
NITROGENO EN PASTURAS

Seminario de Actualización Técnica
INIA La Estanzuela
13 octubre de 1994

Coordinadores

Alejandro Morón*
Diego F. Risso**

* Ing. Agr., Dr., Suelos INIA La Estanzuela

** Ing. Arg., M.Sc., Pasturas INIA Tacuarembó

Título: NITROGENO EN PASTURAS

Coordinadores: Alejandro Morón, Diego F. Risso

Serie Técnica N° 51

© 1994, INIA

ISBN: 9974-38-024-3

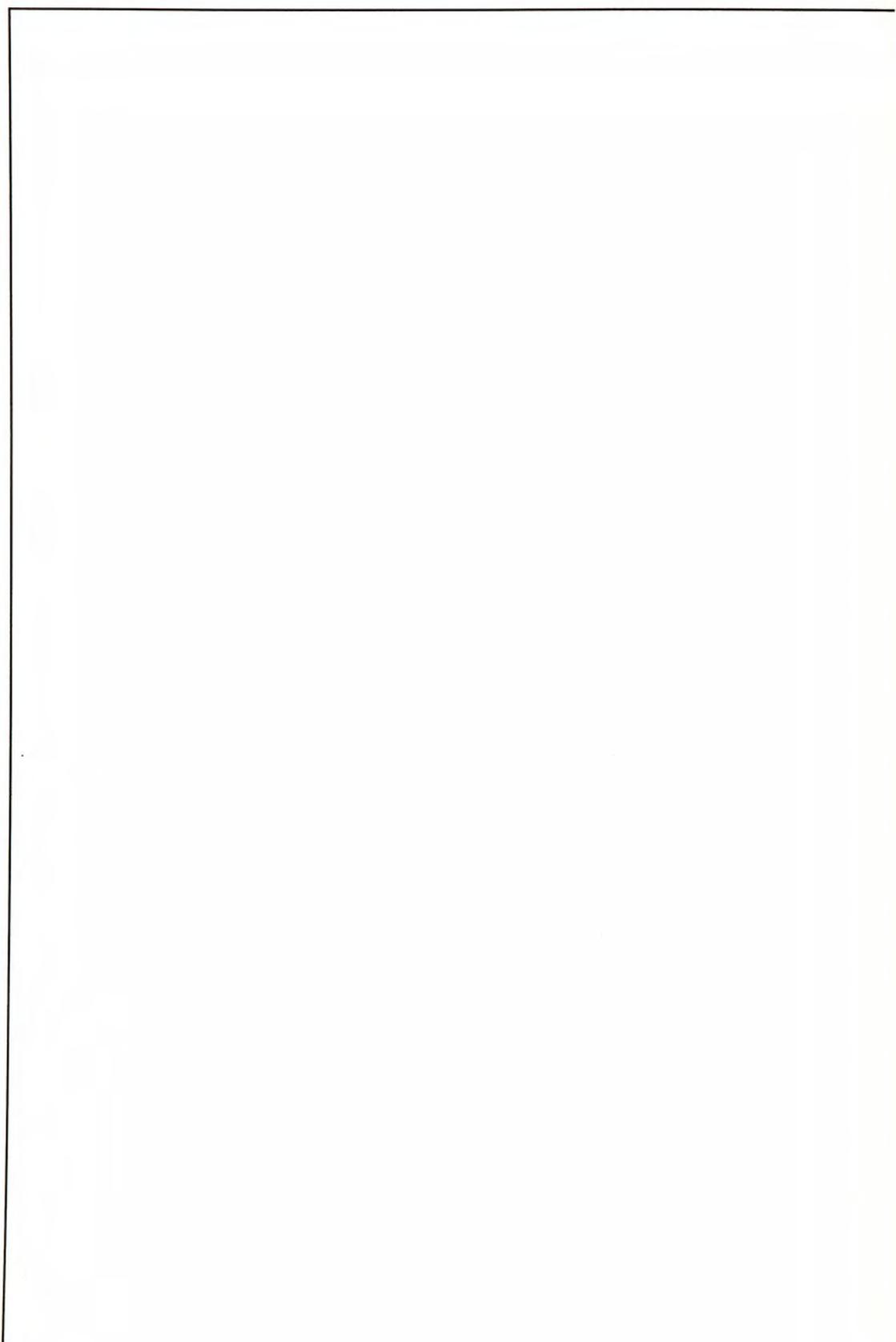
Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

INDICE

Página

EL CICLO DEL NITROGENO EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA-ANIMAL ...	1
<i>Alejandro Morón</i>	
FIJACION DE NITROGENO POR LEGUMINOSAS EN LA ESTANZUELA	13
<i>Jaime A. García</i>	
<i>Carlos Labandera</i>	
<i>David Pastorini</i>	
<i>Salvador Curbelo</i>	
EFFECTO DE DOSIS Y MOMENTO DE APLICACION DE NITROGENO SOBRE LA PRODUCCION DE SEMILLA DE FESTUCA TACUABE, FALARIS URUNDAY Y DACTILYS OBERON	19
<i>Francisco A. Formoso</i>	
FERTILIZACION NITROGENADA EN PASTURAS MEZCLA	27
<i>Mónica Rebuffo</i>	
NITROGENO EN CAMPO NATURAL	33
<i>Walter Ayala</i>	
<i>Milton Carámbula</i>	
RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE TRES GRAMINEAS SEMBRADAS EN COBERTURA	43
<i>Walter Ayala</i>	
<i>Milton Carámbula</i>	
FERTILIZACION NITROGENADA EN SISTEMAS GANADEROS	49
<i>María Bemhaja</i>	
ASPECTOS BASICOS DEL METABOLISMO DEL NITROGENO EN RUMIANTES	57
<i>Yamandú M. Acosta</i>	
COMENTARIOS GENERALES SOBRE EL SEMINARIO "Nitrógeno en pasturas"	61
<i>Walter Baethgen</i>	
CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE NITROGENO EN PASTURAS ...	63
<i>Diego F. Risso</i>	



EL CICLO DEL NITROGENO EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA-ANIMAL

Alejandro Morón*

INTRODUCCION

La función principal del nitrógeno (N) en los seres vivos es formar parte de las moléculas de aminoácidos y proteínas. El N también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN, ARN). En términos generales, para la mayoría de los países, se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas.

Los procesos de intensificación de la producción animal en base a pasturas implican necesariamente un aumento significativo de la entrada de nitrógeno al sistema suelo-planta-animal. A su vez, el incremento de las entradas puede ir acompañado paralelamente de un aumento de las pérdidas, con el consiguiente impacto en el medio ambiente. Steele & Vallis (1988) sostienen que en los últimos años el ciclo del N en pasturas ha recibido mayor atención debido a: 1) al amplio reconocimiento que la productividad de las pasturas está limitada por el N; 2) a su relación con la salud humana (contaminación de napas de agua con nitratos, destrucción de la capa de ozono y efecto invernadero por óxido nítrico); y 3) al reconocimiento que el manejo de pasturas puede tener un gran efecto en el ciclo del N afectando la productividad y la magnitud de las pérdidas y sus respectivas vías.

Desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental es necesario que los procesos de intensificación estén acompañados de un uso eficiente del nitrógeno. Para lograr esta meta es importante conocer las distintas partes del ciclo del nitrógeno y las transformaciones que éste sufre, lo cual es el objetivo del presente artículo.

LAS RELACIONES DEL SISTEMA CON EL MEDIO

En la figura 1 se puede observar un esquema en el cual se intenta describir los principales aspectos del ciclo del nitrógeno bajo pastoreo. En forma punteada se encuentra delimitado el sistema suelo-planta-animal. Las dos entradas de nitrógeno más significativas son la fijación biológica de nitrógeno (FBN) a través de las leguminosas y los fertilizantes nitrogenados. Las salidas de N del sistema son: a) volatilización de $N-NH_3$ hacia la atmósfera; b) lixiviación de $N-NO_3^-$; c) denitrificación, pasaje de $N-NO_3^-$ a gases (N_2 y N_2O); d) erosión; e) productos animales (leche, carne, lana) y f) deyecciones animales fuera del área productiva (salas de ordeño, caminos, etc).

