla 2. Contenido de minerales de la materia seca de los PAL y PSS. Requerimiento y concentración máxima tolerable para el ganado vacuno productor de carne.**Table 2.** Mineral content of the dry matter of the PAL and PSS. Requirements and maximum tolerable concentration for cattle meat producer.

ELEMENTO	LD mg.kg ⁻¹ ceniza	<i>A. lateralis</i> (PAL)	<i>S. Setosum</i> (PSS)	Requerimiento mg.kg ⁻¹ materia seca	Concentración Máx. tolerable mg.kg ⁻¹ materia seca
Elementos minerales esenciales					
Fósforo (P)	0,150	425,98 A	325,98 A	2600	10000
Calcio (Ca)	0,021	552,77 A	548,53 A	4000	20000
Magnesio (Mg)	0,060	257,63 A	224,81 A	2000	4000
Sodio (Na)	0,060	100,28 B	70,22 A	100	10000
Potasio (K)	0,450	2193,78 B	1419,35 A	7000	30000
Hierro (Fe)	0,012	29,92 A	36,46 A	50	1000
Zinc (Zn)	0,006	16,01 B	6,76 A	30	500
Cobre (Cu)	0,009	2,05 A	2,04 A	10	100
Cobalto (Co)	0,006	0,04 A	0,05 A	0,10	10
Molibdeno (Mo)	0,015	< 0,01	< 0,01	0,1	5-6
Manganeso (Mn)	0,003	57,45 A	94,20 B	40	1000
Iodo (I)	...	0,26 *	0,26 *	0,5	50
Selenio (Se)	0,150	< 0,09	< 0,07	0,10	2
Cromo (Cr)	0,012	< 0,01	< 0,01	1	1000
Azufre (S)	...	0,25 *	0,25 *	1500	4000
Fluor (F)	...	< 0,20 *	< 0,20 *	...	40
Cloro (Cl)	...	...	...	2000	24000
Elementos minerales probablemente esenciales					
Litio (Li)	0,006	2,69 B	2,06 A	...	...
Silicio (Si)	0,060	64,28 A	96,50 B	...	...
Vanadio (V)	0,009	0,11 A	0,09 A	...	...
Niquel (Ni)	0,030	0,02 A	0,02 A	1	50
Arsénico (As)	0,106	< 0,03	< 0,03	...	50
Plomo (Pb)	0,084	< 0,05	< 0,05	...	30
Estaño (Sn)	0,051	< 0,03	< 0,03	...	...
Cadmio (Cd)	0,003	0,03 A	0,04 A	...	0,05
Boro (B)	0,009	3,87 B	1,48 A	...	5
Aluminio (Al)	0,060	35,45 A	31,55 A	...	1000
Bario (Ba)	0,003	6,43 A	10,43 B	...	1000
Estroncio (Sr)	0,001	6,74 A	7,35 A	...	2000
Titanio (Ti)	0,006	1,88 B	1,30 A	...	...
Elementos minerales con función incierta					
Antimonio (Sb)	0,063	< 0,04	< 0,04	...	...
Uranio (U)	0,450	< 0,29	< 0,29	...	...
Plata (Ag)	0,021	< 0,01	< 0,01	...	...
Talio (Tl)	0,081	0,26 A	0,45 B	...	...
Torio (Th)	0,090	< 0,06	< 0,06	...	...
Mercurio (Hg)	0,030	< 0,002	< 0,002	...	2
Bromo (Br)	...	...	...	...	200

En las filas: Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores representan la media de 40 muestras por tipo de pastizal y el desvío estándar.

*Valores bibliográficos para la región NEA (30). / LD: límite de detección.

In the ranks: Different letters indicate significant differences uppercase ($p < 0.05$). Values represent the mean of 40 samples per pasture and standard deviation.

* Literature values for the NEA region (30). / LD: detection limit.

La deficiencia de P en los pastizales, probablemente se relaciona con la baja disponibilidad de P en el suelo, menos de 5 mg kg⁻¹ P, Bray-Kurtz (27)

Calcio

La concentración de Ca no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$); los valores encontrados se mantuvieron por debajo del nivel crítico, (35).

