

El rol de la nutrición mineral de los recursos forrajeros en sistemas intensificados de producción ganadera

Mónica G. Agnusdei¹, Alejandra Marino².

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA EEA Balcarce), magnusdei@balcarce.inta.gov.ar

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA, UNMP).

Existe actualmente una importante demanda tecnológica para incrementar la producción de los recursos forrajeros en forma compatible con una ganadería rentable y competitiva. El presente artículo pretende sintetizar algunos conceptos y conocimientos disponibles que pueden servir para incrementar significativamente la producción de forraje por unidad de superficie, en cantidad y calidad, de manera compatible con criterios de cuidado ambiental y sustentabilidad en el largo plazo.

Pasturas perennes y cultivos forrajeros: sus roles productivos y ecosistémicos

Es importante distinguir los roles que pueden jugar los diferentes recursos forrajeros, y sus posibles complementaciones, en un contexto virtuoso de intensificación. Las pasturas perennes constituyen un componente central en este escenario. Dentro de ellas, las pasturas con leguminosas merecen un capítulo especial debido a su rol como *fuentes biológicas de fijación de N atmosférico*, aceptadas como alternativas de bajo costo económico y energético, de alto potencial para maximizar la eficiencia de uso de nutrientes y para mejorar y mantener la fertilidad edáfica. Si bien las pasturas perennes, ya sea mixtas o monofíticas, fueron un componente tradicional de los sistemas agrícola ganaderos de la región pampeana húmeda, y del país en general, su importancia ha retrocedido recientemente de manera alarmante con el proceso de agriculturización. Este fenómeno no es ajeno a lo que ocurre en el resto del mundo, existiendo actualmente muchos esfuerzos destinados a revalorizar su rol como recursos renovables multifuncionales que, además de fines productivos para la alimentación del ganado, pueden cumplir también funciones ecosistémicas vitales tales como la retención de agua de los suelos, al control de la erosión y de la fuga de minerales, el secuestro durable de Carbono atmosférico, entre otros. Estas capacidades potenciales de las pasturas perennes están en alto grado asociadas a su aptitud para crecer en forma rápida inmediatamente que ocurren condiciones ambientales favorables, como también a la mayor propagación del sistema radical en el espacio edáfico. Ambos atributos inherentes a la perennidad favorecen la capacidad de este

tipo de recursos para maximizar la captura y la eficiencia de uso de los recursos ambientales (luz, agua, nutrientes) a lo largo del año. Estos hechos se sustentan en la mayor exploración del suelo y en la concomitante expansión del ambiente rizosférico, o sea, del entorno exclusivo donde ocurre la actividad biológica y los procesos que determinan la fertilidad (v.g. ciclo de deposición y mineralización de la materia orgánica) y la funcionalidad del suelo como reservorio y proveedor de recursos como el agua y los nutrientes minerales nativos, esenciales para la productividad y la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Los cultivos anuales generalmente tienen una mayor asignación reproductiva que las especies perennes, hecho que se traduce en ventajas fisiológicas y ecofisiológicas coyunturales para transformar más eficientemente los recursos del ambiente en forraje. En el caso de los verdeos de invierno, por ejemplo, la diferenciación reproductiva que ocurre a lo largo del otoño y el invierno conlleva en las plantas fenómenos hormonales y arquitecturales que sinergizan la capacidad de crecimiento del cultivo y, por ende, la eficiencia con que los recursos ambientales se convierten en forraje. Las tecnologías de múltiple cultivo, combinando especies anuales con ciclos complementarios de crecimiento en una misma unidad de superficie, constituyen alternativas muy en boga que tienen la finalidad de explorar el potencial de los diferentes ambientes y extender estas ventajas productivas estacionales a escala anual. Sus ventajas por sobre las pasturas perennes de alta producción dependerán fuertemente de los niveles de productividad por unidad de superficie ocupada por el múltiple cultivo, muy sensibles al riesgo climático y a las variaciones en el costo de los insumos, como también a factores sistémicos vinculados con los posibles efectos secundarios negativos sobre la productividad de las pasturas debido a la sobrecarga para sostener las áreas de cultivo, entre otros.