LAS TRANSFORMACIONES INTERNAS DENTRO DEL SUELO

El porcentaje de nitrógeno total en el horizonte superficial de los suelos del país -en general- está en el rango de 0.1 a 0.3 %, siendo la textura un elemento gravitante. Entre el 98 a 99% del N total que se encuentra en el suelo está en forma orgánica. El N disponible para las plantas se encuentra en forma inorgánica como NH_4^+ y NO_3^- . La relación entre las formas orgánicas e inorgánicas en el suelo se da a través de procesos biológicos que son realizados fundamentalmente por la biomasa microbiana (figura 1). La biomasa microbiana es la fuerza directriz que se encuentra detrás de las transformaciones de la materia orgánica y del ciclaje de nutrientes en el suelo (Smith, 1994).

1

* Ing. Agr., Dr., Suelos, INIA La Estanzuela

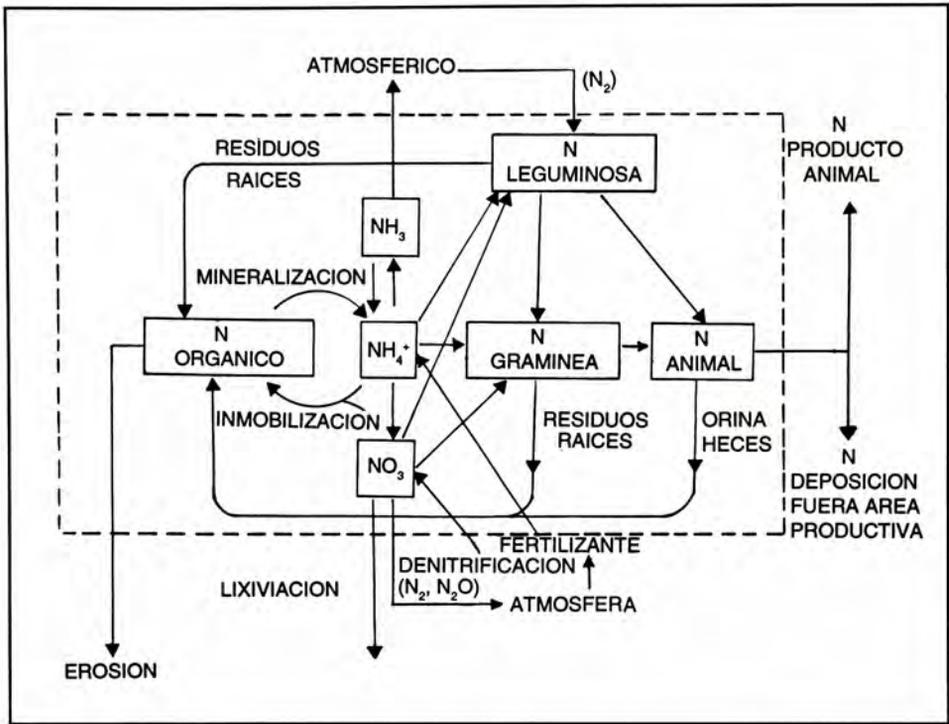


Figura 1. Ciclo del nitrógeno bajo pastoreo. Fuente: adaptado de Simpson (1987).

2

La mineralización es el proceso biológico que transforma N orgánico en N inorgánico. La inmovilización es el proceso inverso. El N amoniacal y el N nítrico pueden ser absorbidos por gramíneas y leguminosas para luego ser incorporados en compuestos orgánicos. El N contenido en material vegetal (raíces y parte aérea) no consumido por los animales, así como las deyecciones animales, retornan al suelo para entrar en el proceso de descomposición.

La cantidad y calidad del sustrato (materia orgánica humificada, residuos frescos, etc) así como factores ambientales como temperatura y humedad son determinantes en la cantidad de N mineralizado. El tamaño de la biomasa microbiana del suelo, encargada de descomponer todos los residuos vegetales que entran al suelo, varía según el tipo de suelo y el manejo anterior. En la figura 2 se observan los resultados promedio obtenidos durante el período 1989-1990 en un experi-

mento de rotaciones de largo plazo instalado en INIA-La Estanzuela en 1963. El Sistema 1 (S1) corresponde a agricultura continua sin fertilización, Sistema 2 (S2) agricultura continua con fertilización nitrogenada y fosfatada, y el Sistema 5 (S5) agricultura en rotación con pasturas y con fertilización nitrogenada y fosfatada. A su vez Morón & Bemhaja (1992, no publicado) realizaron determinaciones puntuales de la biomasa microbiana en un Luvisol de Tacuarembó (La Magnolia) con manejos contrastantes (campo natural vs. agricultura) y en un suelo profundo de campo natural sobre basalto (Glencoe).

En la figura 3 se observa la diferente capacidad o potencial de mineralización del N orgánico del experimento de rotaciones de INIA-La Estanzuela anteriormente mencionado. Del mismo experimento, se agrega el Sistema 7, definido como agricultura en rotación con trébol rojo y con fertilización nitrogenada y

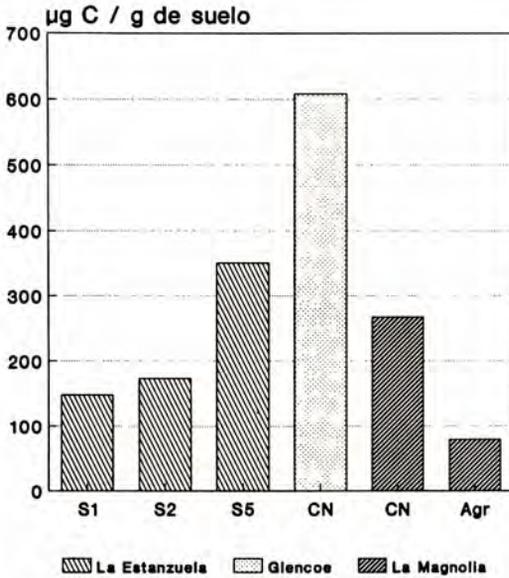


Figura 2. Carbono en la biomasa microbiana en distintos suelos y sistemas productivos. *Fuente:* Morón y Bemhaja (1992, no publicado), García y Morón (1993).

fosfatada. El incremento de la temperatura determina importantes aumentos en la mineralización del nitrógeno (Figura 4).

Los residuos vegetales frescos agregados al suelo tienen una velocidad de descomposición varias veces superior a la materia orgánica humificada y estabilizada del suelo.

A su vez, existe una considerable diferencia en la velocidad de descomposición de los diferentes tipos de residuos o rastrojos.

Durante 1993 en INIA-La Estanzuela se desarrollaron trabajos tendientes a determinar la velocidad de desaparición del nitrógeno de diferentes materiales vegetales (figura 5).

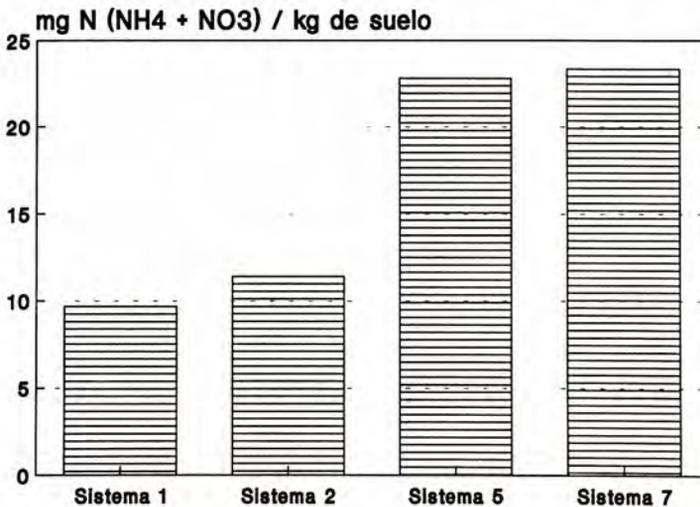


Figura 3. Mineralización neta de nitrógeno a 30 °C durante 28 días. Rotaciones, INIA La Estanzuela. *Fuente:* Morón (no publicado).

