

# **Fertilización de pasturas y verdeos invernales: bases para un manejo eficiente de suelos y nutrientes**

Ing.Agr. MSc. Martín Torres Duggan

Tecnoagro S.R.L

[torresduggan@tecnoagro.com.ar](mailto:torresduggan@tecnoagro.com.ar)

***A pesar de las deficiencias generalizadas de varios nutrientes en los agro-ecosistemas de la Región Pampeana y de las evidencias experimentales locales que muestran respuestas considerables y rentables al agregado de nutrientes, la fertilización no es una práctica frecuente en los modelos ganaderos de base pastoril. En este artículo se discuten las bases para realizar el diagnóstico de la fertilidad de los suelos y definir estrategias de fertilización en pasturas y verdeos de invierno.***

## **1. Cambios recientes en sistemas de producción ganaderos. Implicancias sobre la fertilidad edáfica**

En los últimos tiempos se verificó una progresiva agriculturización de los modelos productivos de la Región Pampeana, con una marcada expansión del cultivo de soja. Dicha expansión provocó el desplazamiento de los sistemas de producción de carne de base pastoril hacia el oeste de la Región Pampeana, donde prevalecen condiciones de fertilidad edáfica más restrictivas para la producción de forraje. En estos ambientes dominan suelos arenosos, pobres en MO y con reducida capacidad de retención hídrica. Asimismo, debido a las condiciones climáticas semiáridas o sub-húmedas, los suelos presentan escaso desarrollo morfológico, baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), y en algunas zonas se pueden observar la presencia de tosca a profundidades variables que reducen la profundidad efectiva del perfil y la aptitud productiva del suelo.

Si bien los sistemas pastoriles continúan siendo los principales sistemas de producción ganadera en la Argentina, en los últimos tiempos y en especial durante la década de los 90, se evidenció un marcado crecimiento de los sistemas de engorde intensivo a corral o feedlots. Los modelos de engorde intensivo modificaron la funcionalidad de los agro-ecosistemas tradicionales (sistemas pastoriles y/o integrados por cultivos anuales y pasturas plurianuales) mediante la intensificación de los procesos productivos. Un rasgo particular de estos modelos intensificados es la gran generación de residuos y desechos producidos, que suelen causar contaminación puntual en el sitio de producción y/o en áreas adyacentes. Si bien estos residuos tienen un interesante valor potencial como fuente de nutrientes, en general no se re-utilizan.

Considerando la gran heterogeneidad de condiciones de fertilidad que pueden limitar la productividad forrajera e independientemente del sitio de producción, es necesario realizar una adecuada caracterización de los suelos (a nivel de serie) y clasificarlos según su capacidad de uso. Esta información es la base para definir el tipo de recurso forrajero a establecer y analizar el nivel de tecnología que es necesario aplicar para optimizar la producción en cada uno de los ambientes o unidades de manejo. En este sentido, contar con un mapa básico de suelos del establecimiento a escala de detalle (e.g. 1:20.000) es una herramienta muy valiosa ya que nos permite conocer las limitaciones permanentes de los suelos y ubicarnos sobre el potencial productivo de las tierras. Esta información representa un marco imprescindible para realizar diagnósticos de las condiciones de fertilidad en cada lote y/o ambiente en recursos forrajeros a implantar o ya establecidos. Los mismos se deberían sustentar en el muestreo y análisis de suelos.

La etapa del muestreo de suelos es muy importante puesto que es donde mayor error se puede generar cuando la toma de muestras no es representativa.

## 2. ¿Por qué fertilizar pasturas?

En agro-ecosistemas ganaderos donde prevalecen marcadas deficiencias de nutrientes, como en la mayor parte de la Región Pampeana, la fertilización de recursos forrajeros representa una de las prácticas con mayor impacto tanto en la productividad como en la rentabilidad del sistema. Los beneficios más destacados de la fertilización de pasturas y verdeos son:

- ✓ Aumento en la productividad (kg de materia seca por unidad de superficie y tiempo) y calidad del forraje (digestibilidad, % de proteína, contenido mineral)
- ✓ Mejora en implantación y establecimiento
- ✓ Incremento en la producción animal (carne, leche),
- ✓ Mayor persistencia de las pasturas y mejoras en productividad en praderas degradadas
- ✓ Adelanto del primer aprovechamiento de los verdeos de invierno
- ✓ Restauración de la fertilidad del suelo (estructura, estabilidad de agregados y propiedades relacionadas),
- ✓ Modificación de la composición florística (estímulo del crecimiento de las gramíneas o de las leguminosas según se aplique N o P, respectivamente).