Con concentraciones inferiores a las reportadas por otros autores (6, 29, 32), para pastizales de la región NEA.

Con prácticas de quemas del pastizal en forma bienal, Fernández *et al.* (2011) registraron incrementos de las concentraciones de Ca, hasta 0,167 % en la materia seca.

Magnesio

El contenido de Mg registró valores por debajo de los niveles críticos (35).

Mufarrege (1999) reporta valores de 0,20% en la materia seca de forrajeras naturales.

Los forrajes tropicales en su mayoría presentan valores de Mg inferiores al requerimiento (23).

Sodio

La concentración de Na presentó diferencias significativas entre tipos de pastizales ($p < 0,05$).

En PSS los contenidos estuvieron por debajo del valor crítico (35).

Valores de 0,02 a 0,06% fueron reportados en pastizales similares (29, 42).

Norton (1982), señala que las gramíneas tropicales son limitantes en contenido de Na. Esto indica que la mayoría de los forrajes no contienen cantidad suficiente del elemento para cubrir las necesidades de una correcta nutrición de los animales, por lo que es necesaria una suplementación con cloruro de sodio.

En el NEA, del 80 al 90 % de las pasturas naturales son deficientes en Na (5).

Potasio

La concentración de K registró valores por debajo del nivel crítico, con diferencias significativas entre pastizales ($p < 0,05$). Estos valores son inferiores a las isóneas de K de los pastizales para la región NEA reportada por Mufarrege (2004).

El contenido de K en los pastizales está relacionado con la concentración del elemento en el suelo, la especie, estado fenológico y variaciones por la época del año (23).

Para mantener el nivel de K requerido por los forrajes es necesario incorporar fertilizantes a la pastura (24, 32).

La deficiencia de K se manifiesta con una reducción en el consumo y pérdida de peso (27, 35).

Hierro

La concentración de Fe presentó valores inferiores al nivel crítico, sin diferencias significativas entre pastizales ($p < 0,05$).

Valores similares son reportados por Mufarrege (2003) para la provincia de Corrientes. Es bien conocido que el Fe se encuentra más disponible a bajo pH (ácido), lo que permite una mayor absorción por la planta.

El contenido de Fe en los vegetales varía con el tipo de suelo, condiciones climáticas y especie vegetal (45).

Zinc

La concentración de Zn registró valores por debajo del nivel crítico.

Ambos pastizales muestran un déficit en la concentración de Zn y presentan diferencias significativas entre tipo de pastizales ($p < 0,01$). Esto confirma lo reportado por Mufarrege (1999) y que

Bernardis *et al.* (2005), ya que en la Región del NEA la concentración de Zn es inferior a 20 mg kg⁻¹ de materia seca de los pastos naturales. La concentración de Zn disminuye con la madurez del forraje.

Existen varias formas de suplementar con Zn, incorporando en la ración o en las mezclas minerales, algunas de las sales, como óxido de zinc, sulfato, cloruro, carbonatos o una sustancia orgánica que contenga Zn para evitar, entre otros, problemas de paraqueratosis en la piel (45).

Cobre

La concentración de Cu no cubre el requerimiento. En pastizales similares de la región se reportan valores de 3,9 a 6,8 mg kg⁻¹ (30, 39).

La deficiencia de Cu en los forrajes se presenta cuando los suelos tienen deficiencia natural de Cu y por interacciones con otros elementos minerales como Fe, Zn, Cd, Mo y S.

El contenido de Cu en las pasturas varía con el tipo de suelo (pH, contenido de materia orgánica), especie de planta, estado de madurez, manejo y clima (45).

En todas las regiones de la Argentina se manifiesta una deficiencia de Cu y ha sido reconocida como enfermedad endémica (39).

Cobalto

La concentración de Co no cubre el requerimiento. Valores similares fueron obtenidos por Mufarrege (1999) en tanto que Balbuena *et al.* (2013) en pastizales de la provincia del Chaco, Argentina, obtuvieron valores de entre 0,07 y 0,24 mg kg⁻¹.