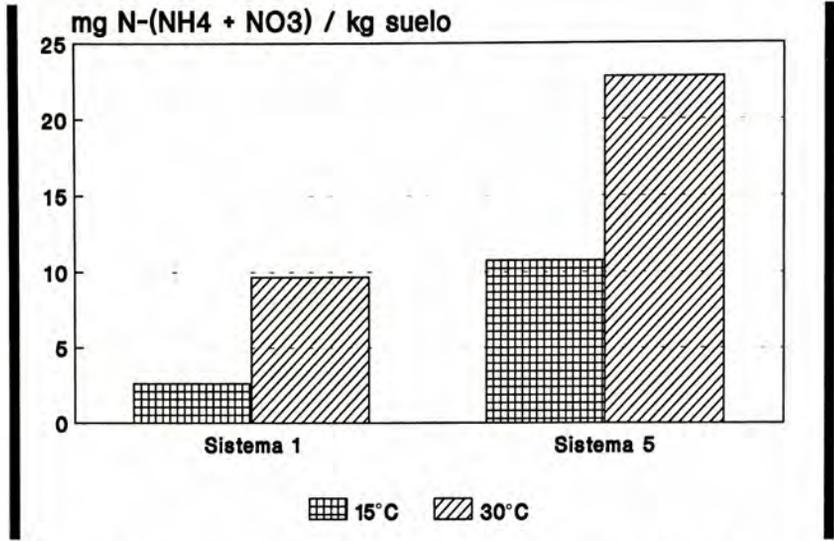


Figura 4. Mineralización neta de nitrógeno a 15 °C y 30 °C durante 28 días. Rotaciones, INIA La Estanzuela. Fuente: Morón (no publicado).

El nitrógeno que desaparece de los residuos vegetales básicamente puede ser inmovilizado o mineralizado por la biomasa microbiana en

el corto y mediano plazo. Los residuos con relaciones C/N bajas rápidamente incrementarán el N mineral del suelo.

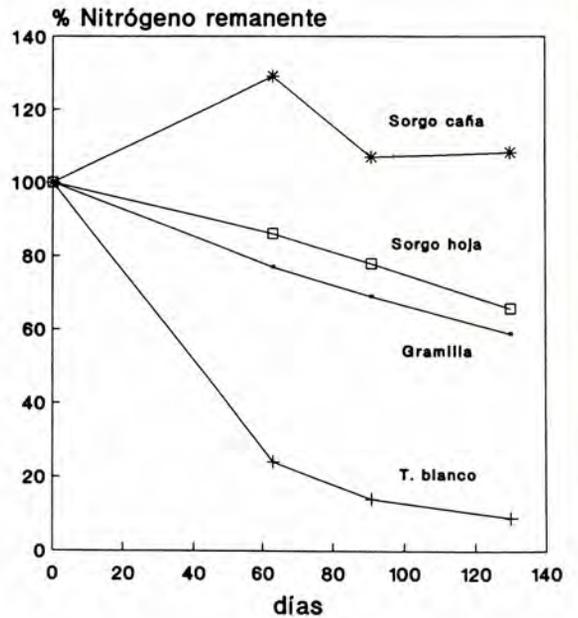
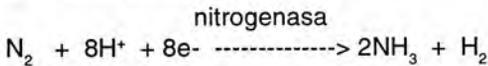


Figura 5. Descomposición de distintos rastrojos enterrados. Fuente: Morón & Baethgen (no publicado).

EL NITROGENO EN LA PLANTA

En 1913 Fritz Haber y Carl Bosch por cuenta de la compañía BASF en Alemania instalan la primera planta industrial para la producción de NH_3 por combinación del nitrógeno del aire con hidrógeno. Este proceso es de altos requerimientos de energía: de 400 a 500 °C y entre 100 y 200 atmósferas de presión. Por otra parte, en la naturaleza existe una enzima denominada *nitrogenasa* que es capaz de realizar la misma reacción a temperatura ambiente y presión normal dando lugar al proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno. El requerimiento de energía es también alto, y proviene de la oxidación de compuestos originados por la leguminosa en el proceso de la fotosíntesis. Según Neves (1992) el costo energético puede variar desde 1 a 8 g C/g N. La FBN puede ser sintetizada en la siguiente reacción:



La figura 6 nos muestra con más detalle los procesos involucrados en la asociación simbiótica *Rhizobium-Leguminosa*. El NH_3 producto de la FBN es incorporado en productos orgánicos en las células del nódulo para posteriormente ser transportado por el xilema hacia la parte aérea. En leguminosas templadas es incorporado especialmente en amidas (glutamina, asparagina), mientras que en leguminosas tropicales es incorporado especialmente en ureidos (alantoina, ácido alantoico). Por otra parte, el NO_3 que se encuentra en el suelo y que es absorbido por las leguminosas es generalmente transportado como tal por el xilema hacia la parte aérea. Recientemente, Gault y Peoples (1993) propusieron una metodología basada en el análisis de la composición de la savia de las leguminosas para determinar cual es la dependencia de las mismas de la FBN.

La cuantificación de la FBN ha sido motivo de grandes esfuerzos por parte de la investigación agronómica. Tal vez, la mejor estima-

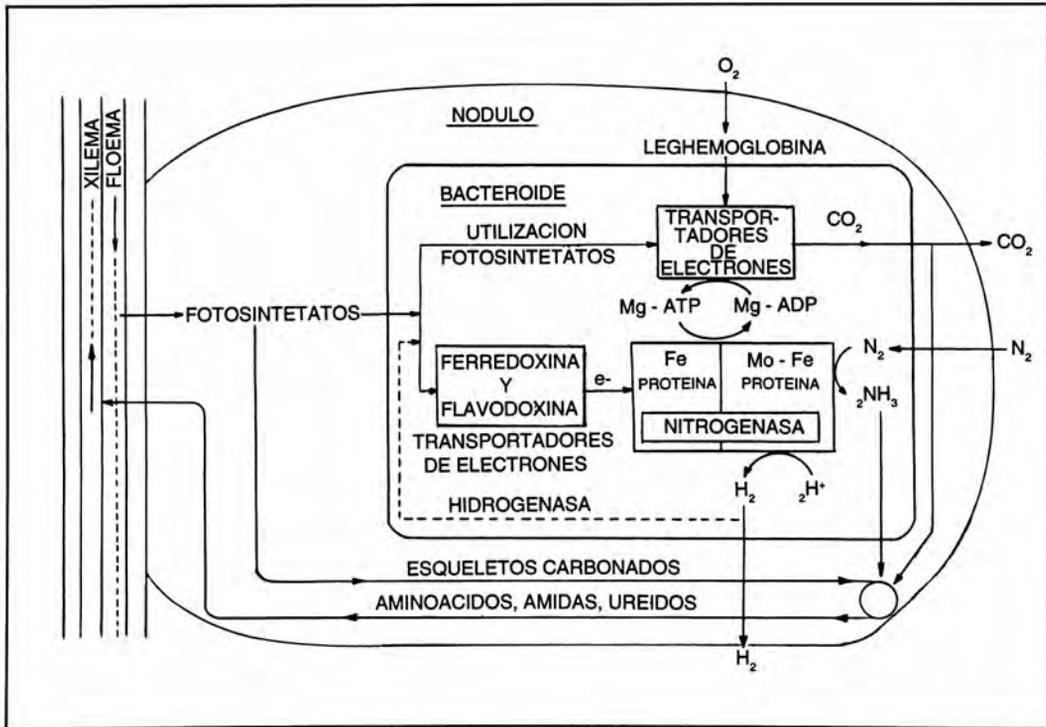


Figura 6. Bioquímica de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas noduladas.