Capacidad productiva de pasturas y verdeos

En la región pampeana bonaerense las pasturas perennes con mayor potencial de distribución territorial son las mezclas de gramíneas y leguminosas templadas, de diversa complejidad, y las pasturas monofíticas de gramíneas templadas. En muchos casos éstas últimas resultan de la evolución de pasturas originalmente polifíticas. Los verdeos de invierno (v.g. avena, raigrás anual) y los cultivos voluminosos de verano (v.g. maíz, sorgos) constituyen actualmente componentes claves y en muchos casos exclusivos de las cadenas forrajeras de los sistemas ganaderos regionales. En este artículo haremos referencia sólo a los primeros.

Mezclas gramínea/leguminosa

Resulta interesante preguntarse porqué razón si bien las especies componentes de las mezclas gramínea/leguminosa típicamente usadas en la

región tienen la capacidad de crecer activamente en otoño invierno primavera, como ilustraremos más adelante para el caso de las gramíneas perennes, la curva estacional de producción de forraje de estas pasturas se concentra hacia fines de primavera en buena parte de esta región (Figura 1). Hay varias razones, todas ellas vinculadas con la evolución de la temperatura ambiental:

- La fijación simbiótica y, por ende, la disponibilidad de N para la leguminosa se activa hacia fines de primavera.
- La mineralización de la materia orgánica del suelo y, por ende, la liberación de formas asimilables de N edáfico nativo para asistir los requerimientos de ese mineral que tienen las gramíneas se activa también hacia fines de primavera (Figura 2)
- Durante los meses fríos (temperaturas por debajo de 8-10°C) la disponibilidad de formas asimilables de N edáfico nativo es mínima y largamente insuficiente para asistir los requerimientos de las gramíneas (Figura 2).

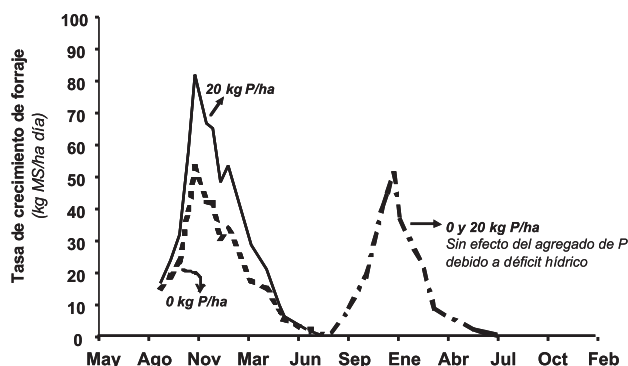


Figura 1. Tasas de crecimiento de forraje de una pastura de cebadilla criolla, pasto ovillo y trébol rojo durante el primer y segundo año desde la implantación bajo dos dosis de fertilización fosfatada (Adaptado de Agnusdei et al., 2001)

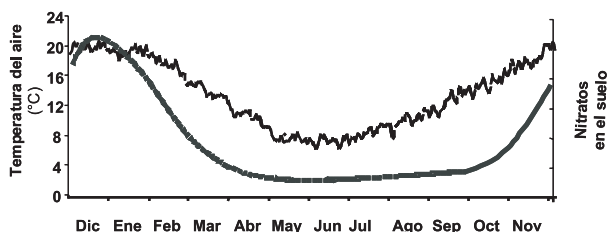


Figura 2. Variación estacional de la temperatura media diaria del aire (°C) y del contenido de nitratos en el suelo (Adaptado de Echeverría y Bergonzoi, 1995).

La producción esperable de estas pasturas en años con condiciones fosfóricas e hídricas adecuadas para el crecimiento (Agnusdei et al., 2001) puede alcanzar alrededor de 12-14 t MS/ha año en pasturas consociadas con trébol rojo en suelos de moderada a muy buena aptitud agrícola, y 8-9 t MS/ha año en pasturas consociadas con tréboles sobre suelos ganaderos. Un rasgo saliente de las pasturas de gramíneas y tréboles es que su productividad estival es altamente sensible a la disponibilidad hídrica, hecho que determina que en nuestra región las tasas de crecimiento de forraje sean frecuentemente bajas o nulas en este período. En la práctica, estas pasturas se comportan consistentemente por debajo de su potencial productivo, aún con buena dotación de P, debido a la baja persistencia de la leguminosa (Scheneiter, 2004). En general la proporción de tréboles difícilmente supere el 10-20% de la biomasa de las pasturas, siendo esta proporción variable estacionalmente y entre años, hecho que se asocia a producciones erráticas y caídas marcadas de la productividad en el corto plazo.