Molibdeno

La concentración de Mo fue menor a 0,01 mg kg⁻¹ en ambos pastizales, con lo cual no cubre el nivel crítico.

Mufarrege (2003) cita valores bibliográficos de 0,8 mg kg⁻¹ en la materia seca de pastos de la región del NEA.

Balbuena *et al.* (2013) registraron valores de 3 a 42 mg kg⁻¹ de Mo en *Melilotus albus* en la provincia del Chaco, Argentina.

Altos niveles de Mo parecen ser frecuentes en pasturas cultivadas en varias zonas del país y por ello pueden resultar tóxicas.

Debería suplementarse con Cu para contrarrestar un posible efecto tóxico del microelemento Mo (36).

Manganeso

El contenido de Mn presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tipos de pastizales.

Los contenidos superan los requerimientos del ganado bovino y se encuentran por debajo de la concentración máxima tolerable (35).

Las altas concentraciones detectadas pueden explicarse por la presencia de concreciones de Fe y Mn en la SSP (14).

Los valores obtenidos son inferiores a lo comunicado por Mufarrege (2003) quien registró valores de 351 mg kg⁻¹.

En la Región NEA el contenido de Mn de los pastizales es un reflejo del nivel del elemento en los suelos, siendo suficientemente alto como para que no se produzcan deficiencias del elemento en el ganado bovino (27).

Selenio

Las concentraciones de Se fue inferior al nivel crítico. No presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tipos de pastizales. En el ganado bovino ha sido diagnosticada la deficiencia de Se por el análisis de muestras de sangre tomadas en distintas partes del país, desde el Chaco a la cuenca del Salado (27).

Un suplemento con Se o Cr orgánico quelados incrementan la degradabilidad de la materia seca, de la fibra detergente neutra y de la fibra detergente ácida en el rumen de novillos pero no afecta a la proteína cruda (9).

Cromo

La concentración de Cr fue menor a 0,01 mg kg⁻¹ en ambos tipos de pastizales, es decir valores siempre inferiores al requerimiento.

El papel fisiológico predominante del Cr es integrar el factor de tolerancia a la glucosa que potencia la insulina (10).

La dieta de terneros en crecimiento con el agregado de 0,05 mgkg⁻¹ de Cr como picolinato de Cr o polinicotinato de Cr, aumentó la tasa de metabolización de glucosa. Agregando Cr a la ración (0,2 a 1,0 mgkg⁻¹ de Cr), se aumentó la ganancia de peso vivo y la respuesta inmune en terneros afectados por el transporte (35).

Los forrajes tropicales son a menudo deficientes en elementos esenciales. Los minerales más deficientes aún fueron P, Na, Cu, Zn, Ca, Mg y Se (25).

Elementos minerales probablemente esenciales: Li, Si, V, Ni, As, Pb, Sn, Cd, B, Al, Ba, Sr, Ti

En la tabla 2 (pág. 209), se presentan las concentraciones de estos elementos en los PAL y PSS. Ciertos autores han demostrado para algunas especies animales que el As, B, Pb, Si y V (35, 36) son esenciales, pero no hay evidencia de que estos minerales tengan importancia práctica en el ganado bovino. No se han establecido los niveles de requerimiento, excepto para el Ni.

Para algunos de ellos se conoce los niveles máximos tolerables.

En las muestras analizadas la concentración de elementos en la materia seca registró valores por debajo de ese nivel crítico. Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tipos de pastizales para Li, Si, B, Ba y Ti.

Elementos minerales con función incierta: Sb, U, Ag, Tl, Th, Hg, F, Br

La concentración de Sb, U, Ag, Tl, Th,

Hg, F y Br en la materia seca de ambos pastizales está por debajo del límite de detección (LD) de cada elemento (tabla 2, pág. 209) para la metodología utilizada (ICP-AES). Estos elementos minerales no tienen una función reconocida en el metabolismo animal, por lo tanto no se han establecido niveles de requerimiento y no se conocen los niveles máximos tolerables, excepto para Hg, F y Br (35, 36).