Fuente: Marschner (1986).

ción para períodos de tiempo medios a largos provenga del conocimiento de las variables que componen la siguiente ecuación:

$$N-FBN = \text{Materia Seca} \times \% N \text{ total} \times \% NdFBN$$

donde :

$N-FBN = \text{kg N/ha derivados de la FBN}$

$\text{Materia Seca} = \text{kg Materia Seca (parte aérea y raíz)/ha}$

$\% N \text{ total} = \text{porcentaje de N total en la materia seca}$

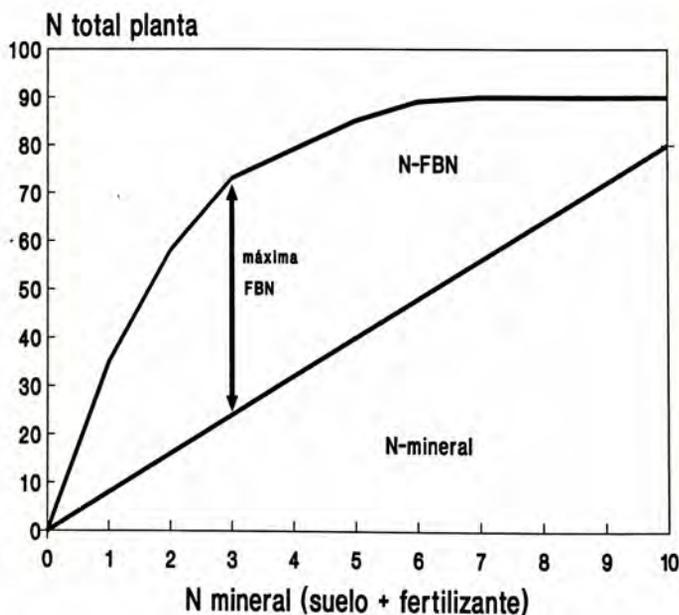
$\% NdFBN = \text{porcentaje de N derivado de la FBN}$

Por tanto, la estimación de la entrada de N al sistema vía FBN es relativamente fácil, si se determina o se puede estimar con cierta confiabilidad el término % NdFBN. Carvalho (1985) revisando distintos trabajos con leguminosas tropicales sostiene que cada 28-30 kg de materia seca de parte aérea estaría entrando un kg de N proveniente de la FBN. Crush (1987) a partir de distintos trabajos con T. blanco en N. Zelanda muestra un promedio

de 17.5 kg (rango 8.9 -37) de materia seca por kg de N proveniente de la FBN. En Uruguay, Díaz-Rosello (1992) a partir de un experimento de largo plazo de rotaciones de cultivos y pasturas estimó en 25 kg materia seca de leguminosa de parte aérea por kg de N derivado de la FBN.

La disponibilidad de $N-NH_4^+$ y/o $N-NO_3^+$ en el suelo y su utilización por las leguminosas puede inhibir la acción de la nitrogenasa. Marschner (1986) en la figura 7 sintetizó el efecto de la disponibilidad de N proveniente del suelo y/o fertilizante en la FBN en leguminosas durante el período de instalación de la simbiosis. Con baja disponibilidad de N en el suelo la mayoría del N en la planta es proveniente de la FBN, mientras que moderados niveles de disponibilidad de N si bien disminuyen el porcentaje de N derivado de la FBN, maximizan la cantidad absoluta de N proveniente de la FBN. Las aumentos moderados de la disponibilidad de N ayudan a desarrollar más rápidamente el área foliar de la leguminosa y por tanto la capacidad de enviar fotosintetatos para el crecimiento y actividad del nódulo.

Figura 7. Esquema simplificado de las relaciones entre la fijación biológica de nitrógeno y el nitrógeno tomado desde el suelo y el fertilizante en leguminosas noduladas. Fuente: Marschner (1986).



Según Ledgard (1989) en condiciones de pasturas mezclas de trébol blanco y raigrás la aplicación de hasta 50 kg N/ha no presentó reducciones importantes en la FBN. Estas constataciones, así como los incrementos en rendimiento del componente gramínea (Ball & Field, 1982; O'Connor & Steele, 1984), han determinado que en N. Zelanda existan recomendaciones oficiales sobre fertilización nitrogenada de pasturas mezcla. Las recomendaciones oscilan entre 25 y 50 kg N/ha con las mayores eficiencias en el período final de invierno-principio de primavera.

La FBN por leguminosas en pasturas mezclas es gobernada por tres factores primarios: a) nivel de N mineral en el suelo, b) la persistencia y productividad de la leguminosa, y c) la competencia de las gramíneas asociadas (figura 8). Otros factores como humedad, acidez, nutrición, plagas y enfermedades interactúan con los tres factores primarios mencionados anteriormente (Ledgard & Steele, 1992). De acuerdo con la figura 8, en el largo plazo la FBN conduce a un aumento del nivel de N en el suelo, a la dominancia de la gramínea y determina una reducción de la FBN.

En pasturas mezclas el N fijado vía FBN es transferido a las gramíneas por dos vías: a)

a través del pastoreo animal, donde el nitrógeno retorna vía heces y orina; b) por excreciones radiculares y por descomposición microbiológica de las raíces de las leguminosas. Según la revisión de trabajos realizado por Ledgard & Steele (1992) para distintas especies de leguminosas y utilizando ^{15}N , la transferencia a través la vía b) varió desde un mínimo de 2% hasta un máximo de 26% del N entrado vía FBN.

EL NITROGENO EN EL ANIMAL

Tanto para vacunos como para ovinos el nitrógeno es aproximadamente 2.4 % de su peso vivo. Por otra parte, en productos animales como la leche su valor es 0.53 % , mientras que en la lana es 11.4 % . De estas cifras se deduce que las cantidades de N retirados en productos animales es de moderadas a bajas.

Henzell & Ross (1973) publicaron una revisión sobre el ciclo del N en ecosistemas de pasturas. En este trabajo realizaron un ejercicio sobre la eficiencia de uso del nitrógeno en 3 sistemas productivos (cuadro 1). Para el sistema de producción de lana se asume 8 capones/ha. Cada animal con 45 kg de peso

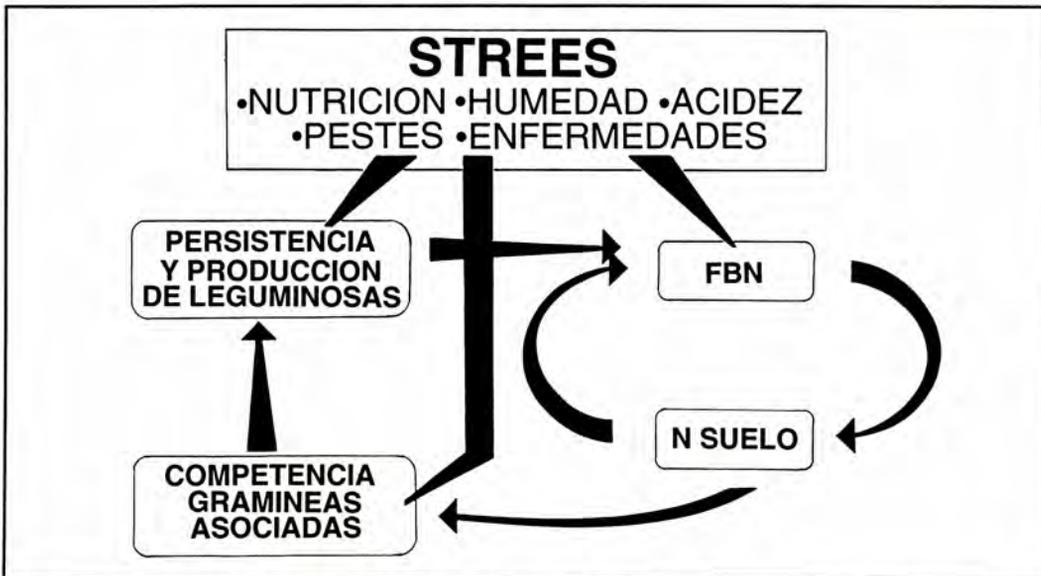


Figura 8. Factores principales (→) y secundarios (←) que afectan la FBN.
Fuente: Ledgard & Steele (1992).