Las mezclas gramínea-leguminosa constituyeron el ideotipo sobre el cual se basaron los criterios de manejo de pasturas en nuestra región, tomando como base los conocimientos, resultados productivos y tecnologías de manejo derivadas del modelo raigrás-perenne-trébol. La fórmula, muy probada en regiones de veranos con temperaturas suaves y baja demanda atmosférica de agua como Nueva Zelanda y las islas británicas, se sustenta en una adecuada fertilización fosfórica como clave para asegurar el aporte de N al sistema a través de las leguminosas. Las condiciones ecológicas mencionadas resultan también propicias para mantener a la pastura en activo crecimiento desde fines de primavera hasta el otoño y, consecuentemente, para que el N nativo liberado durante el proceso de mineralización de la materia orgánica sea mayormente re-utilizado por las especies forrajeras. Los rendimientos de este tipo de pasturas pueden alcanzar las 10-12 t MS/ha año, con una distribución primavero-estivo-otoñal de tipo unimodal (Figura 3). Sin embargo, las condiciones ideales para que se acoplen adecuadamente los diferentes procesos del ciclo del N en el sistema suelo-planta-atmósfera de pasturas con leguminosas no son conspicuas en la región pampeana bonaerense, como tampoco en otras regiones ganaderas del mundo. Por tal razón, la temática y el desarrollo de tecnologías para aprovechar los beneficios de las leguminosas en la agricultura y la ganadería son de alta vigencia en la actualidad.

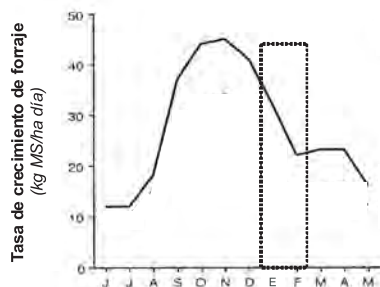


Figura 3. Tasas de crecimiento de forraje de una pastura de raigrás perenne y trébol blanco con adecuada disponibilidad de fósforo en Nueva Zelanda. El rectángulo punteado indica la época cálida, período en que las tasas al menos duplican los valores mínimos del invierno.

Los rendimientos de las mezclas gramínea leguminosa fertilizadas exclusivamente con fósforo pueden ser similares y hasta superar los alcanzados por pasturas de gramíneas fertilizadas con niveles de N del orden de 200 kg/ha año o más, siempre y cuando la proporción de leguminosas sea elevada, mayor a 50%, hecho difícil de mantener más allá de los 2 a 3 años (2009). Similares resultados obtenidos localmente en Pergamino (Scheneiter, 2005) confirman el potencial que pueden tener estos recursos bajo ciertas condiciones ecológicas y abren renovadas expectativas en cuanto a mejoramiento de germoplasma y al desarrollo de técnicas de rehabilitación de mezclas. La respuesta productiva observada refleja que las condiciones ecológicas de ese ambiente son, por ejemplo, más favorables que las que ocurren en el SE bonaerense. El adelantamiento en la elevación de las temperaturas de primavera y, por ende, de la mineralización de la materia orgánica, conjuntamente con la ocurrencia de condiciones hídricas favorables, serían los principales factores que favorecerían un mejor aprovechamiento por parte de las gramíneas del N nativo proveniente de la materia orgánica aportada al sistema por las leguminosas. Estas mismas razones explicarían, en alto grado, las menores respuestas encontradas a la fertilización N en este tipo de ambientes. A su vez, advierten sobre la inconveniencia de extrapolar criterios o paquetes tecnológicos sin tener en cuenta posibles interacciones con los factores determinantes de las respuestas biofísicas esperadas.

Gramíneas templadas perennes y verdes de invierno

Al igual que en el caso de las pasturas mezcla gramínea/leguminosa, cabe aquí cuestionarse sobre las causas que determinan la falta de crecimiento de las pasturas de gramíneas en los meses fríos del año. Las razones son las mismas que las planteadas para el caso de las gramíneas templadas

integrantes de las mezclas: si bien estas especies tienen la capacidad de crecer activamente a partir de temperaturas del orden de los 8-10°C (Figura 1), la cantidad de formas asimilables de N edáfico nativo (Figura 2) resulta insuficiente para asistir sus requerimientos. Dicho de otra forma, el desacople que existe entre la demanda de N de las pasturas y la oferta del ambiente determina que si bien el período de tasas mínimas de producción de forraje no debería extenderse más allá de los meses de pleno invierno, las mismas se mantengan en niveles mínimos desde mediados de otoño hasta mediados de primavera calendario.