## 3. Nutrientes limitantes de la productividad forrajera. Importancia nutricional y diagnóstico de deficiencias

### 3.1. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es el macronutriente con mayor incidencia sobre la productividad vegetal y el segundo recurso abiótico limitante del crecimiento de las plantas luego del agua. El N es constituyente de proteínas y por lo tanto de las enzimas, incluidas las que participan del proceso de la fotosíntesis. En cuanto a su dinámica en el sistema suelo-cultivo, el N presenta el biogeociclo más abierto. La mayor parte del N (~95-98%) del suelo se encuentra en la MO del suelo, y por ello la conservación de la misma es muy importante para sostener la demanda de N de los cultivos.

Actualmente, la mayor parte de los suelos agrícolas y ganaderos de la Región Pampeana presentan deficiencias de N y por consiguiente, respuestas al agregado de N vía fertilización. Así, de acuerdo a una reciente revisión sobre el impacto de la fertilización en diferentes recursos forrajeros se reportan aumentos en la forrajimasa de entre 9 y 45 kg de MS por cada kg de N aplicado

en diferentes recursos forrajeros. Asimismo, en agro-ecosistemas donde existen restricciones hídricas (e.g. suelos arenosos baja capacidad de retención y/o baja oferta de precipitaciones), la mayor disponibilidad de N incrementa la eficiencia en el uso del agua (EUA), es decir la relación entre la biomasa producida y el agua consumida. El sinergismo entre el N y el agua se debe a que el N aumenta la expansión y área foliar, incrementando la radiación interceptada y la tasa de crecimiento derivada de la actividad fotosintética, determinando mayor acumulación de biomasa forrajera.

La fertilización nitrogenada es especialmente importante en verdeos de invierno y en pasturas plurianuales de gramíneas o donde existe una alta proporción de las mismas en el tapiz vegetal. De acuerdo a estudios realizados en el oeste de Buenos Aires, se observan mayores EUN cuando

la disponibilidad de N a la siembra es menor a 50 kg/ha y a partir de dicho valor crítico las mismas son muy bajas (Diaz Zorita & Trasmonte, 2008).

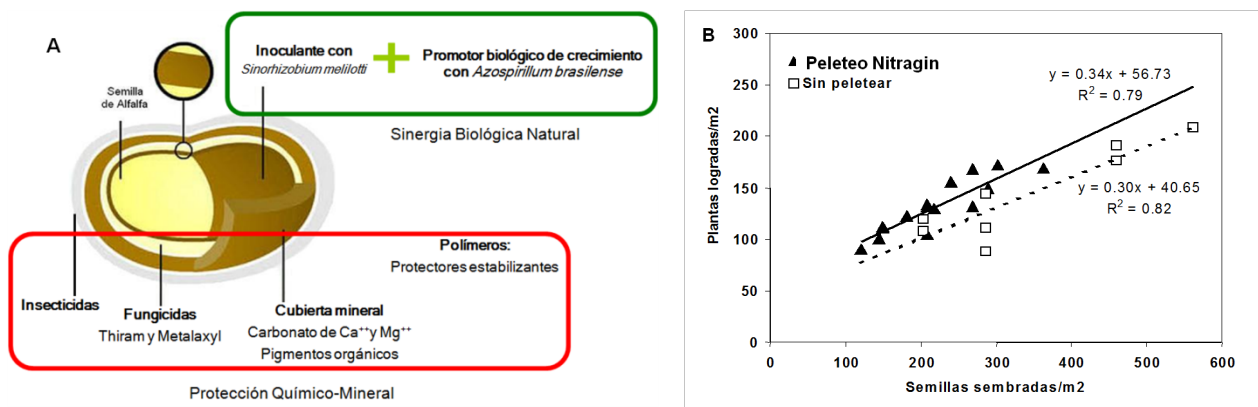
En praderas de leguminosa o base leguminosas y/o pasturas consociadas, es importante lograr una alta eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), quienes contribuyen con el N necesario para el crecimiento de las gramíneas a través de la transferencia de éste nutriente desde el sistema radical de las leguminosas. Para lograr una alta eficiencia de la FBN es necesario que el sistema nodular funcione de la mejor manera posible. Par ello se recomienda inocular las semillas con productos de calidad reconocida (i.e. alta concentración de rizobios viables en cada semilla) y en el cultivo de alfalfa, es importante además evaluar la condición de acidez del suelo (pH y saturación de bases). La aplicación de N en pasturas consociadas no se justifica salvo casos donde la proporción de leguminosas sea baja (e.g. menor al 20-30%) y/o resulte de interés promover el crecimiento del componente de gramíneas dentro del tapiz vegetal.

