

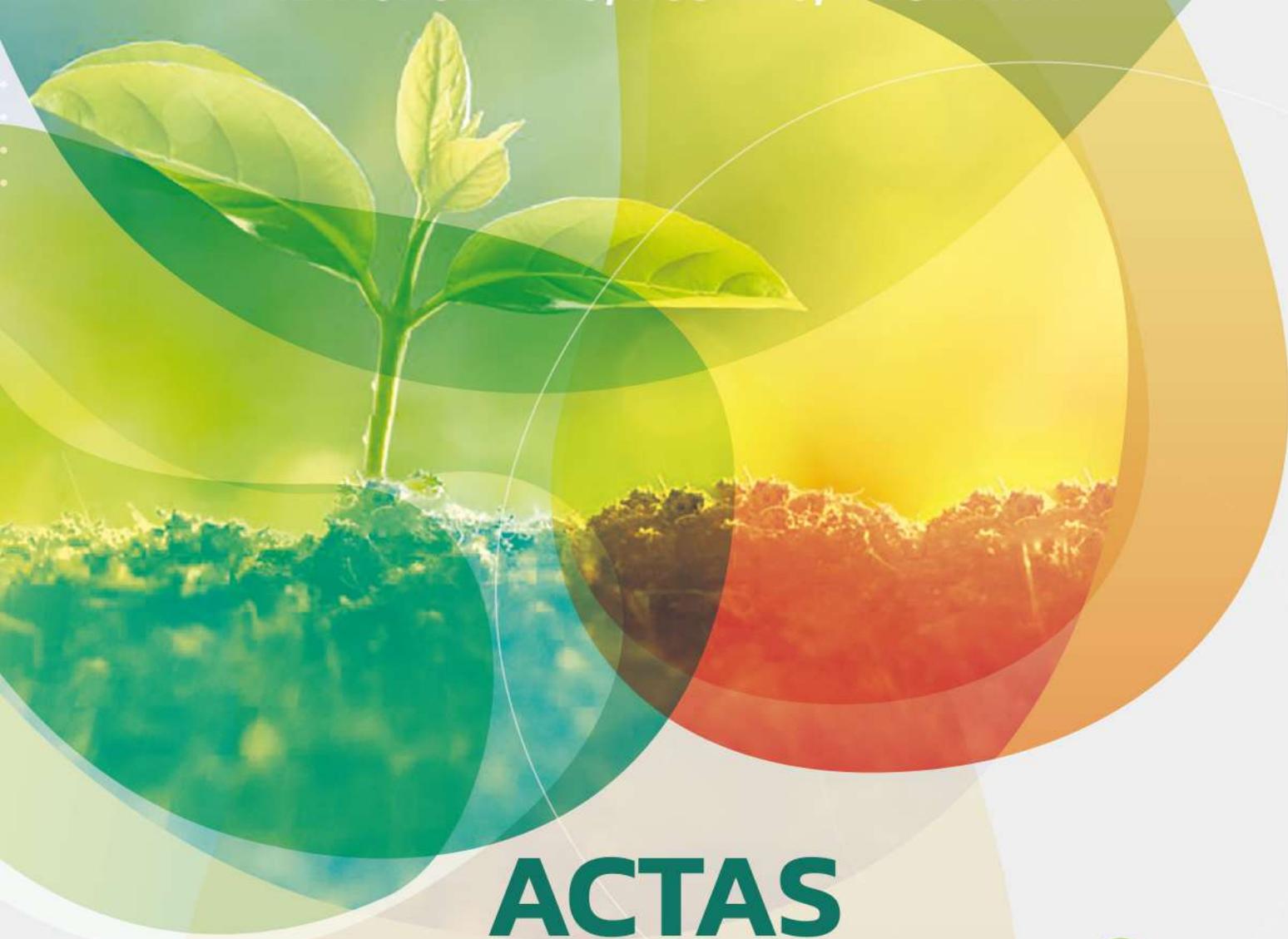


Simposio **Fertilidad 2023**

AL GRAN SUELO ARGENTINO ¡SALUD!

10 Y 11 DE MAYO 2023

METROPOLITANO, ROSARIO, ARGENTINA



ACTAS

www.fertilizar.org.ar



FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

Nutrición eficiente de pasturas para una producción ganadera sustentable

Ing. Agr. M.Sc. María Alejandra Marino

Unidad Integrada Balcarce
marino.mariaa@inta.gob.ar

Introducción

La ganadería aporta a la seguridad alimentaria, una nutrición equilibrada, la disminución de la pobreza y el crecimiento económico a nivel global. Sin embargo, como otras actividades humanas, tiene efectos adversos sobre el medio ambiente. La FAO señala que las emisiones asociadas con las cadenas ganaderas representan el 14,5% de todas las emisiones de origen humano y, entre las principales fuentes, se encuentran los gases producidos durante la digestión de los rumiantes y la descomposición del estiércol. Esto plantea profundos cuestionamientos. ¿Es posible desarrollar actividades ganaderas productivas, rentables y con bajo impacto ambiental?

A diferencia de otras regiones productoras del mundo, en la Cuenca del Río de la Plata, los sistemas ganaderos son mayoritariamente pastoriles y basan su alimentación en recursos forrajeros perennes (pasturas y pastizales) que ofrecen diversos servicios productivos y ecosistémicos. Sin embargo, muchos de sus beneficios no pueden ser aprovechados. En general, un manejo extensivo con desajustes en la utilización del pasto y recurrentes deficiencias nutricionales restringen su productividad y servicios ambientales.