Elementos minerales tóxicos

Todos los elementos minerales cuando se encuentran en altas concentraciones en la dieta animal provocan algún trastorno al metabolismo.

Algunos elementos muy utilizados y conocidos, principalmente sus iones y compuestos como el As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Ag, Pb, V (36) resultan sustancias tóxicas, a pesar que algunos de ellos son necesarios para la vida, pero cuando por algún motivo natural o producto de la actividad del hombre, se acumulan en altas concentraciones en el suelo, agua y forraje, se convierten en tóxicos muy peligrosos.

Los flujos de elementos en el sistema suelo-planta dependen sobre todo de las condiciones del suelo (nivel de contaminación, textura, acidez, contenido en materia orgánica, entre otros factores) que determinan la biodisponibilidad de estos elementos.

Por otra parte, distintas especies tienen distintos patrones de absorción a nivel raíz y de traslocación y acumulación de elementos en la biomasa aérea (13).

En los PAL y PSS estudiados la concentración de elementos minerales (tabla 2, pág. 209) no llega a superar los niveles de concentración máxima tolerable para bovinos de carne (35, 36).

Relación entre minerales en la biomasa

El requerimiento en elementos minerales está relacionado con la categoría animal y la ganancia de peso diaria.

Una concentración mayor o menor de un elemento en la dieta podrá incrementar el requerimiento de un tercer elemento. Esto ocurre por simple competencia de algunos agentes transportadores y otras por interacción metabólica (2). Aquí se analiza algunas de estas relaciones (tabla 3).

Relación Ca/P

Resultó una proporción adecuada, con diferencias significativas entre pastizales ($p < 0,05$) y no fue afecta por las series de suelo.

Las concentraciones de P no superan a las de Ca en ambos pastizales.

El exceso de P en la dieta por largos períodos de tiempo causa trastornos en el metabolismo del Ca, excesiva resorción ósea y cálculos urinarios en animales jóvenes productores de carne (35).

Relación Na/K (mEq)

Fueron similares en ambos pastizales y series de suelo. Los valores obtenidos resultan aceptables comparados con la referencia.

El K trabaja en conjunto con el Na para facilitar la entrada y salida de nutrientes a

las células (actividad de la bomba Na/K) y ayuda a mantener el balance de agua en la célula (17).

Relación K/Mg

Registró valores mayores a la referencia en ambos pastizales y series de suelo. Esta es determinante en el riesgo de ocurrencia de la hipomagnesemia (44, 46), que puede ocurrir cuando el Mg del pastizal es inferior a 2000 mg kg⁻¹ de la MS.

Relación K/Ca+Mg (mEq)

Es el potencial tetanizante, calculado a partir de la fórmula de Kemp y t'Hart (1953); cuando esta relación es menor de 2,2 los casos de tetania serían inferiores a 0,7% y cuando la relación es mayor de 3,0 los casos serían del orden del 15% (26, 27).

En los pastizales estudiados en ambas series de suelo las concentraciones de Mg se encuentran por debajo del requerimiento y la relación K/Ca+Mg está próximas al umbral de riesgo.

Es necesario considerar el Mg que aporta el agua de bebida. Podrían detectarse problemas de hipomagnesemia si no se suplementa con minerales a base de Mg.

Tabla 3. Relación entre los elementos minerales de la materia seca en los dos tipos de pastizales.

Table 3. Relationship between the mineral elements of the dry matter in the two types of grasslands.

Relación	Pastizal de <i>A. lateralis</i>	Pastizal de <i>S. sorghastrum</i>	Valores de referencia
Ca/P	1,30 A	1,68 B	1 a 2
Na/K (mEq)	0,08 A	0,08 A	> 0,024
K/Mg	8,51 B	6,31 A	< 3,50
K/Ca+Mg (mEq)	2,30 B	1,58 A	< 2,20
Na/Mg (mEq)	0,41 B	0,33 A	< 0,11
Cu/Mo	205 A	204 A	> 2,00
Cu/Fe	0,07 A	0,06 A	> 0,04

En las filas: Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

In the ranks: Different letters uppercase indicate significant differences ($p < 0.05$).