### Beneficios de la tecnología de peleteado en la implantación de la alfalfa

En los últimos años se observan mejoras considerables en las tecnologías de peleteado de semillas de alfalfa, con múltiples beneficios:

- ✓ Aplicación segura y controlada de terapicos de semillas (e.g. insecticidas, fungicidas) y tratamientos biológicos (e.g. inoculación con rizobios u otros microorganismos).
- ✓ Cubierta resistente al manipuleo normal de semillas durante almacenaje, transporte y siembra
- ✓ Mínimo desprendimiento de polvo
- ✓ Altos recuentos iniciales de microorganismos en la semilla, inclusive hasta 12 meses

De acuerdo con la información experimental disponible, el peleteado profesional de las semillas aumenta la cantidad de plantas logradas/m<sup>2</sup> y la producción de materia seca, independientemente de la densidad de siembra utilizada (Figura 1).

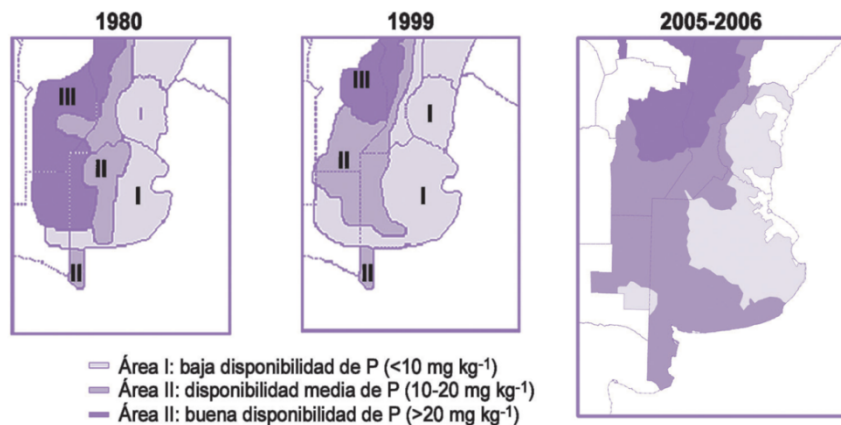


**Figura 1.** Esquema de una semilla peleteada indicando las diferentes coberturas donde se ubican los terapicos de semilla, microorganismos y aditivos (A). Efecto del tratamiento de peleteado sobre la cantidad de plantas logradas/m<sup>2</sup> (5 sitios, 2 campañas)(B). Fuente: Novozymes-Forratec

### 3.2. Fósforo

El fósforo (P) es el tercer recurso limitante de la productividad forrajera en la Región Pampeana, luego del agua y del N. El P es un nutriente vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas, formando parte de proteínas, compuestos energéticos como el ATP y ácidos nucleicos. Asimismo, juega un rol muy importante en la formación de semillas y frutos, crecimiento de las raíces y en el proceso de germinación-emergencia. El principal ingreso de P al sistema suelo-planta-animal es la fertilización (ya sea con fertilizantes inorgánicos u orgánicos), mientras que la remoción en los productos pecuarios (e.g. carne, leche) representan el principal egreso de P del sistema.