La fertilización es una herramienta probada y útil para corregir deficiencias de nutrientes en cultivos y en recursos forrajeros, pero su uso en los establecimientos ganaderos locales es escaso. Por el contrario, en otras regiones ganaderas del mundo es una práctica habitualmente utilizada para la producción de forraje, aunque su uso excesivo o inadecuado ha ocasionado pérdidas (escorrentía, lixiviación, volatilización, etc.) y perjuicios al ambiente.

Actualmente, el desafío que enfrentan los sistemas agropecuarios es el diseño de estrategias productivas que conduzcan a lograr mayor productividad y rentabilidad de manera sustentable. Para ello es vital contar con herramientas que soporten la toma de decisiones para ajustar la fertilización de pasturas y pastizales.

Se presentará información que contribuye en la planificación de estrategias de fertilización en sistemas ganaderos modernos de alta productividad y rentabilidad con bajo impacto socio-ambiental.

Importancia de las pasturas y pastizales rioplatenses

La expansión agrícola registrada en América del Sur ha desplazado la ganadería hacia áreas de menor aptitud productiva (Baeza y Paruelo, 2020). En la región pampeana y en Uruguay este proceso ocasionó un significativo deterioro de la calidad de los suelos (Sainz Rozas et al., 2018; Zalles et al 2021; Foucher et al 2023). Por el contrario, existen evidencias del impacto positivo de las rotaciones con cubiertas vegetales perennes, como son las pasturas y los pastizales naturales, sobre la salud del suelo (secuestro de carbono, incremento en la materia orgánica, mejora de la estructura, disminución de drenaje en profundidad, reducción de la escorrentía y erosión, etc.) (Studdert et al., 1997, Augarten et al., 2022; Chabbi et al 2023; Somoza y Vázquez, 2023). Asimismo, aportan servicios ecosistémicos (manejo y control de malezas, plagas y enfermedades, fijación de nitrógeno por las leguminosas forrajeras, biodiversidad, etc.), y beneficios socioeconómicos por brindar el forraje de calidad más barato para la alimentación de los rumiantes.

El clima templado húmedo de la región permite obtener alta producción de “pasto de calidad” durante buena parte del año. Sin limitantes hídricas ni nutricionales, en lotes de mejor aptitud productiva (suelos profundos, sin limitaciones por sales o sodio) pasturas bien manejadas pueden producir 12.000 a 15.000 kg MS/ha/año. Mayores producciones se logran cuando se incluyen especies como alfalfa. En ambientes menos productivos (como pueden ser lotes

bajos con agropiro) se podrían producir 9.000 a 12.000 kg MS/ha al año.

Limitantes a la producción en las pasturas y pastizales de la región

Actualmente, la ganadería extensiva se desarrolla en ambientes con características apropiadas para la realización de cultivos agrícolas (por ejemplo, pendientes pronunciadas, pH ácidos o alcalinos, drenaje deficiente, recurrentes déficits o excesos de agua, escaso desarrollo del perfil de suelo, etc.). Estos no son impedimentos para obtener alta productividad de pasto de calidad con especies forrajeras adaptadas a tales condiciones.

Sin embargo, en los establecimientos ganaderos locales, la producción de pasto lograda suele ser sustancialmente inferior a la esperada (entre 4000 y 8000 kg MS/ha/año para pasturas y aún menor en pastizales naturales). Entre los principales motivos se destacan desajustes en la utilización del pasto y en la nutrición mineral de las plantas.

Ajustar una adecuada cosecha del pasto es condición necesaria para mantener pasturas y pastizales productivos y persistentes. En pasturas bien manejadas se pueden obtener eficiencias de conversión de 10 a 15 kg de pasto/kg de carne, así como 1 kg de pasto/L de leche. En Argentina las eficiencias de conversión de pasto a producto animal son bajas a muy bajas, con valores de 25 a más de 40 kg MS/kg de carne (Recavarren, 2016). Aun en tambos, los animales en pastoreo rara vez consumen más del 65% del pasto producido (Lazzarini et al., 2019).

El otro aspecto que limita la producción de pasto es la nutrición mineral de las plantas. Es abundante la evidencia local e internacional que demuestra que en condiciones naturales (sin agregado de fertilizantes), el abastecimiento de algunos nutrientes generalmente es insuficiente para lograr los rendimientos que pueden alcanzar las forrajeras perennes.

¿Cómo afecta la nutrición mineral de las pasturas a los sistemas ganaderos?

Entre los nutrientes que con mayor frecuencia limitan el crecimiento de las pasturas y pastizales en la región pampeana se destacan el fósforo (P) y el nitrógeno (N).

La Figura 1 muestra la acumulación de forraje relativa (valor de cada tratamiento en relación con el máximo para cada sitio) para pasturas consociadas (a) y para gramíneas forrajeras perennes y anuales templadas (b) según varía el grado de deficiencia de P y de N, medidos como índice de nutrición fosfatada (a) y nitrogenada (b).