Relación Na/Mg(mEq)

Los valores se encuentran por encima de la referencia ($< 0,11$), esto significa que la concentración de Mg es baja. Se encontró diferencias significativas entre pastizales y no entre series de suelo.

Relación Cu/Mo

Los valores fueron altos en ambos pastizales y series de suelo, debido a los bajos contenidos de Mo. Se utiliza esta relación para evaluar el contenido de Cu del pasto.

Los signos de hipocuprosis se manifiestan cuando la relación es menor que 2:1 (30).

El Mo y el S disminuyen la absorción verdadera del Cu, los molibdatos y sulfuros reaccionan en el rumen formando tiomolibdatos y estos reaccionan con el Cu formando compuestos totalmente insolubles.

En ganado bovino, concentraciones de Mo de 3 a 20 ppm, volvieron inadecuadas concentraciones de Cu de 7 a 14 ppm del pasto (30).

En la Argentina la deficiencia de cobre en la mayoría de las regiones es condicionada, existe un bloqueo del cobre del pasto por la presencia de Mo y S (39). Esto no ocurre en los pastizales en estudio.

Relación Cu/Fe

El Fe al igual que el Mo es un potente antagonista del Cu en terneros.

La acción depresiva del Fe (se estima a partir de 250 mg kg⁻¹) y Mo serían aditivas (27).

En los pastizales analizados la concentración de Fe es baja por lo que no afectaría la disponibilidad de cobre. La relación Cu/Fe es adecuada respecto de la referencia.

CONCLUSIONES

En las series de suelo Chavarria y Pampin de la provincia de Corrientes, Argentina, la familia de las gramíneas aportó la mayor parte de la materia seca en los pastizales de *A. lateralis* y *S. setosum*. Estas fueron las especies más frecuentes y de mayor aporte de materia seca para cada tipo de pastizal respectivamente.

Las series de suelo afectaron al aporte de materia seca de cada especie en la mayoría de los casos en cada pastizal. Los pastizales estudiados aportan diferentes concentraciones de elementos minerales.

El perfil de elementos minerales esenciales, probablemente esencial y los de función incierta en los pastizales de *A. lateralis* y *S. setosum*, cubren parcialmente los requerimientos del ganado bovino productor de carne, excepto para Mn.

Las concentraciones encontradas de elementos minerales no llegan a ser tóxicas.

Las series de suelo no afectaron las concentraciones de P, Ca y Mg en los dos pastizales. Sí en cambio, a las concentraciones de Na, K, Mn, Fe, Zn, Cu, Co, Se, Mo pampín.

Las relaciones entre los elementos Ca/P, Na/K (mEq), Cu/Mo y Cu/Fe son aceptables. Las relaciones K/Mg, K/Ca+Mg (mEq) y Na/Mg (mEq) no son adecuadas, por la deficiencia de Mg.