vivo, produciendo 5 kg de lana sucia y con una ganancia de 3 kg de peso vivo en un período de un año. Consumiendo un total de 2700 kg de materia seca/ha/año. Para el sistema de producción lechera se asume una vaca Jersey/ha de 360 kg de peso vivo, produciendo 2700 kg de leche y consumiendo anualmente 3600 kg de materia seca. El sistema de producción de carne se define con 1 novillo/ha de 340 kg de peso vivo al comienzo y terminando el año con un peso vivo de 500 kg, consumiendo 3000 kg de materia seca en al año. Para las dos concentraciones de nitrógeno (%N dieta) estudiadas, solo una pequeña proporción del nitrógeno ingerido es retenido en los animales y sus productos. Dicho en otras palabras, en todos los sistemas estudiados el nitrógeno retornado en deyecciones (orina + heces) es como mínimo el 72 % del N ingerido (cuadro 1). Por otra parte, la orina se transforma en la vía claramente predominante de retorno cuando la dieta es rica en nitrógeno.

En recientes y ampliamente documentadas revisiones sobre el ciclo del N en ecosistemas de pasturas pastoreadas, Simpson (1987) y Haynes & Williams (1993), asumen como características promedio de la deyecciones animales los valores presentados en el cuadro 2. El número de defecaciones y orines por día puede ser fuertemente influenciado por las condiciones de pastoreo y factores ambientales. El porcentaje de N en la dieta varía según la concentración de N en la dieta y el nivel de ingestión de agua. Mientras que el N contenido en la orina es principalmente urea, lo cual lo hace rápidamente disponible; el N orgánico contenido en las heces es lentamente mineralizado debido a contener una alta proporción de material fibroso no digestible (celulosa, hemicelulosa y lignina).

El área afectada por heces bovinas puede alcanzar valores cercanos a los 1000 kg N/ha (Haynes & Williams, 1993).

Cuadro 1. Consumo, retención y excreción de nitrógeno en tres sistemas de producción animal.

Sistema	Promedio kg N/ha animales	% N dieta	kg N/ha consumo	kg N/ha heces	kg N/ha orina	kg N/ha Retenido animales producto
Lana	9	1.4	38	18	15	5
		3.5	94	22	67	5
Leche	9	1.4	61	24	20	17
		3.5	126	29	80	17
Carne	10	1.4	39	20	15	4
		3.5	105	24	77	4

Fuente: Henzell & Ross (1973)

Cuadro 2. Concentraciones típicas de nitrógeno en orina y en áreas afectadas de bovinos y ovinos.

	l orina/deyección	g N/l	Area afectada,m ²	Equivalente kg N/ha
Bovino	1.6	8	0.20	640
Ovino	0.15	9	0.03	450

Fuente: adaptado de Simpson (1987), Haynes & Williams (1993)

Ball & Keeney (1983) hicieron cuestionar la visión generalmente positiva sobre el efecto de los animales como vía de reciclaje de N. Presentaron información sobre importante pérdidas de N a partir de las áreas afectadas por orina (cuadro 3).

La volatilización de N-NH₃ fue la mayor vía de pérdida en condiciones de alta temperatura y baja humedad, mientras que cuando prevalecían condiciones húmedas una gran parte del nitrógeno fue perdido por lixiviación y denitrificación.

La ineficiencia del ciclo del nitrógeno parece ser una característica de los ecosistemas de pasturas bajo pastoreo (Ball & Ryden, 1984; Steele, 1982). En otras palabras, el retorno de una gran parte del N ingerido por los animales en pequeñas áreas conspira contra un eficiente reciclaje.

El área de la pastura influenciada por orina es normalmente mas del doble de área efectivamente mojada, mientras que la influencia de las áreas con heces puede variar desde uno a seis veces el área cubierta (Haynes & Williams, 1993).

El porcentaje del área total influenciada por las deyecciones (orina + heces) varía según el tipo de animal, la dotación animal y los sistemas de pastoreo utilizados. Según Haynes & Williams (1993) en producción lechera intensiva, con una dotación de 3 vacas/ha, en

un año puede ser cubierto el 23 % del área, mientras que el área realmente influenciada es por lo menos el doble del área cubierta.

BALANCE DE NITROGENO EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA-ANIMAL

Sintéticamente el balance de nitrógeno es definido como:

Entradas N - Salidas N = Cambios en el N total del sistema suelo-planta-animal

El balance de un nutriente es una herramienta útil dado que es un prominente indicador de la sustentabilidad del uso del suelo (Smaling, 1994). Balances negativos indican la no sustentabilidad en el uso del suelo en el mediano y largo plazo. Para su realización es necesario cuantificar los flujos de entrada y salida en el sistema productivo en cuestión. Específicamente, en el caso de N puede permitir detectar ineficiencias y sus consiguientes problemas ambientales (contaminación de napas de agua con nitratos, efectos negativos en la atmósfera por óxido nitroso).

Ball (1979), citado por Simpson (1987), estudió los balances de N en sistemas ovinos intensivos de Palmerston North, Nueva Zelanda durante un período de 3 años. Basados en pasturas mezcla de gramínea-legumi-

Cuadro 3. Efecto de la estación sobre el destino del nitrógeno en áreas afectadas por orina en pasturas de raigrás-trébol blanco. Relativo a entradas de 30 y 60 g N/m².

Condiciones ambientales	Baja temperatura Alta humedad	Alta temperatura Alta humedad	Alta temperatura Baja humedad	Media
Entradas	100	100	100	100
Retención plantas	53	27	10	30
Retención suelo	0	0	0	0
Pérdidas total	47	73	90	70
Pérdidas como NH ₃	6	16	66	28

Fuente: Ball & Keeney (1983)

nosas y con tres tratamientos de fertilización nitrogenada (0, 112, 448 kg N/ha/año). Se concluyó que en los tres tratamientos existieron grandes pérdidas de N. Por otra parte, los dos tratamientos con aplicación de fertilizantes nitrogenados presentaron balances negativos.

En el cuadro 4 se observa un balance de N realizado por Steele (1982) para producción lechera intensiva de la región de Waikato en Nueva Zelanda. La pastura estaba compuesta predominantemente de raigrás, paspalum, trébol blanco y con una contribución estacional de *Poa annua*. La producción fue de 16.5 toneladas de materia seca por hectárea y año, mientras que la producción de leche fue de 10770 kg/ha/año con una dotación de 4.1 vacas/ha. A pesar de que las salidas de N se encuentran en equilibrio con las entradas de N, parece claro que existen pérdidas importantes debido a la acción de los animales.

CONSIDERACIONES FINALES

Al igual que otras áreas agronómicas, el desafío es aumentar la productividad en forma tal que sea compatible con el cuidado del medio ambiente.

De acuerdo con la información revisada parece claro que los rumiantes tienen un importante impacto en el ciclo del nitrógeno, especialmente en sistemas de producción animal intensiva. La retención de N en productos es baja y el reciclaje es muy concentrado en pequeñas áreas, con un medio a alto potencial de pérdidas. Sin embargo, es prácticamente nula la información nacional al respecto.

Parece claro que el N puede limitar el rendimiento de pasturas mezcla. Varias pueden ser las alternativas: a) incrementar la FBN. Puede ser realizado a través del mejoramiento en productividad y persistencia de

Cuadro 4. Balance de nitrógeno en producción lechera intensiva en Nueva Zelanda.