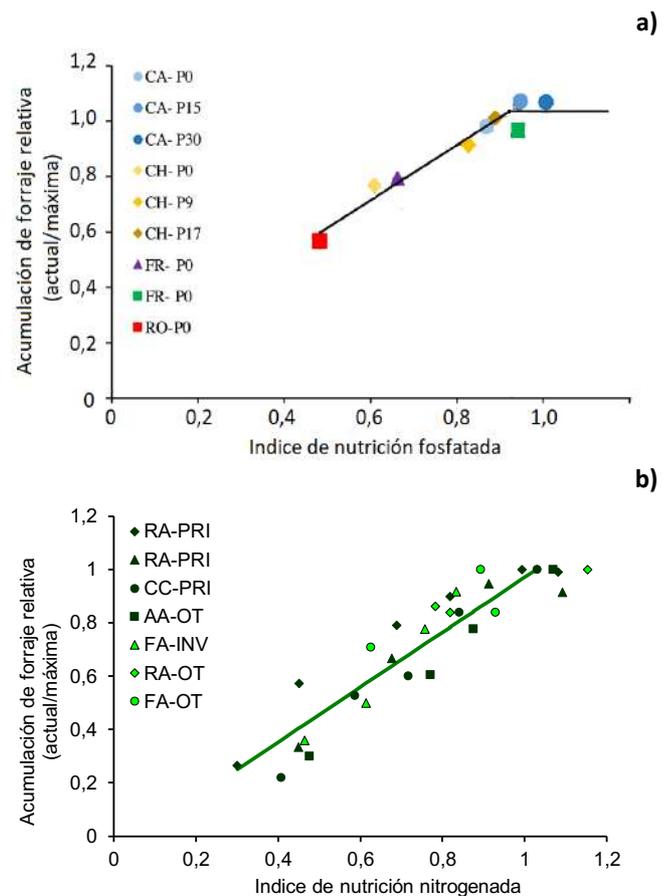


Figura 1: Relación entre la acumulación de forraje relativa (actual/máxima) y el Índice de nutrición fosfatada (a, adaptado de Jouany et al., 2021), o el Índice de nutrición nitrogenada (b, adaptado de Agnusdei et al., 2010). En (a) se recopilan experimentos realizados sobre pasturas perennes multiespecíficas en Canadá (CA), Francia (FR), Rumania (RU) y Suiza (CH). En (b) son experimentos realizados sobre raigrás anual en primavera (RA-PRI), raigrás anual en otoño (RA-OT), festuca en invierno (FA-INV), festuca en otoño (FA-OT), cebadilla criolla en primavera (CC-PRI) y agropiro en otoño (AA-OT) en el sudeste bonaerense.

Como muestra la Figura 1, la limitación nutricional se manifiesta independientemente del sitio y de la especie forrajera considerada. Cuanto más severa es la deficiencia, menor es el índice de nutrición y menor el rendimiento en relación con el máximo obtenido sin dicha limitación nutricional. En el otro extremo, cuando el índice de nutrición se aproxima al valor máximo 1, su abastecimiento es óptimo y permite alcanzar los máximos rendimientos. Un relevamiento reciente realizado en pasturas de Uruguay, mostró que el 36% de las pasturas muestreadas presentaban niveles de deficiencia de P, mientras en el 51% se encontraron niveles de deficiencia de potasio (K). En el

66% de las pasturas base leguminosas y en el 97% de las pasturas base gramíneas se encontraron deficiencias de N (Cardozo et al., 2021).

El efecto de la disponibilidad de nutrientes también afecta el crecimiento radical. Esto ha sido ampliamente demostrado en especies forrajeras como alfalfa (Wang et al., 2023) o festuca (Martinefsky et al., 2010). La disminución en la biomasa radical provocada por deficiencias nutricionales es de gran importancia para los sistemas productivos, no sólo por el impacto en la captura de recursos (como agua y nutrientes), la producción y la persistencia de las pasturas. La fracción radical es la que mayoritariamente aporta al secuestro de carbono, por lo tanto, el valor de los recursos forrajeros perennes como sumideros de carbono también depende de la nutrición mineral (Chabbi et al., 2023).

Asimismo, la nutrición mineral afecta la resistencia a factores de estrés (como tolerancia al frío) y la persistencia de las plantas. Este aspecto puede explicar, al menos en parte, la corta persistencia productiva - 5, 6 años o menor – lograda en pasturas perennes de la región pampeana.

A pesar de que existe abundante evidencia, en los sistemas ganaderos extensivos locales, el agregado de nutrientes es poco habitual. Para sistemas con mayor nivel de intensificación como son los tambos, se ha determinado que sólo un 47% de los establecimientos fertilizan (Gastaldi et al., 2019).

Respuestas esperadas a la fertilización en pasturas

• Fertilización fosfatada

En gran parte de los ambientes ganaderos de la Región Pampeana, los suelos ofrecen baja disponibilidad de P edáfico para las plantas (Sainz Rozas, et al. 2019). Además, a diferencia de los lotes dedicados a cultivos agrícolas, no tienen fertilizaciones previas. Por esto, el agregado de fertilizante fosfatado suele incrementar la disponibilidad de P en el suelo, la concentración en las plantas y, consecuentemente, la producción de forraje. Cabe aclarar que, para evitar ineficiencias y perjuicios económicos y ambientales, es muy importante ajustar la dosis adecuada.