La suplementación con minerales esenciales debe ser una práctica en bovinos a pastoreo en la zona de estudio, sobre todo en los pastizales de *A. lateralis* y *S. setosum*.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, A.; Gandara, F.; Slobodzian, A. 1983. Nutrición mineral del ganado. Informe de situación en el área de la E.E.A. Corrientes. Rev. Argentina de Producción Animal. 4(3): 8-11.
2. Avila Teller, S.; Gutierrez Chavez, A. J. 2010. 2° ed. Vol. 1. Producción de leche con ganado bovino. Ed. Manual Moderno. 424 p.
3. Balbuena, O. 2003. Tecnología disponible en el NEA para la suplementación de vacunos en pastoreo. EEA INTA Colonia Benitez. Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/>. (fecha de consulta 15/06/15).
4. Balbuena, O.; McDowell, L.; C. Luciani; Conrad, J.; Wilkinson, N.; Martin, F. 2013. Estudios de la Nutrición Mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 5. Cobalto y Selenio. Rev. Veterinaria Argentina. 56(6): 25-32.
5. Bavera, G. A. 2005. Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar (fecha de consulta 19/05/15).
6. Bernardis, A. C.; Roig, C. A.; Bennasar Vilches, M. 2005. Productividad y calidad de los Pajonales de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. en Formosa, Argentina. Rev. Agricultura Técnica. Chile. 65(2): 177-185.
7. Berone, G. D. 2016. Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(2): 69-82.
8. Castelan, M. E.; Porta, M.; Hack, C. M.; Salvia, M. T.; Ciotti, E. M. 2013. Ambientes pastoriles de un establecimiento foresto-ganadero de la localidad de Cavaría (Corrientes). Rev. Agrotecnia. Argentina. 21(1): 18-23.
9. Chávez Solis, A. U. 2012. Efecto del cromo y selenio quelados en la degradación y fermentación ruminal en dietas para novillos en finalización. Disponible en: colposdigital.colpos.mx/http://hdl.handle.net/10521/1760. (Fecha de consulta 16/05/2015).
10. Ciria Ciria, J.; Villanueva Marín, R.; Ciria García de la Torre, J. 2005. Avance en nutrición mineral en el ganado bovino. E.U.I: Agrarias de Soria, Universidad de Valladolid, España. IX Seminario de Pastos y Forrajes. 50 p.
11. Depablos, L.; Godoy, S.; Chicco, C. F.; Ordoñez, J. 2009. Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. Rev. Zootecnia Tropical. 27(1): 25-37.
12. Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada; C. Robledo. 2013. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
13. Dominguez, M. T. 2010. Elementos traza en el sistema planta-suelo: implicaciones para la ecología de especies leñosas mediterráneas y la restauración de zonas contaminadas. Rev. Ecosistemas. 19(1): 92-96. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net>. (Fecha de consulta 23/06/15).
14. Escobar E.; Ligier, H.; Melgar, R.; Matteio, H.; Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. Ed. INTA. EEA Corrientes. Argentina. 430 p.
15. Fernández, J. A.; Schroeder, M. A.; Goldfarb, M. C.; Bernardis, A. C. 2011. Efecto de la frecuencia de quema prescripta sobre la composición mineral de los pastizales en el nordeste argentino. Rev. Ecología Aplicada. Perú. 10(1): 23-29.
16. Fernández, J. G.; Benítez, C. A.; Royo Pallares, O.; Pizzio, R. 1993. 2° Ed. Principales forrajeras nativas del medio este de la provincia de Corrientes. Serie Técnica N° 23. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, Corrientes, Argentina. 91 p.
17. Greene, L. W. 2000. Designing mineral supplementation of forage programs for beef cattle. Proc Amer Soc Anim Sci. J Anim Sci 77: E1-9.
18. Hack, C. M.; Ciotti, E. M.; Castelan, M. E.; Porta, M.; Tomei, C. 2009. Efecto de dos sistemas de pastoreo en la producción de materia seca y la composición florística de un pastizal de *Andropogon lateralis* Nees. Revista Agrotecnia. Argentina. 19(1): 19-24.
19. Huss, D.; Bernardón, A.; Anderson, D.; Brun, J. 1996. 2° ed. Principios de manejo de praderas naturales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Of. Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. 272 p.