En las últimas décadas se produjo una marcada reducción en la disponibilidad de P en los suelos de la Región Pampeana. Actualmente la mayor parte de los suelos presenta rangos de P extractable (P Bray 1, 0-20 cm) de muy bajos a bajos, representando un factor limitante de la producción de cultivos. Asimismo, la reducción en la disponibilidad de P fue mayor en el oeste y norte de la región, donde los planteos de producción ganaderos son un componente importante de los agro-ecosistemas. En la Figura 2 se muestra el cambio en la disponibilidad de P extractable (P Bray 1) de los suelos de la Región Pampeana en las últimas décadas.



**Figura 2.** Cambios en la disponibilidad de P Bray 1 (0-20 cm) en la Región Pampeana y Extrapampeana argentina (Sainz Rozas *et al.*, 2012)

Las causas del descenso en la disponibilidad de P se vinculan con la intensificación de los modelos productivos descrita antes, bajo un paradigma de baja intensidad en el uso de fertilizantes, generando una externalidad negativa sobre el recurso suelo. Los balances de P negativos (extracción de P > aporte de P) tuvieron lugar tanto en los sistemas de producción de granos, como así también en sistemas ganaderos intensificados, donde se realiza corte mecánico del forraje para confección de reservas forrajeras (e.g. rollos), produciendo una transferencia neta de nutrientes debido a que la eficiencia de cosecha del forraje en estos sistemas es cercana al 100%. En sistemas donde se realiza pastoreo la eficiencia de cosecha es considerablemente más baja y además ocurre el reciclado de nutrientes a través de las deyecciones de los animales, aunque con una distribución espacial muy heterogénea.

Las respuestas a P en suelos deficientes en este nutriente son muy elevadas y rentables. Las eficiencias agronómicas se ubican en el rango de 20 a 340 kg de materia seca por cada kg de P aplicado dependiendo de la disponibilidad de P del suelo, del estadio de la pastura (las respuestas a P son mayores en los primeros años debido al menor desarrollo del sistema radical), dosis de aplicación y tipo de recurso forrajero (especies y composición florística). El diagnóstico de las deficiencias de P se basa principalmente en el análisis de suelo a la siembra (contenido de P Bray 1, 0-20 cm). En praderas en producción, el análisis foliar representa una herramienta interesante para detectar posibles carencias nutricionales. En la Tabla 1 se muestran recomendaciones orientativas de fertilización fosfatada según el contenido de P extractable en el suelo.

Tabla 1. Recomendaciones orientativas de aplicación de P en diferentes recursos forrajeros.

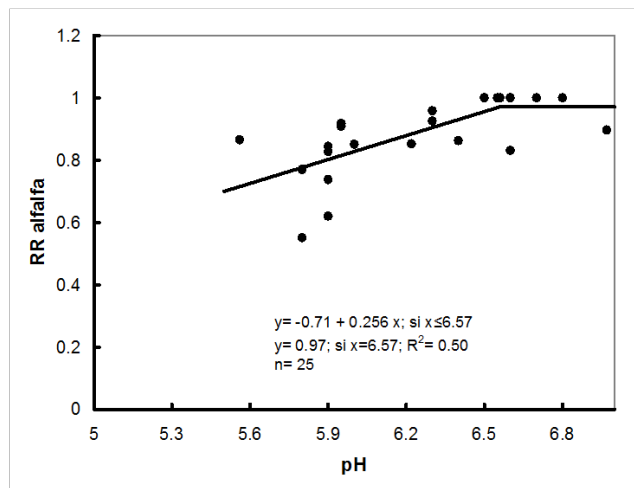
Nivel de P	Valoración agronómica	Alfalfa	Pasturas consociadas	Gramíneas
ppm			kg P/ha.....	
<5	Muy bajo	100-125	75-100	50-75
6-10	Bajo	75-100	50-75	25-50
11-15	Medio bajo	50-75	25-50	10-25
16-20	Medio alto	25-50	10-25	-
21-30	Alto	10-25	-	-
>30	Muy alto	-	-	-

Fuente: IPNI Cono Sur

Estas recomendaciones pueden ser de utilidad cuando no se dispone de modelos de fertilización calibrados regionalmente. Se recomienda consultar revisiones recientes en la temática de nutrición y fertilización de forrajes como la realizada por Rubio *et al.* 2012 donde se discute información en diferentes zonas de producción.