En la región pampeana diversos autores demostraron el efecto negativo de la deficiencia de P en la producción forrajera de pasturas de alfalfa (Fontanetto et al., 2010; Pautasso y Barbagelata, 2018; Marino y Echeverría, 2018). En estos recursos de alto rendimiento, el nivel de P crítico (nivel de P no limitante para alcanzar rendimientos cercanos a los valores máximos) se aproxima a 18 ppm P Bray (Figura 2) (Marino y Echeverría, 2018; Pautasso y

Barbagelata, 2018). Esto indica que una disponibilidad de P inferior a 18 ppm P Bray sería insuficiente para abastecer el crecimiento de pasturas de alfalfa con producciones esperadas de aproximadamente 15 t MS/ha/año.

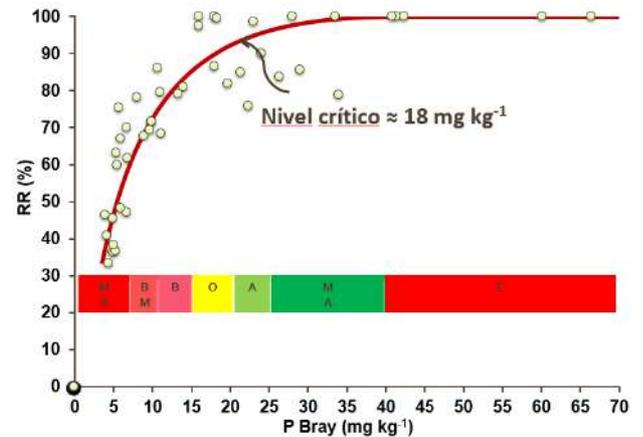


Figura 2: Rendimiento relativo (RR) de alfalfa en función del fósforo Bray en el suelo (P-Bray). Se indica el nivel crítico y las categorías de deficiencia de P: MB: muy bajo, BM: bajo menos, B: bajo, O: óptimo, A: alto, MA: muy alto, E: excesivo (Marino y Echeverría, 2018).

Por su parte, para pasturas de base gramíneas de la región pampeana disponibilidades de P en el suelo < 10 ppm P Bray, se registraron disminuciones significativas en la producción de forraje con relación a los tratamientos con P agregado (Borrajo et al., 2022; Fernández et al., 2020).

Cabe destacar que, por su escasa movilidad en el suelo, el efecto de la aplicación de P manifiesta un efecto residual durante varias campañas posteriores a la fertilización. Así, en suelos con bajo P Bray respuestas a la fertilización fosfatada de 100 a 200 kg MS/kg P aplicado han sido mencionadas en trabajos locales. Esto implica que si se cosecha convenientemente el forraje producido se podría lograr una producción de 7 a 13 kg carne/kg P aplicado o 100 a 200 L leche/kg P aplicado.

• Fertilización nitrogenada

El N es el nutriente que generalmente más limita el crecimiento vegetal. Como se mencionó, las leguminosas podrían autoabastecerse de este nutriente a través de la FBN. En cambio, para gramíneas forrajeras el abastecimiento de N edáfico es fundamental, ya que no tienen la capacidad de realizar la FBN. Es esperable que suelos con mayor contenido de materia orgánica puedan ofrecer por mineralización mayor cantidad de N disponible

para las plantas (NO_3^-). Pero en regiones templadas como la pampeana, las pasturas sin limitaciones hídricas o de otros nutrientes pueden crecer buena parte del año, y capturan NO_3^- que se encuentra disuelto en la solución del suelo. Esto ocasiona que, en suelos con pasturas templadas perennes establecidas, los niveles de NO_3^- permanezcan en valores bajos y de manera casi constante a lo largo del año. Adicionalmente, la mineralización de N comienza a disminuir cuando bajan las temperaturas en otoño y alcanza valores mínimos durante la época fría (invierno).

Por lo anterior, la respuesta al agregado de N en pasturas base gramíneas depende de las condiciones ambientales que controlan el crecimiento de las plantas y también del suministro de N. En la Figura 3 se presenta una recopilación de datos obtenidos en ensayos de fertilización nitrogenada realizados en zonas de clima templado-húmedo (en Argentina y en Australia). Como se esperaba, las mayores respuestas al N aplicado se obtienen con los rebrotes que presentan mayores tasas de crecimiento en primavera, en los cuales las aplicaciones de N se efectuaron a la salida del invierno. Esto se relaciona con plantas que tienen capacidad de crecimiento, demandan N y se encuentran con mínima disponibilidad del nutriente en el suelo. Por otra parte, las respuestas suelen ser de menor magnitud para fertilizaciones en otoño, con menores tasas de crecimiento por la baja temperatura. De todos modos, cualquier factor que favorezca o limite el crecimiento vegetal o la disponibilidad de N afecta la respuesta obtenida.

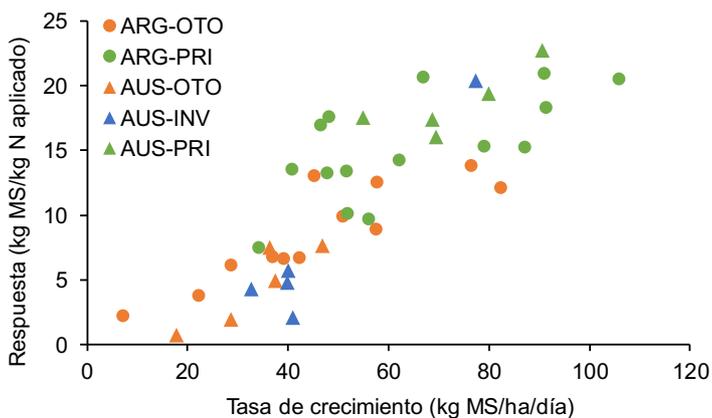


Figura 3. Tasas de crecimiento para otoño, invierno, primavera y respuestas al N aplicado en pasturas de gramíneas templadas. Datos recopilados del sudeste bonaerense, Argentina (ARG-OTO y ARG-PRI) y de Australia (AUS-OTO, AUS-INV y AUS-PRI, Christie et al., 2018).