20. Jiménez Arango, F. 2010. Fluctuación de minerales en las praderas de clima medio húmedo de cordillera santander. *Rev. El Centauro*. Colombia. 3(3): 125-133.
21. Kemp, A.; t'Hart, M. L. 1953. Grass tetany in grazing milking cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 5: 4-17.
22. Klassen, N. 2010. Para animales en pastoreo Suplementación con minerales. Disponible en: <http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos>. (Fecha de consulta 24/03/15).
23. López, M.; Godoy, S.; Alfaro, C.; Chico, C. F. 2008. Evaluación de la nutrición mineral en sabanas bien drenadas al sur del estado Monagas, Venezuela. *Rev. Científica FCV-LUZ (Maracaibo)*. 18 (2): 197-206.
24. Marschener, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. *Functions of Mineral Nutrients: Macronutrients*. USA. Ed. Academic Press. 180 p.
25. McDowell, L. R.; J. Arthington. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Universidad de Florida. IFAS. USA. 6-47.
26. Minson, D. J. 1990. *Forages in Ruminant Nutrition*. San Diego, USA. Academic Press. 463 p.
27. Mufarrege D. 1999. Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. INTA Mercedes, Corrientes, Argentina. *Divulgación Técnica*. 36 p.
28. Mufarrege, D. 2000. El contenido de zinc de las pasturas naturales en la provincia de Corrientes y en la región NEA. INTA EEA Mercedes, Corrientes, Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 341. 4 p.
29. Mufarrege, D. 2002. El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 359. 5 p.
30. Mufarrege, D. 2003. El cobre en la ganadería del NEA. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 381. 4 p.
31. Mufarrege, D. 2003. El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región NEA. INTA EEA. Corrientes, Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 376. 5 p.
32. Mufarrege, D. 2004. EL fósforo en los pastizales de la región NEA. E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 388. 4 p.
33. Mufarrege, D. 2004. El potasio en la ganadería de la región NEA. E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, Argentina. *Noticias y Comentarios* N° 385. 5 p.
34. Norton, B. W. 1982. Differences between species in forage quality. En: J.B. Hacker (Ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Commonwealth Agricultural Bureau. Farmhand Royal, UK. 90-110 p.
35. NRC (National Research Council). 2001. Seventh Revised Edition. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington, DC. USA. National Academies Press. 488 p.
36. NRC (National Research Council). 2005. 2nd Edition. *Mineral Tolerance of Animals*. Washington, DC. USA. The National Academies Press. 511 p.
37. Otta, S.; Quiroz, J.; Juaneda, E.; Salva, J.; Viani, M.; Filippini, M. F. 2016. Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(1): 179-195.
38. Porta, M.; Hack, C. M.; Tomei, C.; Ciotti, E. M.; Castelán, M. E. 2008. Producción de materia seca y fósforo foliar en un pastizal del nordeste de la provincia de Corrientes. *Rev. Agrotecnia*. Argentina. 18:(1) 3-5.
39. Postma, G. C.; Minatel, L.; Carfagnini, J. C. 2010. Deficiencia de cobre en bovinos en pastoreo de la Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30(2): 189-198.
40. Repetto, J. C.; Donovan, A.; García Mata, F. 2004. Carencias minerales, limitantes de la producción. Bs. As. *Laboratorios Biotay*. 2(18):6-7. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. (Fecha de consulta: 18/05/15).
41. Salamanca, A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista electrónica de Veterinaria*. 11(09): 1-10. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/>. (Fecha de consulta 27/05/15).
42. Sanpedro, D. 2002. Sistemas pecuarios de la zona campos de Argentina: tecnología y perspectivas. Reunión del grupo técnico en forrajeras del cono sur zona campos, XIX. Mercedes, Corrientes, Argentina. *Memorias*. 16-30 p.

43. Soto, C.; Reinoso, V. 2012. Suplementación con fósforo en ganado de carne a pastoreo. REDVET Rev. Electrónica de veterinaria. 13(7): 1-13. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070712.html>. (Fecha de consulta 02/07/15).
44. Sykes, A. 1993. Hipomagnesemia en bovinos. In: Jornadas Chilenas de Buiatria, 1. Osorno. Anales. Osorno: Sociedad Chilena de Buiatria. 21-28 p.
45. Underwood, J.; Suttle, F. 1999. 3Th Ed. The detection and correction of mineral imbalances. The Mineral Nutrition of Livestock. Wallingford, UK. CABI Publishing. 600 p.
46. Wittwer, F. 1996. Bases para el manejo de la hipomagnesemia bovina en el sur de Chile. Ed. Producción animal. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Serie B19. 119-130 p.
47. Yoshiharaa Y.; Mizunoo, H.; Oguraa, S.; Sasakib, T.; Satoa, S. 2013. Increasing the number of plant species in a pasture improves the mineral balance of grazing beef cattle Animal Feed Science and Technology. 179(1-4): 138-143.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agrarias y la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).