Esta capacidad de las gramíneas perennes para crecer activamente a bajas temperaturas ha sido verificada aún en especies como agropiro alargado (Figura 4), clásicamente considerada como especie de crecimiento primavera-estivo-otoñal. Bajo condiciones de adecuada disponibilidad de N y P, esta especie, al igual que el resto de las gramíneas templadas usadas en la región, expresan tasas de producción de forraje a la salida del invierno que pueden duplicar o más las alcanzadas en condiciones no limitantes de disponibilidad de P. Ello conlleva, adicionalmente, adelantamientos en la oferta de forraje superiores a los 15-20 días que, en sí mismos, pueden ser de mayor importancia estratégica a nivel del sistema de producción que los incrementos logrados en producción total de forraje. Tal como lo muestra la Figura 5, en este período de salida del invierno las respuestas productivas esperables entre años son muy estables como consecuencia de la improbabilidad de que ocurran condiciones de déficit de agua. Si bien las lluvias pueden ser variables entre años, durante el invierno la demanda hídrica atmosférica y de las pasturas es reducida, por lo que el perfil del suelo generalmente tiene una provisión suficiente como para asistir los requerimientos de las pasturas en dicha estación.

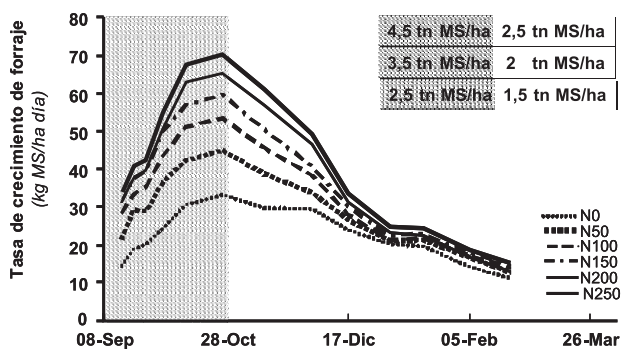


Figura 4. Tasas de crecimiento de forraje de agropiro alargado bajo diferentes niveles de disponibilidad de nitrógeno. N0-50-100-150-200-250 indican la dosis total de Nitrógeno agregado como urea (46% N) a mitad de Julio. En todos los casos se fertilizó con 20 kg/ha de fósforo agregado como superfostato triple. Los valores de la tabla indican la producción acumulada de forraje entre mitad de Julio y fin de Octubre (fondo rayado) y hasta fin de Diciembre (fondo blanco). (Adaptado de Agnusdei et al., 2001)

En cuanto a los verdes de invierno (v.g. avena, raigrás anual), tal como se mencionó inicialmente en este artículo, en el período de bajas temperaturas invernales las gramíneas forrajeras anuales presentan mayor capacidad productiva que las especies perennes frente al incremento en la disponibilidad de recursos (v.g. fertilización mineral) (Figura 6). Así por ejemplo, los verdes de invierno pueden alcanzar tasas de crecimiento similares o superiores respecto de las que se logran con pasturas perennes en el mismo período con suministros inferiores o equivalentes de N, hecho que ilustra sobre la magnitud de las ventajas previamente mencionadas. Ello tiene implicancia bioeconómicas relevantes: si se necesita incrementar la producción de forraje en otoño e invierno, los verdes de invierno constituyen una alternativa con potencial para incrementar la eficiencia de uso del N del sistema. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en nuestra región las condiciones hídricas del otoño son marcadamente más variables que las de salida del invierno (Figura 5) hecho que impone un grado importante de incertidumbre a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en este período.

La producción de forraje esperable en la región bajo condiciones fosfo nitrogenadas e hídricas adecuadas para el crecimiento es de alrededor de 12 t MS/ha año para las gramíneas templadas perennes y de 6 t MS/ha en el período otoño invernal para los verdes de invierno, siendo factible alcanzar niveles productivos aún mayores en caso que se permita el desarrollo reproductivo de las pasturas (v.g. con fines de henificación) (Agnusdei et al., 2001). De manera interesante, los resultados experimentales obtenidos a lo largo de más de 10 años, abarcando especies perennes y anuales, diversas estaciones y suelos indican que es factible alcanzar niveles productivos elevados, del orden de 0,7 a 0,8 respecto del potencial, con suministros de N anuales en el rango de 120 150 kg/ha (Agnusdei et al., aceptado). Estos niveles de suministro son sustancialmente menores que los usados en sistemas intensificados de otras regiones del mundo (v.g. 200 a 250 kg N/ha año en sistemas lecheros en seco de Australia o Nueva Zelanda), aún menores que los niveles que generaron problemas serios de contaminación en Europa (mayores a 400 kg N/ha año), y están en conformidad con los criterios de cuidado ambiental más aceptados en la actualidad (v.g. Dairy Extension Service, 2009).