• Interacción entre nutrientes

Con frecuencia en pasturas templadas se observa que la deficiencia de un nutriente restringe la respuesta al agregado de otro nutriente. A modo de ejemplo, en la Figura 4 se muestra para el rebrote primaveral de una pastura de festuca, que la respuesta al N aplicado sin deficiencia de P (con aplicación de P, CP) duplicó aquella obtenida para el tratamiento al que no se le aplicó P (SP). En este caso, para dosis de 50 kg N/ha (aproximadamente 110 kg urea/ha) la respuesta sería de 17 kg MS/kg N aplicado sin agregado de P (SP) y de 33 kg MS/kg N aplicado con agregado de P (CP).

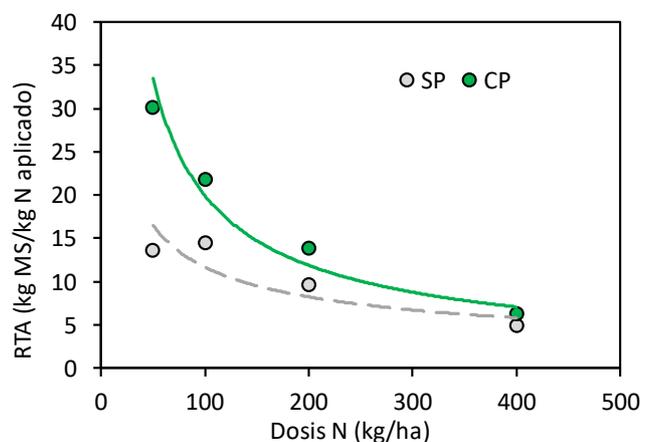


Figura 4: Respuesta al N aplicado (RTA, kg MS/kg N aplicado) a fin de invierno en el crecimiento primaveral de una pastura de festuca en el sudeste bonaerense, sin (SP) y con (CP) agregado de P.

Planificar una fertilización eficiente en sistemas ganaderos sustentables

La aplicación de fertilizantes es una práctica recomendada para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas, pero sin un adecuado diagnóstico puede provocar perjuicios económicos y ambientales. Para aumentar la eficiencia de su uso y minimizar los potenciales efectos negativos, es necesario elaborar un plan de fertilización que se ajuste a la necesidad de cada empresa.

• Producción de forraje esperada

La cantidad de nutrientes requeridos por una pastura está determinada por la tasa de crecimiento y la acumulación de forraje, es decir a medida que las condiciones edáficas (propiedades físicas y químicas del suelo) y climáticas (temperatura, humedad, fotoperíodo)

son más favorables la demanda de nutrientes aumenta. Por el contrario, en presencia de limitaciones al crecimiento de las plantas la demanda de nutrientes es menor. En la Figura 5, puede observarse la acumulación de N y de P para un período de crecimiento primaveral en una pastura de festuca.

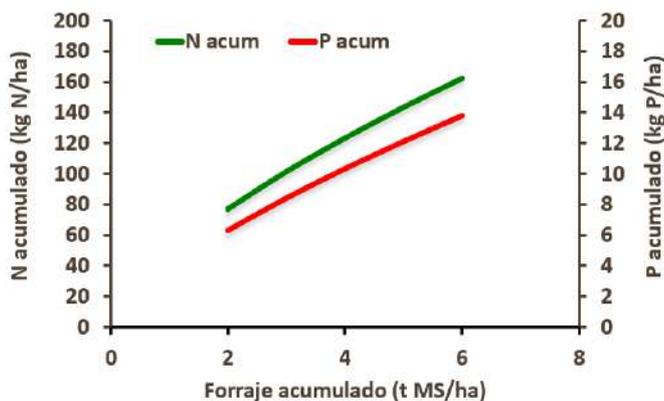


Figura 5: Acumulación de N y de P en planta de festuca en función del forraje acumulado durante un rebrote primaveral (Marino et al., 2003).

• **Caracterización de la oferta de nutrientes y fijación biológica de N (FBN)**

Para establecer la necesidad de fertilización es fundamental conocer la oferta de nutrientes del suelo donde crecen las plantas. Esta varía ampliamente en el espacio y en el tiempo (según las características y el manejo del suelo, la historia productiva y de fertilizaciones, las condiciones climáticas, etc.), por lo que resulta indispensable contar con información de análisis de suelo y/o de planta que permitan llevar a cabo un diagnóstico nutricional.

