

Requerimiento y manejo de fósforo y nitrógeno en pastura de alta producción.

María Alejandra Marino y Angel Berardo
Unidad Integrada Balcarce - (FCA-UNMdP - INTA)

Palabras Clave: pasturas, fertilización, nitrógeno, fósforo, azufre.

En los últimos años la ganadería Argentina está enfrentado cambios que afectan la producción, como la reducción de la superficie ganadera debido al progresivo incremento de la agricultura (en 8 a 10 millones de hectáreas), o al aumento en el precio de los granos que reduce la conveniencia de la suplementación. En este contexto, la productividad y la sustentabilidad de los sistemas ganaderos (principalmente en la región pampeana) dependen en gran medida de la eficiencia en la producción y utilización del pasto.

En nuestro país la productividad de las pasturas y pastizales naturales es inferior a la que potencialmente pueden ofrecer estos recursos (según las condiciones de suelo y clima), debido en gran parte a deficiencias en el abastecimiento de nutrientes que restringen el crecimiento de las especies forrajeras. En estos casos la fertilización puede ser una herramienta fundamental para aumentar la producción de forraje, si bien el agregado de fertilizantes en recursos forrajeros aún hoy es una práctica mucho menos difundida que en cultivos agrícolas.

En nuestros sistemas productivos la fertilización de las praderas suele realizarse sobre la base de recomendaciones generales. Estas últimas no siempre tienen en cuenta los requerimientos nutricionales específicos de cada caso al no considerar la demanda de nutrientes de la pastura y los aportes del suelo; por consiguiente esto afecta la eficiencia de uso de los fertilizantes y el beneficio de su aplicación, lo que tiene un alto impacto económico debido a la relevancia de este insumo en los costos de producción. Por lo tanto, para lograr un manejo eficiente de nutrientes

es necesario considerar los requerimientos de las especies utilizadas y los factores (características edáficas, climáticas o de manejo) que afectan el crecimiento de las pasturas y modifican la eficiencia de uso de los fertilizantes aplicados.

En este artículo se presentará información sobre los requerimientos de nutrientes en distintos recursos forrajeros (con énfasis en datos obtenidos en la Unidad Integrada Balcarce), mostrando además como puede variar la eficiencia de uso de los fertilizantes agregados.

Demanda de fósforo y de nitrógeno en pasturas.

Las plantas utilizan cantidades variables de diversos nutrientes minerales. Por su importancia, en este escrito se hará referencia al fósforo (P) y al nitrógeno (N) aunque en algunas áreas el crecimiento está restringido por deficiencias de otros nutrientes como el azufre (S), boro, etc.

La extracción de P en los suelos de la región pampeana sin su adecuada reposición ha provocado una generalizada deficiencia (acentuada principalmente por la intensificación de la agricultura), por lo que la respuesta a la fertilización fosfatada en pasturas está comprobada y existe bastante información al respecto.

Por ser un nutriente con escasa movilidad en el suelo, el P aplicado puede ser utilizado por las plantas por un período que se prolonga más allá del año de su aplicación. Este "efecto residual" puede presentar una magnitud variable, que depende de varios factores.

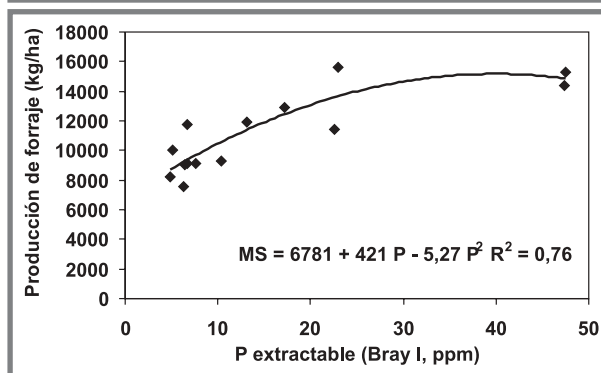


Por las propiedades que presentan los suelos de la región pampeana, los procesos de fijación suelen ser mínimos, y por lo tanto, la recuperación del P aplicado es elevada (70 - 80 %) con una residualidad que se prolonga a lo largo de los años, en función básicamente de la dosis de P aplicado y del nivel de extracción anual de la pradera.