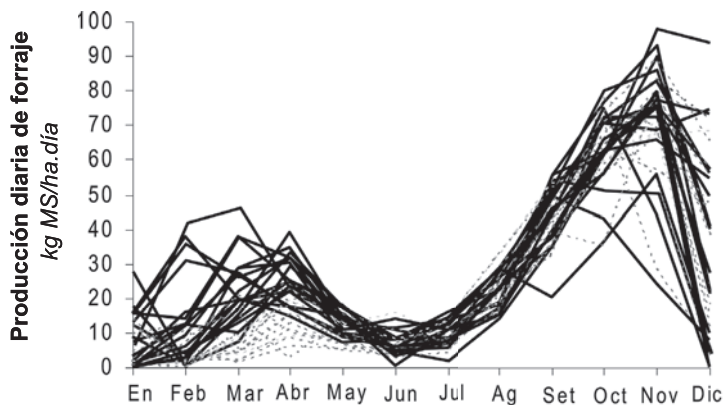


Figura 5. Tasas de crecimiento de forraje estimadas para festuca alta para una serie climática de 37 años. Las líneas grises punteadas indican años de baja producción forrajera asociados a baja disponibilidad hídrica en otoño.

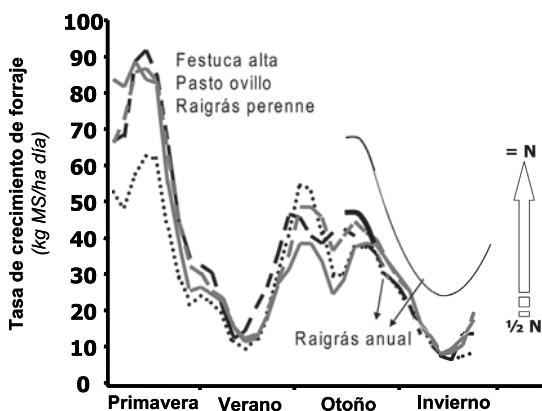


Figura 6. Tasas de crecimiento de forraje de gramíneas forrajeras perennes de tipo templado (v.g. festuca alta, pasto ovillo, raigrás perenne) y de raigrás anual (indicado con flechas) bajo condiciones adecuadas de disponibilidad de nutrientes, en seco, con adecuadas lluvias otoño-invierno-primaverales (Adaptado de Arosteguy y Mazzanti, 1997 y Mazzanti et al., 1995).

La flecha ascendente indica que a similar o a aproximadamente la mitad de la disponibilidad de nitrógeno edáfico (=N y 1/2 N, respectivamente) las tasas de crecimiento de raigrás anual son mayores o similares, respectivamente, que las gramíneas perennes.

Algunos criterios para el manejo de la nutrición mineral

Respuesta al agregado de N

Las pasturas responden al agregado de N cuando la disponibilidad de formas asimilables del mineral limita su crecimiento. La respuesta de las pasturas deficientes se incrementa con la tasa de N agregada/ha, sin embargo las mayores respuestas de MS por kg de N aplicado se obtienen en el rango de los 25 a 50-60 kg de N, siempre y cuando exista margen para incrementar el crecimiento, hecho que debe acompañarse con la ocurrencia o previsión de condiciones favorables para el crecimiento de las pasturas. Sin embargo, la existencia de ineficiencias debidas a pérdidas por volatilización o lixiviado, como debido a la captura de parte del N agregado por los microorganismos del suelo, las aplicaciones superiores a 50 kg son generalmente menos riesgosas en cuanto a falta de respuesta. En ciertos aquellos planteos en que es estratégico adelantar sustancialmente el crecimiento de las pasturas, las dosis que se requieran son mayores, del orden de los 100 kg de N/ha, de modo de lograr adelantamientos que pueden ser del orden de hasta 30 días a la salida del invierno y del orden de 15 a 20 en otoño.