Además, las leguminosas forrajeras que integran pasturas y pastizales, pueden aprovechar el N atmosférico que es fijado biológicamente por bacterias en los nódulos radicales (FBN). Ese N fijado no sólo abastece a la leguminosa, sino que una parte puede ser transferido a las plantas vecinas no fijadoras. Es de destacar que deficiencias de P (u otros nutrientes) limitan la FBN. La cantidad de N fijado por las leguminosas depende de la especie considerada y de su crecimiento (Figura 6). Sin deficiencias hídricas ni nutricionales, valores de N fijado de 100 (tréboles) a más de 300 (alfalfa) kg N/ha son esperables para estas leguminosas templadas (Unkovich, 2012). Pero, a excepción de alfalfa, la participación de leguminosas en

las pasturas consociadas y en los pastizales naturales de sistemas ganaderos locales en general es baja, y representan 20 % o menos de la biomasa aérea de las mezclas. Por lo tanto, los valores de FBN que se podrían esperar serían menores a 100 a 150 kg N/ha/año (Figura 6).

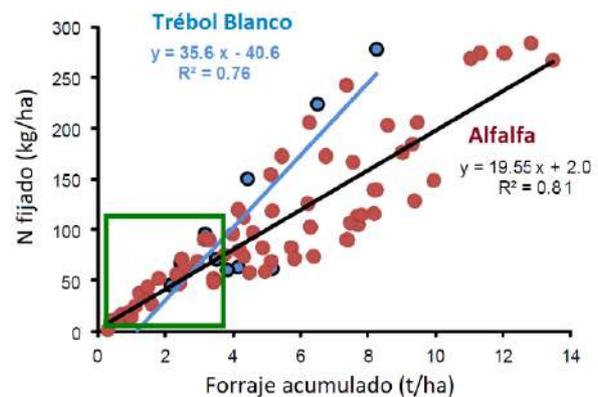


Figura 6: Relación entre la acumulación de forraje y la cantidad de nitrógeno fijado en pasturas de trébol blanco y de alfalfa. El recuadro verde indica los valores más frecuentes (Adaptado de Unkovich, 2012).

• **Tipo de utilización (pastoreo o corte)**

En los sistemas pastoriles extensivos de la región los animales consumen una parte del forraje disponible (en sistemas extensivos locales de 30 a 50%), y retienen un pequeño porcentaje de los nutrientes que contienen las plantas (5 a 25% en animales de carne y leche, respectivamente). La mayor parte de los nutrientes consumidos por el ganado vuelve al sistema en forma de heces y orina, aunque en las condiciones locales de producción, la mayor parte se acumulan en torno a montes y aguadas (sitios de descanso) (Diaz Zorita y Barraco, 2002). Aumentar la distribución de bebederos en los lotes en pastoreo permitiría mejorar la distribución y el aprovechamiento de los nutrientes aportados a través de las deyecciones.

La utilización del forraje para confección de reservas (corte y recolección), práctica comúnmente utilizada en establecimientos con mayor intensificación como los tambos, genera una mayor remoción (70 a 80%) de la biomasa aérea de las plantas sin retorno de nutrientes, con una mayor exportación de los mismos comparado con la que provocan los animales en pastoreo. Esto debe ser tenido en cuenta al momento de planificar las estrategias de fertilización (frecuencia y dosis).

Un ejemplo del beneficio económico de la fertilización

En pasturas pastoreadas buena parte del éxito de una fertilización depende de la eficiencia de cosecha del pasto producido. En muchas ocasiones “ineficiencias en la cosecha del pasto” impiden cuantificar el beneficio de la práctica (Grasa et al., 2022). A modo de ejemplo, en la Figura 7 se puede observar el beneficio adicional del agregado de N a fin de invierno (en forma de urea) en una pastura de festuca, utilizada para la producción de carne (a) o de leche (b). La respuesta a la fertilización (kg MS adicionales/kg N aplicado) se transforma en carne o en leche, a partir de una eficiencia de conversión (kg carne/kg MS o L de leche/kg MS). Entonces, si se valoriza el costo del kg de N y se estima el ingreso posible de obtener con ese fertilizante convertido en carne o en leche, se obtiene un

beneficio adicional por cada unidad de fertilizante aplicado. Para los cálculos se considera una respuesta a la fertilización nitrogenada de 20 kg MS adicionales/kg N aplicado. Además, se comparan dos eficiencias de conversión de pasto a carne, baja (25 kg MS/kg carne) y alta (15 kg MS/kg carne), así como dos eficiencias de conversión pasto a leche, baja (2 kg MS/L de leche) y alta (1 kg MS/L de leche).

Como se puede observar, en todos los años un escaso control de la cosecha de pasto (25 kg MS/kg carne o 2 kg MS/l leche) redujo sensiblemente el beneficio adicional de producir más pasto a partir de la fertilización nitrogenada (Figura 7 a y b). Aun así, para el período considerado un manejo con baja eficiencia de cosecha de pasto provocó un beneficio adicional promedio de 0,14 U\$S/kg N aplicado en producción de carne, y de 2 U\$S/kg N aplicado en producción de leche.