### Evaluación de la acidez edáfica en el cultivo de alfalfa

La alfalfa es una de las especies más sensibles a la acidez edáfica. La evaluación de la acidez edáfica requiere de un diagnóstico integral, donde se consideran diferentes variables como el pH, saturación de bases, relación entre cationes (e.g. relación Ca/Mg), entre otras. De acuerdo con la literatura internacional la máxima productividad forrajera se alcanza en un rango de pH de 6,5-7,5. En la Región pampeana argentina, Alvarez & Rubio (2010) reportan que la alfalfa alcanza el 97% del rendimiento relativo (RR) cuando el pH alcanza un pH de 6,57, donde el RR se estabiliza (Figura 3). Cuando el pH se encuentra por debajo del valor óptimo y/o se observa una clara deficiencia de bases como Ca y Mg (e.g. saturación de bases <65-70%), la corrección del pH se basa en la aplicación de carbonatos de calcio (calcita) o de carbonato de calcio y magnesio (dolomita), cuya reacción en el suelo es alcalina. Debido a la baja solubilidad de los carbonatos en agua, en sistemas en siembra directa la solubilización ocurre en los primeros cm del suelo. En este tipo de situaciones, la mezcla de los carbonatos con yeso agrícola (e.g. relaciones 70-30% respectivamente) puede ser una alternativa para aportar Ca soluble, que pueda desplazarse en profundidad.



**Figura 3.** Relación entre el rendimiento relativo de la alfalfa y el pH del suelo o el logrado por la aplicación de carbonatos (Álvarez & Rubio, 2010)

### 3.3. Azufre

En los últimos años, comenzaron a expandirse las deficiencias de (S) en los agro-ecosistemas de la Región Pampeana. El S cumple un rol clave en el crecimiento de los cultivos. Es constituyente de aminoácidos esenciales y participa en procesos bioquímicos importantes como la biosíntesis de lípidos y proteínas; fotosíntesis; fijación biológica de nitrógeno (N), entre otros. Asimismo, una adecuada nutrición azufrada mejora la calidad de los productos cosechados. Algunas de estas funciones son similares a las del N, y consiguientemente las interacciones entre N y S pueden ser frecuentes, dependiendo de las condiciones edafo-climáticas. La dinámica del N y S en el sistema suelo-cultivo son similares. Así, la mayor parte de estos nutrientes se encuentra formando parte de la MO humificada del suelo. Sin embargo, el ciclo biogeoquímico del S es más cerrado que el del N (i.e. menores salidas de S del sistema), siendo las principales pérdidas la lixiviación de sulfatos).

Para diagnosticar deficiencias de S se utilizan diferentes indicadores:

- ✓ Nivel de degradación del suelo (e.g. pérdida de MO relativa a la situación original)
- ✓ Reportes de respuestas a la aplicación de S en la zona
- ✓ Antecedentes de respuestas a N o P
- ✓ Prolongado uso agrícola (años de agricultura)
- ✓ Productividad esperada
- ✓ Bajo contenido de S de sulfatos en el suelo (<10 ppm; referencia orientativa)

En términos generales las dosis de respuestas se ubican en 10-15 kg de S ha<sup>-1</sup> para un amplio rango de recursos forrajeros. Sin embargo, en especies con altos requerimientos como la alfalfa y en planteos de alta productividad, las dosis donde se maximizan las respuestas se ubican en 30-40 kg/ha de S.

### 3.4. Micronutrientes

El micronutriente que limita en mayor medida la productividad forrajera y particularmente de las leguminosas es el boro (B). El B cumple importantes funciones fisiológicas en las plantas, a que interviene en la división celular a nivel de los meristemas, crecimiento de raíces, estabilización de la pared celular y permeabilidad de las membranas plasmáticas, siendo además muy relevante para el adecuado proceso de floración y fructificación.