Entradas:	kg N/ha/año
Fertilizante	0
Lluvia	3
FBN no-simbiótica	14
FBN simbiótica	267
Sub-total	284
Salidas:	
NH ₃ orina	20
NH ₃ heces	4
Denitrificación	30
Lavado	110
Retención en reemplazos	8
Productos animales	66
Transferencia fuera de área productiva	46
Sub-total	284

Fuente: Steele (1982)

las leguminosas; b) disminución de las pérdidas. Excepto por las formas de pastoreo que permitan una distribución más uniforme, parece difícil cambiar el impacto de los animales; c) determinar el balance óptimo entre FBN y fertilizante nitrogenado en diferentes sistemas de producción.

Si se acepta que es necesario mantener un determinado *stand* de leguminosas por problemas de la calidad de la pastura y el consiguiente producto animal, debería pensarse en las medidas de manejo que serían necesarias adoptar para no permitir un incremento excesivo de la disponibilidad de N que determine la pérdida de la capacidad competitiva de las leguminosas (Ledgard & Steele, 1992). Simpson (1987) sugiere que aquellas áreas que sean potencialmente cultivables roten con cultivos, y así disminuyan la disponibilidad de N para la próxima etapa de pasturas con leguminosas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BALL, P.R. & FIELD, T.R.O.** 1982. Responses to nitrogen as affected by pasture characteristics, season and grazing management. In: Lynch, P.B., ed. Nitrogen Fertilisers in New Zealand Agriculture. cap 4. p. 45-64
- BALL, P.R. & KEENEY D.R.** 1983. Nitrogen losses from urine-affected areas of a New Zealand pasture, under contrasting seasonal conditions. Proceedings of the XIV International Grassland Congress (Lexington) p. 342-344.
- BALL, P.R. & RYDEN, J.C.** 1984. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant and Soil*, 76: 23-33
- CARVALHO, M.M.** 1986. Fixação biológica como fonte de nitrogénio para pastagens. In: Mattos, H.B.; Werner, J.C.; Yamada, T.; Malavolta, E.; eds. Calagem e adubação de pastagens. p.125-143. Piracicaba-SP.
- CRUSH, J.R.** 1987. Nitrogen fixation. In: Baker, M.J. & Williams, W.M., eds. White clover. p.184-201.
- DIAZ-ROSELLO, R.** 1992. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. In: Morón, A. & Baethgen, W. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas N°1 Tomo 1. p. 27-35.
- GARCIA, A. & MORON, A.** 1993. Studies on soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in three crop rotation systems. Proceedings of the XVII International Grassland Congress (New Zealand). p. 1443-1444.
- GAULT, R.R. & PEOPLES, M.B.** 1993. Development of on-farm methods for measuring nitrogen fixation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress (New Zealand) p. 1577-1579.
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS, P.H.** 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49:119-199.
- HENZELL, E. F. & ROSS, P.J.** 1973. The nitrogen cycle of pasture ecosystems. In: Butler, G. W. & Bailey, R.W. Chemistry and Biochemistry of Herbage. V2: 227-246.
- LEDGARD, S.F.** 1989. Nitrogen fixation by pasture legumes as influenced by soil or fertiliser nitrogen. In: White, R.E. and Currie, L.D. Proceedings of the Workshop Nitrogen in New Zealand Agriculture and Horticulture. Massey University. p.131-138.
- LEDGARD, S.F. & STEELE, K.W.** 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil*, 141:137-153.
- MARSCHNER, H.** 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press. 674 p.
- NEVES, M.C.P. & RUMJANECK, N.G.** 1992. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogénio. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P.; coord. Microbiologia do solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Cap 11, 141-155.
- O'CONNOR, M.B. & STEELE, K.W.** 1984. Pasture maintenance, nitrogen. In: Ministry of Agriculture and Fisheries.

- Fertiliser and lime recommendations for pastures and crops in New Zealand.p. 23
- SIMPSON, J.R.** 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: Wheeler, J.C.; Pearson, C.J.; Robards, G.E.; eds. Temperate pastures, their production, use and management. Melbourne, Australian Wool Corporation-CSIRO p.143-154.
- SMALING, E.M.A.** 1994. The soil nutrient balance as an indicator of sustainable land management. Transactions of the 15thWorld Congress of Soil Science. V 5b p.11-13.
- SMITH, J.L.** 1994. Cycling of nitrogen through microbial activity. In: Hatfield, J.L. & Stewart, B.A., eds. Soil biology: effects on soil quality. Advances in Soil Science p. 91-119.
- STEELE, K.W.** 1982. Nitrogen in grassland soils. In: Lynch, P.B., ed. Nitrogen Fertilisers in New Zealand Agriculture. Cap. 3. P. 29-44.
- STEELE, K.W. & VALLIS, I.** 1988. The nitrogen cycle in pasture. In: Wilson, J.R., ed. Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems. Wallingford, Oxon, CAB. p. 274-291.
- ## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS, P.H.** 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Advances in Agronomy, 49:119-199.
- LEDGARD, S.F. & STEELE, K.W.** 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. Plant and Soil, 141:137-153.
- LYNCH, P.B.** 1982. Nitrogen Fertiliser in New Zealand Agriculture. Wellington, New Zealand Institute of Agriculture Science. 273 p.
- MARSCHNER, H.** 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press. 674 p.
- SIMPSON, J.R.** 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: Wheeler, J.C.; Pearson, C.J.; Robards, G.E.; eds. Temperate pastures, their production, use and management. Melbourne, Australian Wool Corporation-CSIRO. p. 143-154.

FIJACION DE NITROGENO POR LEGUMINOSAS EN LA ESTANZUELA

Jaime A. García*
Carlos Labandera**
David Pastorini***
Salvador Curbelo****

El Nitrógeno junto con el agua pueden ser considerados como los factores limitantes más generalizados en la agricultura. El gran reservorio de N gaseoso de la atmósfera no puede ser utilizado en forma directa por las plantas, pero sí por algunos organismos procarióticos. El *Rhizobium* en asociación simbiótica con las leguminosas es uno de los organismos capaces de fijar el N del aire haciéndolo disponible para las plantas. Por las cantidades de N que fija y por la diversidad de ambientes donde ocurre, la fijación biológica de nitrógeno (FBN) vía *Rhizobium:leguminosa*, es la más importante de todos los sistemas conocidos de captación de N atmosférico (Murphy & Sherwood, 1989).

La fijación de N por las asociaciones *Rhizobium:leguminosas* es una fuente económica y ecológicamente más conveniente de suministro de este elemento. Existe una literatura muy abundante sobre el ciclo del N así como sobre los factores que afectan la relación *Rhizobium-leguminosa* y por ende el proceso de fijación. La investigación en FBN tiende a buscar las formas de aumentar la tasa y la eficiencia de la fijación para así aumentar la proteína por unidad de área, reducir la dependencia de fertilizantes nitrogenados y detener o revertir la declinación del contenido de N de muchos suelos arables (Herridge, 1982).

Siendo tan importante este proceso, se han dedicado muchos esfuerzos en el mundo para su cuantificación. Medir o estimar la FBN y conocer las fluctuaciones estacionales, per-

miten tener una idea de la eficiencia del proceso así como de las formas posibles para optimizarlo.

METODOS

Existen distintos métodos para estimar la FBN. Antes de la década del 70, las estimaciones estaban basadas en medidas de N absorbido y cambios en el N del suelo, ó en las cantidades de fertilizante nitrogenado requerido para obtener una producción equivalente. Posteriormente, las técnicas más usuales han sido las de la reducción de acetileno y diversos procedimientos basados en el uso de ^{15}N . En la actualidad se admite que con el uso de ^{15}N y la técnica de la dilución isotópica pueden obtenerse buenas determinaciones de la FBN (Ledgard, 1988)

Los trabajos que se describen aquí fueron realizados con la técnica de la dilución isotópica (Bergersen, 1980; Haystead, 1981). Pequeñas cantidades de fertilizante marcado con ^{15}N fueron aplicadas a mezclas de festuca con leguminosas. El método se basa en que la gramínea deriva todo su N desde el suelo, mientras que la leguminosa utiliza además N atmosférico (no marcado). Si la leguminosa no fija N de la atmósfera, la composición isotópica (relación $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) del N de su forraje será igual a la de la festuca. A medida que fije N su composición isotópica cambia porque el N de la atmósfera (no marcado) diluye el ^{15}N (marcado) que absorbe del suelo. De esta

* Ing. Agr., M.Sc., Pasturas, INIA La Estanzuela.