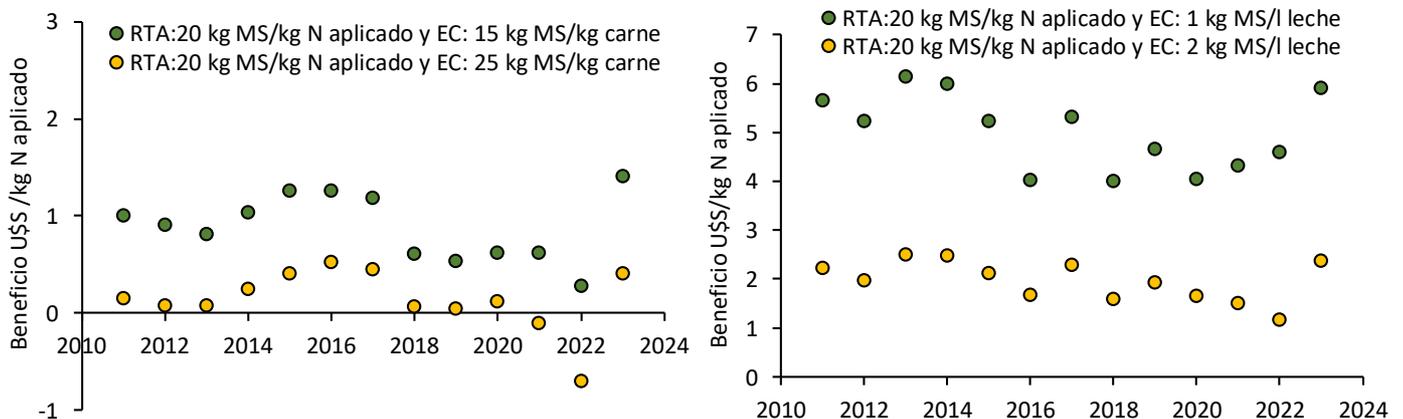


Figura 7: Beneficio adicional (U\$S, ingreso por carne (a) o leche (b) por kg N aplicado – costo del N) durante el período 2011 a 2023, según la eficiencia de conversión de pasto en carne (15 y 25 kg MS/kg carne, respectivamente) o de pasto a leche (1 y 2 kg MS/L leche, respectivamente).

En cambio, un adecuado aprovechamiento del pasto producido (15 kg MS/kg carne o 1 kg MS/L leche) permitió aprovechar los beneficios de la fertilización nitrogenada, con un beneficio adicional promedio de 0,89 U\$S/kg N aplicado y 5 U\$S/kg N aplicado en producción de carne y en producción de leche, respectivamente.

Este tipo de análisis no se efectúa en los sistemas ganaderos locales. La falta de medición de la disponibilidad de pasto y la ineficiencia de su cosecha hace que habitualmente se subestimen los beneficios de la fertilización. Como muestra la Figura 7, a pesar de que los cambios interanuales provocan una marcada inestabilidad en las relaciones de precio insumo/producto, el beneficio

adicional obtenido de la práctica se mantiene cuando se controla la cosecha del pasto producido.

Fertilización de pasturas con bajo impacto ambiental

La necesidad de desarrollar sistemas ganaderos sustentables ha impulsado numerosas investigaciones para evaluar el impacto ambiental de la aplicación de fertilizantes en pasturas. En el país (De Prado et al., 2000; Barbieri et al., 2006) y principalmente en otras regiones

ganaderas del mundo (Vogeler y Cichota, 2015; Fornara et al., 2020) se han cuantificado las pérdidas hacia el ambiente relacionadas con la aplicación de fertilizantes en pasturas. Existe acuerdo en que, estrategias de fertilización diseñadas para cada sistema productivo (objetivo empresarial, presupuestación forrajera, capacidad operativa, etc.), en base a información sitio-específica (recursos forrajeros, diagnósticos nutricionales, pronósticos climáticos, etc.) con la aplicación del conocimiento disponible (procesos bioquímicos y ecofisiológicos), permitirán sostener sistemas ganaderos de alta producción y bajo impacto socio-ambiental.

Consideraciones finales

El estado actual del conocimiento sobre fertilización de pasturas aporta evidencias para sostener la factibilidad de lograr sistemas ganaderos productivos y sustentables. El logro de este objetivo no será tarea sencilla para la ganadería local, ya que implica mayor grado de control sobre variables que todavía no son convenientemente manejadas. Sin embargo, la región presenta condiciones únicas para aportar a un mercado local y global que pronto exigirá procesos productivos acordes con los objetivos de desarrollo sostenible (seguridad alimentaria, secuestro de carbono, huella de carbono, bajo impacto socio-ambiental, etc.). Esto representa un desafío y una gran oportunidad para la ganadería regional.