A su vez, las leguminosas manifiestan la capacidad de abastecerse de N (a través del proceso de fijación simbiótica), y su crecimiento es altamente dependiente de la disponibilidad de P y, en algunas áreas como se mencionó también de azufre.

Tal como se ha demostrado en diversos trabajos, la producción anual de materia seca se incrementa a medida que aumenta la disponibilidad de P. Para el caso de alfalfa, a modo de ejemplo en el Gráfico 1 se indica la relación entre la disponibilidad de P y la producción de materia seca, la cual se incrementa hasta valores superiores a 20 - 25 ppm de P Bray.

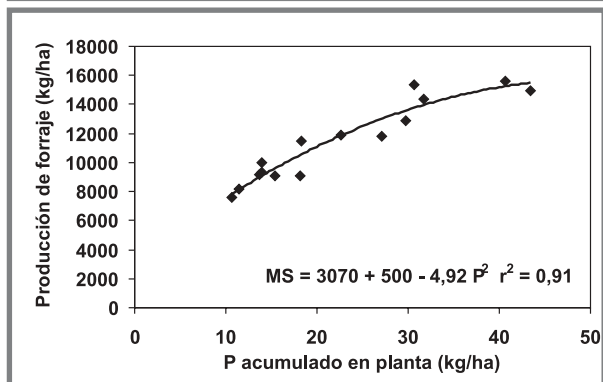
Gráfico 1 Relación entre el contenido de P extractable y la producción de materia seca de alfalfa en los cuatro años evaluados. Balcarce. Berardo y Marino, 2000a.



Si bien la tendencia es clara, está relación puede cambiar al variar las condiciones climáticas, edáficas y de manejo del cultivo.

La producción de forraje suele estar asociada al requerimiento o consumo de P de la pradera (Gráfico 2), aspecto este de importancia para el manejo de la fertilización fosfatada. Por lo tanto, cuando la disponibilidad de P en el suelo es baja, disminuye tanto la producción de forraje como la concentración de P en planta. A partir de los resultados presentados en los Gráficos 1 y 2, puede verse como la producción de materia seca varía aproximadamente entre 8000-9000 hasta 15000-16000 kg MS/ha/año en función de los niveles de P en el suelo que varían desde 7-8 hasta 25-30 ppm, y consumos de P entre 10 y 40 kg/ha/año correspondientes a concentraciones de P en el forraje de alfalfa de 0,15 hasta 0,30 %, respectivamente.

Gráfico 2 Relación entre la cantidad de P acumulado en planta y la producción anual de forraje de una pastura de alfalfa. Balcarce. Berardo y Marino, 2000b.



La cantidad de P a aplicar debería estar en función de la productividad esperada. En este caso, para obtener rendimientos relativamente altos de alfalfa (alrededor de 15 t MS/ha/año) se deben considerar consumos de aproximadamente 30 kg P/ha/año. Si bien, parte de este requerimiento puede ser abastecido por el P edáfico bajo pastoreo, deben considerarse los aportes por retorno de deyecciones y forraje no consumido, ya que el resto debe ser agregado vía fertilización. Cuando la utilización del forraje es bajo cortes y el nivel de P disponible no es el adecuado, la reposición en forma de fertilizantes debería ser total o casi total.