** Ing. Agr., M.Sc., Laboratorio de Microbiología de Suelos y Control de Inoculantes, MGAP

*** Ing. Agr., Laboratorio de Microbiología de Suelos y Control de Inoculantes, MGAP.

**** Ing. Agr., Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

manera se obtienen estimaciones de la cantidad de nitrógeno derivado de la simbiosis (% FBN) durante un período dado de crecimiento.

Para interpretar los datos que se presentan a continuación, es necesario tener presente el significado de los distintos parámetros.

$$\text{N fijado} = \frac{\text{Rendimiento leguminosa}}{\text{MS kg/ha}} \times \% \text{ N} \times \% \text{ FBN}$$

La cantidad de N fijado depende del rendimiento de la leguminosa, de su contenido (% de N, y de la proporción de ese N que se derivó de la atmósfera (% FBN). En general se dice que el % FBN y el %N son variables independientes del rendimiento, mientras que el N fijado es dependiente del rendimiento. Otro parámetro importante es la eficiencia de la fijación, que se expresa:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kg N fijado}}{\text{ton.MS legum.}}$$

RESULTADOS

En este trabajo se presentan algunos resultados de la investigación sobre FBN en pasturas realizada en La Estanzuela entre los años 1984 y 1991, en trabajos conjuntos entre la Sección Pasturas del INIA La Estanzuela,

el Laboratorio de Microbiología (MGAP) y el Centro de Investigaciones Nucleares (Univ. de la República). Estos trabajos contaron con el apoyo de la Agencia Internacional de Energía Atómica y de SAREC (Suecia).

Entre 1984 y 1987 los trabajos realizados estuvieron destinados a ajustar la metodología a la vez de obtener los primeros datos de fijación, cuyos resultados ya han sido publicados (Labandera et.al., 1988; Danso et.al., 1988; Danso et.al., 1991).

Entre 1988 y 1991 se realizaron una serie de ensayos tendientes a cuantificar las diferencias entre distintas especies, los efectos de la fertilización fosfatada y del manejo de la defoliación.

1.Variación estacional de la fijación de Nitrógeno

La comparación entre especies de leguminosas se realizó en un experimento específicamente diseñado a tal efecto, presentándose en la figura 1 las tasas de crecimiento de forraje en el 2º año.

Tal como se ejemplifica en la figura 2, se detectó una clara y consistente variación estacional en la fijación de N. Se observa que las cuatro leguminosas presentaron el mismo modelo de variación del % FBN, con valores máximos en el invierno y mínimos en el verano. Resultados similares se han obtenido en

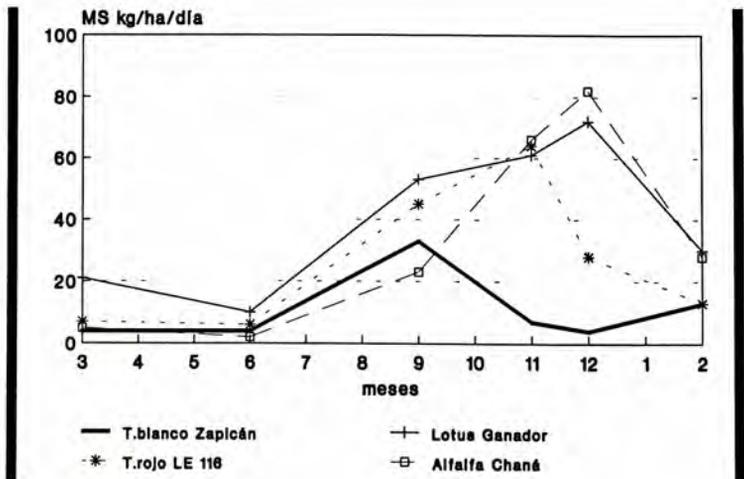


Figura 1. Tasas de crecimiento para las cuatro leguminosas en el segundo año, período 1989-1990.

Nueva Zelanda (Hoglund *et.al.*, 1979) y también en Uruguay (Mallarino & Wedin, 1990a).

En general se considera que en mezclas forrajeras de clima templado, la disponibilidad de N del suelo es el factor más importante que influye en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa. La fijación de N es controlada por la diferencia entre la demanda de N de la planta para crecer y la absorción de N del suelo. Las bajas temperaturas del suelo durante el invierno y comienzos de primavera reducen la mineralización y a su vez las gramíneas compiten por el escaso N, lo que asegura un alto nivel de fijación, aún cuando la tasa de crecimiento (demanda de N) es baja (Ball & Crush, 1985). En el verano, en cambio, las concentraciones de nitratos y amonio son máximas (Mallarino & Wedin 1990b), lo cual contribuye a un descenso en los valores de % FBN. Otros factores tales como temperatura y humedad del suelo también pueden estar involucrados.

En la figura 2 se observa que no parecen existir diferencias importantes del %FBN entre las leguminosas, con excepción del Lotus, cuya curva está por debajo de las otras especies.

Sin embargo, considerando datos de cinco experimentos con trébol blanco y lotus realizados entre 1984 y 1990, las curvas ajustadas que se muestran en la figura 3 indican que en la mayor parte del año no existen diferencias entre ambas especies.

2. Cantidad de nitrógeno fijado

La cantidad de N fijado por una leguminosa en un período dado de tiempo depende de su rendimiento de forraje, del contenido de N del forraje y de la proporción de ese N que se derivó de la atmósfera por acción de la simbiosis.

El crecimiento de las leguminosas es controlado por factores climáticos y de manejo, los que también influyen en el suministro de N mineral del suelo (Simpson, 1987). El %N y el %FBN siguen un modelo de variación estacional que está fundamentalmente determinado por el clima y que es en buena medida independiente del crecimiento (ver Figuras 1 y 2). La estacionalidad de crecimiento de las leguminosas interactúa fuertemente con el modelo de suministro estacional de N del suelo (Crush & Lowther, 1984), determinando los niveles de nitrógeno fijado.

El nitrógeno fijado por distintas leguminosas en un período dado de tiempo dependerá mucho más de su producción total de forraje y de la distribución estacional del mismo que de las diferencias inherentes en parámetros simbióticos.

En el cuadro 1 se presentan datos de rendimiento de forraje y nitrógeno fijado de las cuatro leguminosas en el segundo año; los datos provienen de un único experimento en que estaban las cuatro especies en las mismas condiciones. Tratándose de un único

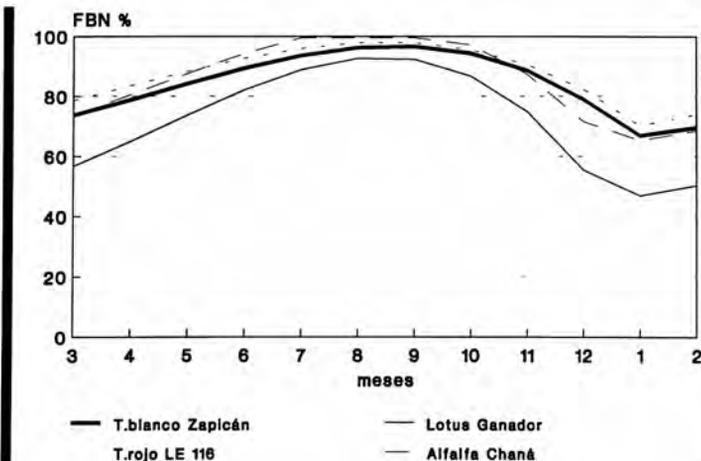


Figura 2. Nitrógeno derivado de la simbiosis (% FBN) para las cuatro leguminosas. Período 1989-1990.