Si bien se han realizado numerosos ensayos y existen antecedentes locales que muestran respuestas al agregado de B en alfalfa, no se dispone de modelos de fertilización calibradas regionalmente. De acuerdo con investigaciones del INTA Rafaela, las dosis de respuesta se ubican en 2 kg/ha fraccionadas en cuatro aplicaciones en el primer año de la pastura. Los análisis de suelos (contenido de B en la capa de 0-20 cm), como así también los análisis foliares son herramientas valiosas para evaluar la probabilidad de obtener respuestas a la fertilización.

## 4. Tecnología de la fertilización

### 4.1. Fuentes de nutrientes

#### Nitrógeno

Existen diversos tipos de fertilizantes nitrogenados disponibles en el mercado. La decisión de la fuente a utilizar depende de distintos factores como el costo de la unidad de N, disponibilidad de maquinaria para la aplicación, preferencias del productor, entre otras. En términos generales la eficiencia de uso de N (EUN) entre las diferentes fuentes es similar cuando el N se incorpora en el suelo a la siembra. Sin embargo, cuando se realizan aplicaciones superficiales (al voleo) de urea durante períodos del año con temperaturas mayores a 15-20°C se pueden presentar pérdidas de

N volatilización de amoníaco. Estas pérdidas se pueden minimizar utilizando fuentes sin N amídico (e.g. CAN) o con una menor proporción del mismo (e.g. UAN).

En suelos arenosos es importante también considerar el riesgo de ocurrencia de pérdidas por lixiviación de nitratos. La adecuada selección de la fuente, momento y forma de colocación deben ser analizados en conjunto para determinar la mejor estrategia a emplear.

### **Fósforo**

Los fertilizantes fosfatados solubles, que son los más utilizados en la Argentina (e.g. MAP, DAP, SFS, SFT) presentan el P inmediatamente disponible y en términos generales presentan la misma eficiencia agronómica cuando son comparados en las mismas dosis y métodos de aplicación. Sin embargo, la selección de la fuente de P depende del tipo de recurso forrajero a fertilizar, costo de la unidad de P, maquinaria disponible para la aplicación, entre otros. En pasturas de alfalfa, praderas base leguminosas o bien en pasturas consociadas, el SFT presenta la ventaja de su alto contenido de P (46% de  $P_2O_5$ ) y por ello es un fertilizante tradicionalmente utilizado en pasturas. Sin embargo, en la Argentina se produce SFS de muy buena calidad que puede ser utilizado también en pasturas y verdes. Su ventaja es que aporta P y S (12% de S) y la desventaja es su baja concentración del primero (21% de  $P_2O_5$ ).

A diferencia de los fertilizantes fosfatados solubles, la roca fosfórica es un material insoluble en agua y su efectividad agronómica es mayor cuanto mayor es el contenido de P soluble en citrato de amonio del fertilizante y menor su granulometría. Asimismo, la mayor respuesta a la fertilización se obtiene en suelos ligeramente ácidos, no recomendándose su aplicación en suelos con pH moderadamente alcalinos o alcalinos (baja tasa de disolución del mineral en el suelo). Actualmente esta fuente es poco utilizada en el país, pero presenta un gran potencial en áreas con suelos moderadamente ácidos y/o donde ha ocurrido una acidificación moderada asociada a la extracción de bases del sistema.

### **Azufre**

Los fertilizantes más utilizados en la Región Pampeana corresponden a fuentes que tienen el S en forma de sulfato (fertilizantes sulfatados). Estos son solubles en agua y presentan el azufre inmediatamente disponible. Experiencias recientes realizadas en nuestro país en cultivos de grano indican que no hay diferencias significativas en respuestas al agregado de S cuando se comparan fertilizantes sulfatados. Todos son similares en cuanto a su capacidad de proveer S (SFS, yeso agrícola, sulfato de amonio, tiosulfato de amonio, etc.)