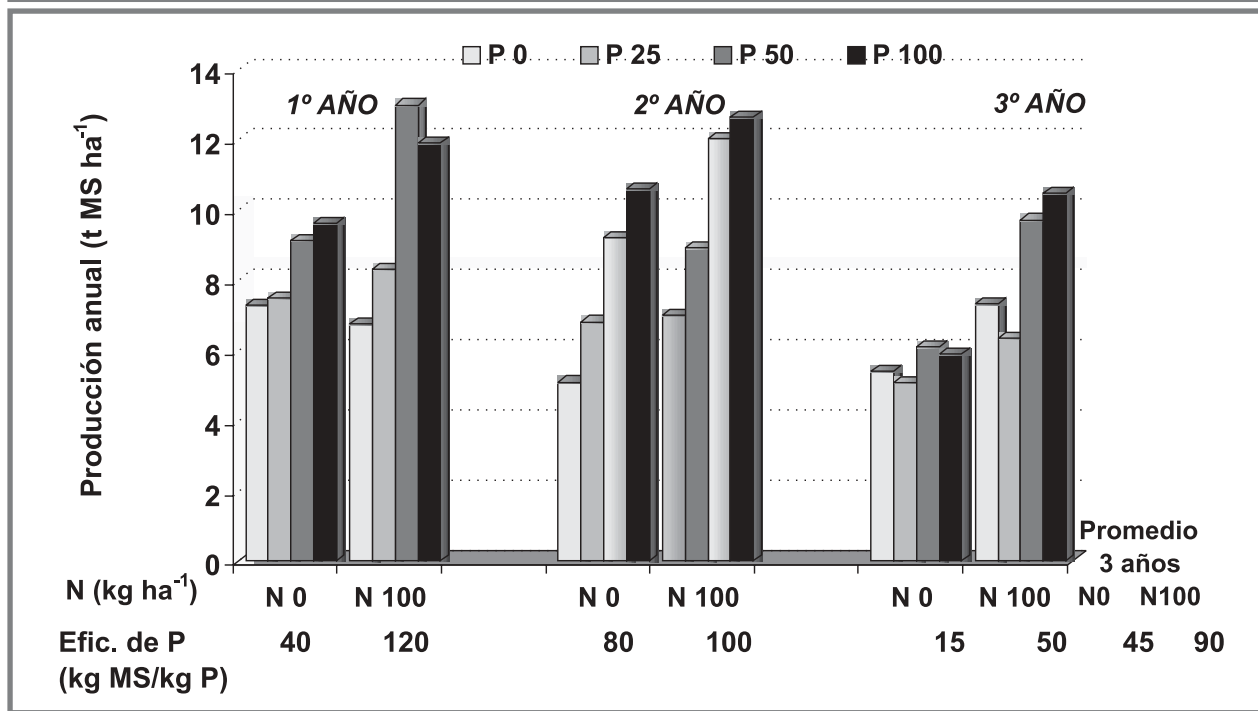
Es necesario considerar que la disponibilidad de un nutriente (ya sea N, P, S, etc.) modifica los requerimientos de los otros elementos indispensables para sostener el crecimiento vegetal. Por lo tanto, la deficiencia de alguno de ellos puede restringir o anular los beneficios de una fertilización, si no se realiza un manejo balanceado de la fertilización de las praderas.

Para una pastura de trébol rojo y trébol blanco consociada con festuca y cebadilla, en el Gráfico 3 se muestra como cambia su producción anual a lo largo de tres años con cuatro dosis de P aplicado inicialmente sin y con 100 kg de N/ha/año aplicados a la salida del invierno.

Cabe destacar que, la mayor producción de materia seca con el agregado de N implica incrementos en el requerimiento y consumo de P que alcanzaron los 30 kg P/ha/año para una producción de 12000-13000 kg MS/ha/año.

Estos resultados manifiestan una mayor respuesta a P cuando se fertiliza con nitrógeno, pero además

Gráfico 3 Producción anual de forraje de una pastura consociada con cuatro dosis de P aplicado a la siembra y la dosis de N aplicada anualmente, con las respectivas eficiencias del P aplicado (Marino y Berardo, 2000c).



la residualidad del P aplicado inicialmente se prolonga a lo largo de los tres años con una magnitud progresivamente mayor con las dosis más altas de P y el agregado de N. Los datos muestran claramente como la deficiencia de N reduce la eficiencia del P agregado. Así, en promedio para los tres años las respuestas o eficiencias de fertilizante fosfatado se duplican con la aplicación de N con valores de 45 y 90 kg MS/año/kg P aplicado sin y con el agregado de N. Esta respuesta al aporte de N indica que con la fertilización fosfatada solamente se restringe la producción de forraje de las pasturas consociadas y, que el suministro de N proveniente de las leguminosas es insuficiente para satisfacer la demanda de las gramíneas en la mezcla.

Resultados similares fueron obtenidos por Borrajo y col. (2006). En ese trabajo para un suelo con severas limitantes en el abastecimiento de P (Mercedes, Corrientes) la producción de forraje otoño - invierno - primaveral de raigrás anual estuvo restringida principalmente por el abastecimiento de P, pero la mayor producción de forraje se obtuvo con la combinación de las mayores dosis de P y de N.