Bibliografía

- Augarten, A. J., Malone, L. C., Richardson, G. S., Jackson, R. D., Wattiaux, M. A., Conley, S. P., Radatz, A. M., Cooley, E. T., & Ruark, M. D. 2023. Cropping systems with perennial vegetation and livestock integration promote soil health. *Agricultural & Environmental Letters*, 8, e20100. <https://doi.org/10.1002/ael2.20100>
- Baeza, S. Paruelo, J.M. 2020. Land Use/Land Cover Change (2000–2014) in the Rio de la Plata Grasslands: An Analysis Based on MODIS NDVI Time Series. *Remote Sens.* 2020, 12, 381; doi:10.3390/rs12030381
- Barbieri P. A., Echeverría H. E., Rozas H. R. Sainz, Picone L. I. (2006) Nitrogen use efficiency from urea applied to a tall wheatgrass (*Elytrigia elongata*) prairie in a sodic soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 535-543. <https://doi.org/10.1071/EA04180>
- Borrajo C.I., López Valiente S., Marino M.A., Cicore P.L., Errecart P.M. y Berone G.D. 2022. Producción de forraje y eficiencia de uso de P y N en festuca fertilizadas con dosis combinadas de P y N. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 42 SUPL. 1:154.
- Cardozo, G.A., Lattanzi, F.A., Lussich, F. 2021. Relevamiento del estado nutricional de pasturas sembradas y mejoramientos de campo natural con leguminosas forrajeras en Uruguay Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. Marzo 2021, *Revista INIA* 35-39.
- Chabbi, A. Rumpel, C., Klumpp, K. Franzluebbers, A.J. 2023. Managing grasslands to optimize soil carbon sequestration. Chapter taken from: Rumpel, C. (ed.), *Understanding and fostering soil carbon sequestration*, pp.523–554, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2023, (ISBN: 978 1 78676 969 5; www.bdsublishing.com). <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2022.0106.17>
- Christie, K.M., Smith, A.P., Rawnsley, R.P., Harrison, M.T., Eckard, R.J. 2018. Simulated seasonal responses of grazed dairy pastures to nitrogen fertilizer in SE Australia: Pasture production. *Agricultural Systems* 166 (2018) 36–47.
- De Prado, M.R., Echeverría, H.E., Lattanzi, F.A., San Martín, N.F. 2000. Evolución otoño invernal del nitrógeno mineral en un Natracuol Tipico bajo festucas con diferente hábito de crecimiento. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo* 19: 39-46.
- Diaz Zorita, M. y Barraco, M. 2002. ¿Cómo es el balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana? *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, N° 13, Marzo 2002.
- Dubeux, J.C.B. Sollenberger, L.E. 2020. Chapter 4: Nutrient cycling in grazed pastures. *Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures* 59 – 75. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814474-9.00004-9>.
- Fernández, F.E., Marino, M.A., Lardoueyt, J.E., Fuente, J., Rodríguez, G.A., Heguy, B. 2020. Efecto del agregado de fósforo y nitrógeno en la producción forrajera de una pastura de festuca. 43º Congreso Argentino de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 40 Supl. 1: 53.
- Fornara, D. A., Flynn, D., Caruso, T. 2020. Improving phosphorus sustainability in intensively managed grasslands: The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi. *Science of The Total Environment*, 706, 135744.
- Foucher, A., Tassano, M., Chaboche, PA. et al. Inexorable land degradation due to agriculture expansion in South American Pampa. *Nat Sustain* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01074-z>
- Grasa, O.; Marino, M.A.; Urcola, H.; Berone, G.D. 2022. Beneficio económico del buen manejo de pasturas. *Visión Rural* Año XXIX N° 142: 28-33.
- Jouany, C., Morel, C., Ziadi, N., Belanger, G., Sinaj, S., Stroia, C., ... & Duru, M. (2021). Plant and soil tests to optimize phosphorus fertilization management of grasslands. *European Journal of Agronomy*, 125, 126249.
- Marino, M.A., Echeverría, H.E. y Agnusdei, M.G. 2003. Acumulación otoñal de forraje y captura de nitrógeno de festuca alta según el contenido de fósforo de la pastura. “26º Congreso Argentino de Producción Animal”. Mendoza. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 23 Supl.: 227-228. ISBN-ISSN 0326-0550

- Marino, M.A. y Echeverría, H.E. 2018. Umbral de requerimiento de fósforo en suelos Argiudoles y guía para la fertilización de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 31: 7 – 18.
- Marino, M.A., Errecart, P.M., Cicore, P.L., Borrajo, C.I., Wyngaard, N., Laplacette, C., Insua, J. 1, Berone, G.D. 2022. Producción de forraje y eficiencia de uso de nitrógeno en pasturas de festuca según el suministro de fósforo. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 42 SUPL*. 1:146.
- Martinefsky, M.J., Assuero, S.G., Mollier, A., Pellerin, S. 2010. Analysis of the response of two tall fescue cultivars of different origin to P deficiency. *Environmental and Experimental Botany* 69 (2010) 250–258.
- Pautasso, J.M. y Barbagelata, P.A. 2018. Actualización del umbral de fósforo Bray para el cultivo de alfalfa en Entre Ríos (Argentina). *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 26: 13 – 16.
- Recavarren, P. 2016. La producción agropecuaria en Olavarría, Benito Juárez, Laprida y Gral. La Madrid: evolución y desafíos a future. Ediciones INTA, 2016. Libro digital, PDF. Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-521-767-6
- Somoza, A. y Vázquez, P. 2022. Variación espacio temporal del stock de carbono orgánico y su relación con los cambios en el uso del suelo. Partido de Tandil, Región Pampeana Austral, Argentina. *Revista geográfica de America Central* 70(1) • Enero-junio 2023 Doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.18>. 477-514. ISSN 1011-484X • e-ISSN 2215-2563
- Studdert, G. A., Echeverría, H. E., & Casanovas, E. M. (1997). Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typic Argiudoll. *Soil Science Society of America Journal*, 61(5), 1466-1472.
- Vogeler, I., Cichota, R. 2016. Deriving seasonally optimal nitrogen fertilization rates for a ryegrass pasture based on agricultural production systems simulator modelling with a refined AgPasture model. *Grass and Forage Science*, 71(3), 353-365.
- Unkovich, M. 2012. Nitrogen fixation by legumes in Australian dairy pasture systems: review and prospect. Report for Dairy Australia Project C100000293 N transformations and loss pathways Sub-project 2E: N2 fixation. Dairy Australia.
- Zalles, V. et al. Rapid expansion of human impact on natural land in South America since 1985. *Sci. Adv.* 7, eabg1620 (2021). DOI:10.1126/sciadv.abg1620



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL



FERTILIZAR.ORG.AR