Suministro de N

La cantidad de fertilizante N que puede usarse por año y sus efectos en el ambiente y en el crecimiento de la leguminosa acompañante son motivo de profundas consideraciones en el ámbito científico tecnológico. Las opiniones actualmente más aceptadas indican que la aplicación total no debería superar los 150-200 kg N/ha año sin riesgos mayores de pérdidas al ambiente.

La baja disponibilidad de N en los meses fríos es una característica también inherente a las mezclas de gramíneas y tréboles que, de hecho, restringe la productividad anual de este tipo de pasturas. El suministro de N para promover el crecimiento de las gramíneas es una práctica común en países como Australia y Nueva Zelanda, particularmente en sistemas lecheros intensivos. Las recomendaciones indican que la dosis total sea fraccionada en dosis no mayores a los 60 kg N/ha, aplicadas en los meses más frescos del año cuando el crecimiento de la leguminosa está limitado por temperatura, de modo de no afectar la cantidad de N fijado. Las recomendaciones reparan específicamente en que el pastoreo se controle adecuadamente de modo debe evitar el sombreo de la leguminosa.

Tipo de fertilizante

En ciertas economías, el costo del fertilizante de base se hace en función del costo por unidad de N, llegando a ser más conveniente aplicar fosfato diamónico (PDA) que urea. Para nuestras condiciones, sin embargo, consideramos que

Lo más conveniente en cuanto a respuesta biológica y económica es realizar aplicaciones fosfo-nitrogenadas balanceadas, basadas en algún tipo de diagnóstico previo. La relación N:P puede aceptarse en el orden de 10:1, y los cálculos de las cantidades absolutas deberán contemplar un factor debido a ineficiencias que variarán con el tipo de suelo, condiciones climáticas.

Tipo de pastura

Las mejores respuestas se obtendrán en pasturas densas y con dominancia de gramíneas. Las gramíneas anuales presentan respuestas más altas que las perennes, particularmente a las temperaturas invernales.

Momentos más apropiados para suministrar N

Las aplicaciones estratégicas de N se recomiendan sólo para aquellos períodos en que se prevén déficits de forraje. En las regiones de clima templado húmedo esos períodos son generalmente previsibles en otoño, fin de invierno y principio de primavera, períodos en que es factible encontrar respuestas debido a la baja disponibilidad edáfica de N asimilable para las plantas (Figura 2). En condiciones de secano el contenido de N del suelo durante verano y otoño temprano suele ser suficiente para asistir las demandas de las pasturas debido a la mineralización que ocurre durante el verano. El suministro de N también puede ser recomendado para aumentar la producción de forraje con destino a silo o heno y para verdeos de invierno o verano.

La nutrición mineral y la eficiencia del sistema

El estado de nutrición mineral de las pasturas tiene implicancias que van más allá de la producción de forraje en sí misma. Una de ellas es la posibilidad de incrementar la eficiencia de uso de otros recursos disponibles, por ejemplo, las precipitaciones. Resultados obtenidos en una serie amplia de experimentos locales llevados a cabo en Balcarce muestran que la conversión en forraje se incrementó de 4 a 8 kg de MS/mm a más del doble entre pasturas severamente restringidas y pasturas que desarrollaban en condiciones apropiadas para el crecimiento de las pasturas (Figura 7).

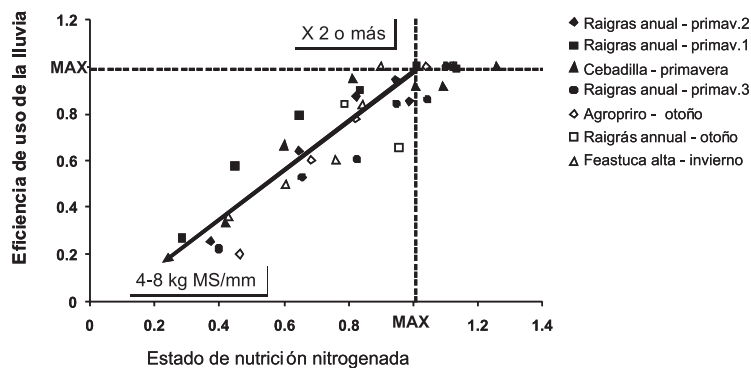


Figura 7. Proporcionalidad entre la eficiencia de uso de la lluvia y el estado de nutrición nitrogenada en diversos recursos forrajeros y estaciones de crecimiento.