Por último, en aquellas situaciones donde el S resulta limitante para el crecimiento de las pasturas, los efectos sobre la producción de forraje y la fijación

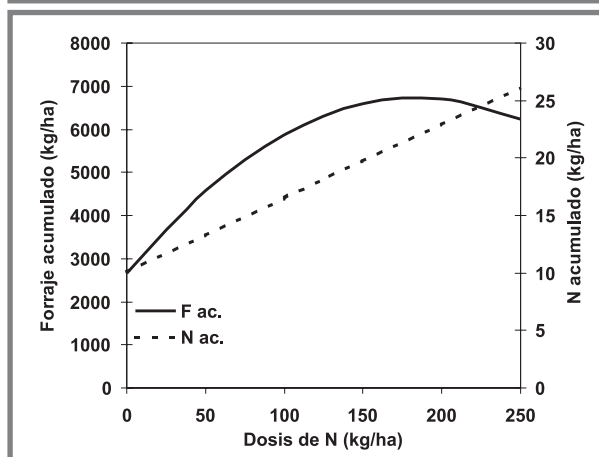
simbiótica del N son comparables a los causados por la deficiencia de P, siendo los requerimientos y las eficiencias (kg MS/kg S aplicado) similares a los de este último.

¿Cómo satisfacer los requerimientos de P y N en pasturas de alta producción?

Como se vio, lograr pasturas con altos niveles de producción sostenibles en el tiempo requiere de un elevado abastecimiento de nutrientes. Debido a que en general la oferta desde el suelo es limitada, es común encontrar pasturas creciendo a tasas inferiores a las que potencialmente podrían expresar estos recursos.

La fertilización tiende a atenuar o eliminar esta deficiencia, al realizar los aportes necesarios para cubrir los desbalances entre la oferta del suelo y la demanda de las pasturas. Sin embargo, el interés por eliminar la deficiencia nutricional podría promover suministros de nutrientes en cantidades superiores a los requerimientos de las plantas. En el Gráfico 4 tomando como ejemplo el N se observa como una vez que las plantas cubren sus requerimientos siguen absorbiendo y acumulando N en sus tejidos sin incrementos en la producción de forraje.

Gráfico 4 Curva de respuesta de la acumulación de forraje y de N en planta en función de la dosis de N aplicada (Marino y col., 2004).



Aplicaciones que superen los valores recomendados aumentan en forma desproporcionada tanto su concentración en los tejidos como las pérdidas hacia acuíferos y la atmósfera, reduciendo sustancialmente la respuesta del nutriente aplicado. Por esto es especialmente importante determinar los requerimientos nutricionales de las plantas para definir estrategias de fertilización que optimicen la eficiencia y minimicen las pérdidas. Por ejemplo, cuando las dosis recomendadas son elevadas y se trata de nutrientes móviles como el N es conveniente fraccionarlas en varias aplicaciones para prolongar sus efectos a lo largo de la estación de crecimiento, aumentando su