Por el contrario, el azufre elemental (AE) puede presentar diferencias de efectividad respecto de los fertilizantes sulfatados. Este fertilizante es insoluble en agua y debe oxidarse en el suelo antes de proveer sulfatos disponibles. La velocidad de oxidación depende de varios factores. El más importante relacionado con la fuente es el tamaño de partícula. Para obtener resultados en el año de aplicación es necesario utilizar formas reactivas, que son las que presentan tamaños de partículas inferiores a 150-200 micrones ( $\mu m$ ) incorporados en la matriz de fertilizantes granulados, en general en mezclas químicas que contienen N, P y S. De los factores ambientales, la temperatura y la humedad edáfica son los más importantes. En términos generales se puede observar bajas tasas de oxidación (y por ende menor provisión de sulfatos) con bajas temperaturas (e.g.  $<5^{\circ}C$ ) o en suelos muy secos (e.g.  $<20\%$  del agua útil).

En pasturas plurianuales, cuya duración puede ser de 3-5 años, el uso del AE resulta potencialmente atractivo ya que se puede aprovechar su liberación progresiva y mayor residualidad relativa a fuentes solubles.

### **Boro**

Existe una gran variedad de fuentes de B disponibles en el mercado. Las principales fuentes de B empleadas en la Argentina son el ácido bórico y los boratos de sodio (Melgar, 2006). El ácido bórico y algunas formas de borato de sodio (e.g.  $Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$ ) son solubles en agua y aptas para la aplicación foliar. Las fuentes de B más utilizadas son boratos solubles disueltos en soluciones nitro-azufradas y fertilizantes foliares de diverso tipo.

## **4.1. Momentos y formas de aplicación**

### **Nitrógeno**

Las mayores EUN en verdeos invernales se suelen presentar cuando la fertilización se realiza en el invierno, donde la disponibilidad de nitratos alcanza su menor concentración. Esto permite incrementar la producción de materia seca e inclusive adelantar hasta 30 días el momento del primer aprovechamiento del verdeo.

En pasturas plurianuales de gramíneas (o base de gramíneas) próximas a implantar, la aplicación se puede hacer a la siembra para mejorar la implantación y el establecimiento.

### **Fósforo**

Por tratarse de un nutriente poco móvil en el suelo, el momento tradicional de aplicación de P en recursos forrajeros es a la siembra, por debajo y al costado de la línea de siembra. Cuando no es posible separar la semilla del fertilizante o las dosis son muy elevadas (riesgo de fitotoxicidad), la fertilización al voleo podría ser una opción. De hecho las refertilizaciones se realizan al voleo en cobertura total.

### **Azufre**

El S se lo puede aplicar en una amplia gama de momentos y formas de aplicación. En general, lo más frecuente es la aplicación a la siembra, pero es posible realizar aplicaciones en post-emergencia de verdeos y refertilizaciones en caso que se considere necesario. La utilización de fertilizantes líquidos (e.g. mezclas de UAN con tiosulfato de amonio), muy difundidas en el país, representan una opción muy práctica para aplicar N y S mediante aplicaciones "chorreadas" en superficie. Además de las ventajas operativas (mayor capacidad de trabajo), estas fuentes presentan mayor EUN cuando hay condiciones predisponentes para la ocurrencia de pérdidas por volatilización de amoníaco.

### **Boro**

El B es un nutriente móvil en el suelo. La fertilización a la siembra junto con las semillas no es recomendable ya que es tóxico para las semillas en germinación. Por ello, en general se recomienda aplicarlo en post-emergencia ya sea "chorreado" al suelo con fertilizantes líquidos (disuelto en soluciones nitrogenadas y/o nitro-azufradas) o bien pulverizado sobre el canopeo (vía foliar).