Las pasturas adecuadamente nutridas también permiten lograr mayores niveles de eficiencia de utilización del forraje producido¹ y mayor conversión en producto animal (v.g. ganancias diarias de peso vivo, litros de leche). Ello es consecuencia, en alto grado, del menor tiempo requerido para alcanzar biomasa objetivo de pastoreo respecto de las pasturas restringidas nutricionalmente. Así, las mayores tasas de crecimiento de forraje alcanzables ofrecen la posibilidad de realizar pastoreos más frecuentes, hecho que promueve pasturas más densas y foliosas (cespitosas) que favorecen el proceso de cosecha y la utilización más pareja de la superficie en pastoreo. Paralelamente, el menor tiempo requerido para alcanzar la biomasa objetivo de pastoreo se traduce en forraje más joven y, consecuentemente, de mayor calidad nutritiva.

Consideraciones finales

Los sistemas ganaderos de la región pampeana húmeda son muy diversos y existen múltiples alternativas en cuanto a recursos forrajeros y sus combinaciones en cadenas de diferente grado de complejidad y nivel de intensificación. El presente artículo se centró en tres alternativas tipo: pasturas perennes de gramíneas, pasturas mezcla entre gramíneas y leguminosas

¹ Se entiende por *eficiencia de utilización de forraje producido* a la relación entre el forraje cosechado y el crecimiento neto, es decir, la proporción del forraje producido que no llega a senescer en los intervalos entre pastoreos. Vale mencionar que el forraje que senesce pierde sustancialmente peso, valor nutritivo y, bajo condiciones de clima templado, se descompone con bastante rapidez. La falta de consideración del valor de este compartimento conlleva, generalmente, a sobreestimar el grado de aprovechamiento del forraje producido por las pasturas.

La *eficiencia de cosecha* se refiere a la relación entre el forraje disponible y el forraje consumido en un momento dado. Este valor, el cual es corrientemente aplicado para la asignación de áreas de pastoreo, tiempos de permanencia, etc., no debe tomarse como indicador del nivel de eficiencia de utilización alcanzado en el sistema.

perennes, y verdes de invierno. Se presentó información que ilustra la magnitud de las respuestas esperables en cuanto a incremento en la producción anual y estacional de forraje en la medida que se remueven las limitaciones de nutrición fosfo nitrogenadas, indicando que ello tiene efectos secundarios deseables en cuanto al aprovechamiento del potencial del ambiente, como también en términos de aumentar la capacidad de transformar el forraje producido en producto animal.

Las acciones específicas presentadas requieren evaluarse a escala sistémica contemplando, entre otros aspectos, combinaciones de diferente potencial productivo, riesgo y resultado económico. Entre ellas, las pasturas perennes de alta producción, ya sea de gramíneas o en mezcla con leguminosas, y las cadenas forrajeras de alta producción, resultantes de combinar pasturas de alta producción y múltiple cultivo de verdes anuales de invierno y cultivos voluminosos de verano, constituyen algunas de las alternativas con potencial para incrementar la productividad y la competitividad de los sistemas intensificados de producción.

Bibliografía citada

AGNUSDEI M.G., COLABELLI M.R., FERNÁNDEZ GRECCO R.C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. CERBAS, Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA EEA. Balcarce Boletín Técnico N° 152.

AGNUSDEI M.G., ASSUERO S.G., LATTANZI F.A., MARINO M.A. The use of the Nitrogen Nutrition Index to predict responses to N fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems. (aceptado).

ECHEVERRÍA H.E., BERGONZI R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. CERBAS, Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA. EEA Balcarce. Boletín Técnico No.135.

NYFELER D., HUGUENIN ELIE O., SUFER M., FROSSARD E., CONNOLLY J., LÜSCHER A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. Journal of Applied Ecology, 46, 683 691.

SCHENEITER O. 2004. Utilidad y limitaciones de los tréboles en las pasturas de la región pampeana húmeda. En: Reunión Anual sobre Forrajeras. Producción de pasto de calidad. INTA EEA Pergamino, 16 de Noviembre. 15 pp.

SCHENEITER J.O., BERTÍN O.D. 2005. Fertilización en pasturas mixtas. Jornada a Campo: Avances en producción y manejo de pasturas. INTA EEA Pergamino, 22 de Setiembre 2005. <http://www.produccion-animal.com.ar> (revisado 30-10-09)