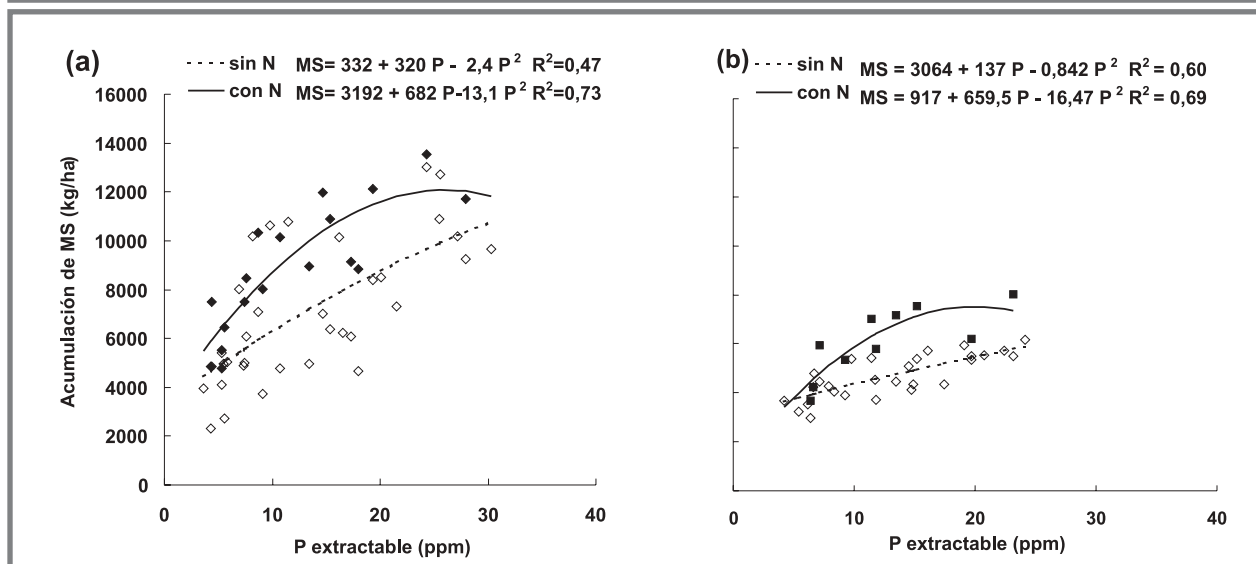
eficiencia (kg MS/kg N aplicado). Este mismo concepto es válido también para el manejo de la fertilización fosfatada, ya que aún tratándose de un nutriente poco móvil, las aplicaciones elevadas y muy distanciadas en el tiempo (con más de dos años entre aplicaciones) pueden incrementar excesivamente su concentración en el forraje y reducir su eficiencia en la producción de pasto.

Dado que los requerimientos nutricionales dependen del nivel de producción de forraje esperado, este debería ser el primer valor a establecer. Las condiciones edáficas (limitantes de profundidad, ph, etc.), climáticas (distribución de lluvias, temperatura, etc.) y de manejo (frecuencia e intensidad de defoliación, siembra convencional o directa de pasturas, etc.) que afecten el crecimiento de la pastura también controlan la producción y la respuesta a la fertilización.

Por ejemplo, en el Gráfico 5 pueden verse los cambios en la producción de forraje en función de la disponibilidad de P en el suelo con y sin aplicación de N, en años sin deficiencias hídricas y en un año con una sequía pronunciada. Por lo tanto, una herramienta útil puede ser los pronósticos climáticos a mediano plazo. Por lo general, cuando se dan condiciones de sequía los nutrientes utilizados son utilizados con posterioridad, cuando se reestablecen las condiciones para el crecimiento de la pastura.

El tipo de siembra también afecta la planificación de la fertilización, ya que bajo siembra directa de pasturas y de verdeos el suelo ofrece una menor disponibilidad de nutrientes que con labranza convencional,

Gráfico 5 Relación entre el contenido de P extractable y la producción de forraje de una pastura consociada en años con disponibilidad hídrica poco limitante (a) y en un año con stress hídrico prolongado (b). Berardo y Marino, 2000c.



al menos al inicio de esta práctica. La eliminación de los laboreos reduce la tasa de mineralización de la materia orgánica y aumenta la inmovilización de ciertos nutrientes, por lo que en los primeros años de implementación de esta práctica se requiere un mayor aporte de fertilizantes.

Asimismo, también deben planificarse las fertilizaciones en los años posteriores a la implantación de las pasturas, ya que tanto el consumo a través de los años como la falta de remoción del suelo, disminuyen la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento posterior.

Para nutrientes poco móviles como el P, su aplicación puede realizarse con anticipación al momento en que la planta lo demande, siendo en general las aplicaciones en otoño (ya sea anuales o cada dos años) las más recomendables. En cambio con nutrientes móviles (N por ejemplo) habría que ser más cuidadoso debiéndose aplicar apenas antes que sea demandado por las plantas, considerando además que los aportes del suelo por mineralización son variables (máximos en verano y mínimos en invierno). Por lo tanto las aplicaciones de N a fines de invierno y en menor dosis en otoño suelen ser las más convenientes. El S presenta características intermedias entre los nutrientes mencionados pudiéndose aplicar indistintamente con el P o con el N según las situaciones o los productos disponibles en el mercado.