## **Conclusiones y consideraciones finales**

La mayor parte de los agro-ecosistemas pastoriles de la Región Pampeana se encuentran condicionados por diferentes limitaciones de fertilidad edáfica, particularmente deficiencias de nutrientes. La planificación del uso de las tierras destinadas a producción ganadera debería considerar una detallada descripción y clasificación de los suelos, incluyendo su capacidad de uso (limitaciones permanentes). Esta información constituye el marco de referencia para realizar posteriormente diagnósticos de las deficiencias nutricionales, basados en el los análisis de suelos y/o plantas. En verdeos y en pasturas plurianuales de gramíneas el N es el nutriente con mayor impacto productivo, pero un plan nutricional integral debería considerar además la disponibilidad de P y S. En praderas de leguminosas y en especial en alfalfa, se debe evaluar la acidez edáfica (pH y saturación de bases) y garantizar la adecuada disponibilidad de P, S y B. La adecuada provisión de estos nutrientes es central para un buen funcionamiento del sistema nodular y alcanzar altas eficiencias en la FBN. En praderas polifíticas, donde la proporción de leguminosas sea mayor al 20-30% el N lo aporta la transferencia del mismo desde el sistema radical de las leguminosas.

## **Bibliografía utilizada y recomendada**



- Álvarez, C; G Rubio. 2010. Acidez parámetros, efectos sobre los cultivos y manejo. En: Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la Región Pampeana. Sección 1. Capítulo 4. R. Alvarez; G. Rubio, C.R. Alvarez y R.S. Lavado (Eds). FAUBA. 423 p.
- Ball, DM; CS Hoveland & GD Lacefield. 2007. Southern forages. Modern concepts for forage crop management. Fourth Edition. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Norcross, Georgia. USA. 322 p.
- Basso, LR & MA Herrero, Producción animal y medio ambiente. 337-363. En: Agrosistemas: impacto ambiental y sustentabilidad. L. Giuffrè (Ed.). Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 493 pp.
- Bolton, A; GA Studdert & HE Echeverría. 2004. Utilización de estiércol de animals en confinamiento como fuente de recursos para la agricultura. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 24 N° 1-2: 53-73.
- Castino, 2007. E.G. Estimación y modalidades de uso de fertilizantes en el Mercado de pasturas. En: Simposio "Fertilidad 2007". "Bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos". Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI) y Fertilizar Asociación Civil. García, F y Ciampitti, I. Editores. p 79-83.
- Diaz-Zorita, M; DH Trasmonte. 2008. Fertilización de verdeos de invierno. En: Fertilización de cultivos y pasturas. 2º edición. R. Melgar & M. Diaz-Zorita (editores). Hemisferio Sur-INTA. 569 p.
- Garcia, FO; F Micucci; G Rubio; M Ruffo & I Daverede. 2002. Fertilización de forrajes en la region pampeana. INPOFOS. 72 p
- Herrero, MA & SB Gil. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral* 18: 273-289.
- Moscuzza, C.H. 2010. Intensificación de la producción agropecuaria. En: Aspectos Ambientales de las Actividades Agropecuarias. Fernandez Cirelli, A.F., Moscuzza, C. H., Pérez Carrera, A.L., Volpedo, A.V (Editores). Facultad de Ciencias Veterinarias y CETA (Centro Transdisciplinario del Agua). 189. p.
- Prystupa, P.; Torres Duggan; M.; Ferraris, G. 2012. Fuentes y formas de aplicación de azufre y micronutrientes en la Región Pampeana. En: Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Capítulo 6. Sección 2. Álvarez, R; Prystupa, P; Rodríguez, M.; Álvarez, C. (editores). Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 623 p.
- Rubio, G; F Micucci & FO García. 2012. Ciclado de nutrientes y fertilización de pasturas. En: Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Capítulo 16. Sección 1. Álvarez, R; Prystupa, P; Rodríguez, M.; Álvarez, C. (editores). Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 623 p.
- Sainz Rosas, H; H Echeverría & H Angelini. 2012. Fosforo disponible en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana argentina. *RIA*. Vol 38 N°1. P 34-39.
- Torres Duggan, M & J Lemos. 2009. Influencia de la fertilización con nitrógeno y azufre sobre la producción de forraje de raigrás anual. *Informaciones Agronómicas (IA)* del Cono Sur N°41. IPNI Cono Sur. 22-24 p
- Torres Duggan, M; R Melgar; MB Rodriguez; RS Lavado, R.S & IA Ciampitti. 2012. Sulfur fertilization in the argentine Pampas region: a review. *Agronomia & Ambiente*, 32 (1-2) 61-73.