Como se mencionó, cuando la disponibilidad de P y/o de N es baja la fertilización fosfatada y/o nitrogenada (sin deficiencias hídricas ni de otros nutrientes)

aumenta el crecimiento de las plantas y, consecuentemente, se anticipa la oferta de forraje con respecto a las pasturas no fertilizadas, aspecto fundamental al adelantar la utilización de las praderas.

Para establecer las dosis de fertilización a aplicar en función de los requerimientos de las especies utilizadas y de los niveles de producción definidos para cada situación, resulta útil conocer las eficiencias esperadas en cada caso (kg MS/kg nutriente aplicado), sobre todo para los nutrientes más móviles y de aprovechamiento rápido como el N y en parte el S. En este punto, adquieren importancia las decisiones empresariales además de los aspectos biológicos, ya que si bien las mayores eficiencias de la fertilización nitrogenada se obtienen con aplicaciones a la salida del invierno, es probable que la fertilización de otoño sea igualmente rentable aún con menores eficiencias biológicas.

Para el P el momento de aplicación es menos relevante (dentro de ciertos límites) ya que por su residualidad el aprovechamiento se prolonga más allá de un año y las dosis deberían cubrir como máximo un período de dos años para tener eficiencias óptimas. En la Tabla 1 se presentan valores indicativos de las eficiencias esperadas para aplicaciones de P, N y S sin otras limitaciones al crecimiento de las pasturas.

Consideraciones finales

En el corto plazo, el uso eficiente de los fertilizantes permite incrementar la productividad de los sistemas ganaderos, siempre que el forraje producido sea

Tabla 1 Eficiencias esperadas para aplicaciones de P, N y S en el crecimiento de las pasturas.

Período	Tipo de pastura	Respuesta ((kg MS/ha/año)/kg P aplicado)
Anual	Alfalfa	70 - 100
Anual	Pastura consociada	45 - 50
Anual	Pastura consociada + N	90 - 100
Acumulada 3-4 años		200 - 250

Período	Tipo de pastura	Respuesta ((kg MS/ha/año)/kg N aplicado)
Fin de invierno-primavera	Pasturas/verdeos de invierno	25 - 40
Otoño	Verdeos de invierno/pasturas	10 - 20
Fin de otoño-invierno	Pastura	10 - 15

Período	Tipo de pastura	Respuesta ((kg MS/ha/año)/kg S aplicado)
Anual	Pasturas	150 - 250

rápida y eficientemente transformado en carne, leche o lana.

Considerando que una fertilización balanceada de pasturas permite duplicar o hasta triplicar la producción de forraje, entonces una misma cantidad de forraje presupuestada, puede lograrse en una menor superficie, reduciendo los costos de implantación y mantenimiento de los recursos, así como también se pueden liberar lotes o parte de ellos para realizar otras actividades.

Finalmente, la incorporación de nutrientes en los recursos forrajeros contribuye a evitar el deterioro de la fertilidad de los suelos y ofrece mejores condiciones para los cultivos o las praderas que ocupan el suelo con posterioridad. La fertilización compensa, al menos parcialmente, la extracción de nutrientes de las actividades productivas y puede mejorar la fertilidad del suelo por los aportes de N y de materia orgánica. □

Bibliografía

Berardo, A. y Marino, M.A. 2000a. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. II - Alfalfa. XVIIº Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000. En CD.

Berardo, A. y Marino, M.A. 2000a. Producción de forraje de alfalfa bajo diferentes niveles de nutrición fosfatada en el sudeste bonaerense. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 N° 2:93-101.

Berardo, A. y Marino, M.A. 2000b. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. II - Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a fósforo. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 N° 2:113-121.

Berardo, A. y Marino, M.A. 2000c. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. I - Pasturas consociadas. XVIIº Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000. En CD.

Borrajó, C.I., Altuve, S.M., Barbera, P. y Ramírez, M. 2006. Efecto de la fertilización fosfatada y nitrogenada sobre la producción de forraje de *Lolium multiflorum* en Corrientes. Rev. Arg. de Prod. Animal, 29º Congreso Argentino de Producción Animal. En CD.

Marino, M.A., A. Mazzanti, S.G. Assuero, F. Gastal, H.E. Echeverría and F. Andrade. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* 96: 601-607.