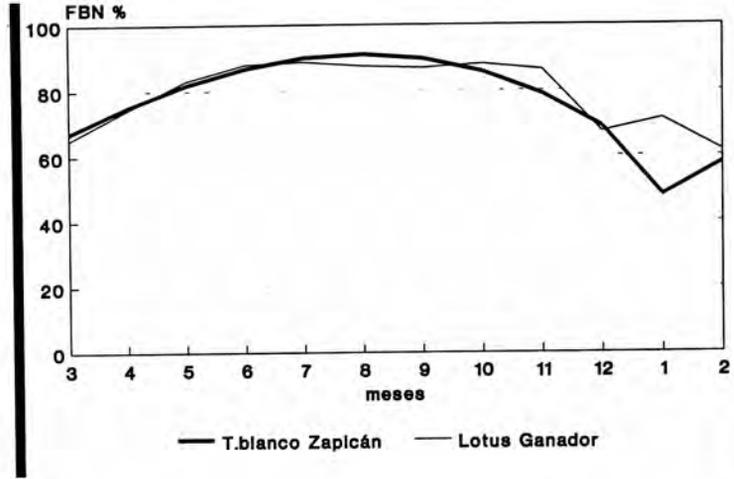


Figura 3. Nitrógeno derivado de la simbiosis (% FBN) de trébol blanco Zapicán y Lotus Ganador. Promedio de cinco experimentos, período 1984-1990.

experimento, sus rendimientos no necesariamente reflejan lo que normalmente producen las especies; esto es así especialmente en el caso de trébol blanco y lotus.

Por tal motivo, y para tener una idea de lo que promedialmente puede obtenerse en términos de nitrógeno fijado, se utilizaron las curvas de producción de forraje promedio para los años 1976- 1992 (Díaz, J. inédito) y las curvas ajustadas de eficiencia de la fijación calculadas con todos los datos disponibles. Esto permitió estimar las cantidades de N fijado que es razonable esperar de las especies, lo que se presenta en el cuadro 2.

Debe tenerse en cuenta que los datos de fijación de N para T.rojo y alfalfa están basa-

dos en un solo experimento y no son estrictamente comparables a los de T.blanco y Lotus. Con esta salvedad, el cuadro 2 es ilustrativo de las cantidades de nitrógeno que dichas leguminosas pueden aportar en el segundo año.

Se puede observar que en términos generales a mayor rendimiento de forraje mayor cantidad de nitrógeno fijado. Sin embargo, la estacionalidad también influye; es el caso del lotus, que si bien produce mas forraje que el trébol blanco, produce menos en invierno (> eficiencia) y más en verano (< eficiencia), por lo que su eficiencia global es menor. Lo mismo se aprecia en el cuadro 1 si se compara trébol rojo con alfalfa.

Cuadro 1. Rendimientos de forraje, nitrógeno fijado y eficiencia, para el 2º año de 4 leguminosas. Datos de 1 experimento.

	Forraje MS t/ha	N fijado kg/ha	Eficiencia kg N/t MS leg
T.blanco Zapicán	4.2	141	34
Lotus Ganador	15.0	360	24
T.rojo LE 116	9.6	329	34
Alfalfa Chaná	11.0	323	29
LSD 5%	2.2		
CV %	17		

Cuadro 2. Estimaciones de nitrógeno fijado (*) para los rendimientos promedio de forraje en el 2º año (**)

	Forraje MS t/ha	N fijado kg/ha	Eficiencia kg N/t MS leg
T.blanco Zapicán	7.5	229	31
Lotus Ganador	8.3	226	27
T.rojo LE 116	8.8	308	35
Alfalfa Chaná	11.6	366	32

(*) Estimaciones de los parámetros simbióticos para T.blanco y Lotus, promedio de 5 experimentos en el período 1984-1990; para T.rojo y Alfalfa, datos de 1 experimento, período 1989-1990.

(**) promedio para el período 1976-1992

CONCLUSIONES

1. Con la excepción del verano y principios de otoño, las leguminosas obtienen alrededor del 90% del N de la atmósfera.

2. Las cantidades de nitrógeno fijado son similares a las obtenidas en otras partes del mundo con rendimientos de leguminosas comparables.

3. Considerando el total de forraje producido en el año, puede considerarse que por cada tonelada de MS de leguminosa se fijan alrededor de 30 kg de nitrógeno.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BALL, P.R. & CRUSH, J.R.** 1985. Prospects for increasing symbiotic nitrogen fixation in temperate grasslands. In: Proc. XV International Grassland Congress, pp. 26-30
- BERGERSEN, F.J.** 1980. Measurement of nitrogen fixation by direct means. In: F.J. Bergersen (ed.), Methods for evaluating biological nitrogen fixation, pp. 65-110. Wiley Interscience.
- CRUSH, J.R. & LOWTHER, W.L.** 1984. Nitrogen fixation by legume- Rhizobium symbiosis: external factors influencing the symbiosis. In: Barnes, R.F.; Ball, P.R.; Brougham, R.W.; Marten, G.C. and Minson, D.J. (eds.), Forage Legumes for energy-efficient animal production, pp. 155-159. USDA ARS.
- DANSO, S.K.A.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D. & CURBELO, S.** 1988. Nitrogen fixation in a two-year old white clover-fescue pasture: influence of nitrogen fertilization. Soil Biol. Biochem. 20(2): 261-262
- DANSO, S.K.A.; CURBELO, S.; LABANDERA, C. &** and nitrogen fixation in a triple-species mixed sward of white clover, lotus and fescue. Soil Biol. Biochem. 23(1):65-70
- HAYSTEAD, A.** 1981. Nitrogen fixation and transfer. In: J.Hodgson, R.D.Baker, A.Davies, A.S.Laidlaw and J.D.Leaver (eds.), Sward measurement handbook, pp. 229-242. British Grassland Society.
- HERRIDGE, D.F.** 1982. Assessment of nitrogen fixation. In: J.M.Vincent (ed.), Nitrogen fixation in legumes, pp. 123-136. Academic Press Australia.
- HOGLUND, J.H.; CRUSH, J.; BROCK, J.L.; BALL, P.R. & CARRAN, R.** 1979. Nitrogen fixation in pasture. XII. General Discussion N.Z.J. Exp. Agric. 7:45-51.
- LABANDERA, C; DANSO, S.K.A.; PASTORINI, D.; CURBELO, S. AND MARTIN, V.** 1988. Nitrogen fixation in a white clover-fescue pasture using three methods of Nitrogen-15 application and residual Nitrogen-15 uptake. Agron.J. 80:265-268

- LEDGARD, S.F. & PEOPLES, M.B.** 1988. Measurement of nitrogen fixation in the field. In: J.R.Wilson (ed.), *Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems*, pp. 351-367. CAB International, Wallingford, U.K.
- MALLARINO, A.P. & WEDIN, W.F.** 1990a. Nitrogen fertilization effects on dinitrogen fixation as influenced by legume species and proportion in legume-grass mixtures in Uruguay. *Plant and Soil*, 124:127-135.
- MALLARINO, A.P. & WEDIN, W.F.** 1990b. Seasonal distribution of topsoil ammonium and nitrate under legume-grass and grass swards. *Plant and Soil*, 124:137-140.
- MURPHY, P.M. & SHERWOOD, M.T.** 1989. Nitrogen fixation, cycling and utilization. *Proc.XVI International Grassland Congress*:1805-1810.
- SIMPSON, J.R.** 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: J.L.Wheeler, C.J.Pearson and G.E.Robards (eds), *Temperate pastures*, pp. 143-154. CSIRO Australia.

EFFECTOS DE DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACION DE NITROGENO SOBRE LA PRODUCCION DE SEMILLAS DE FESTUCA TACUABE, FALARIS URUNDAY Y DACTYLIS OBERON

Francisco A. Formoso*

INTRODUCCION

El nitrógeno en general se comporta como un estimulante global del crecimiento. Estos efectos anabólicos se explican por ser un constituyente esencial de las proteínas y varias sustancias de crecimiento.

La estrecha relación entre crecimiento y nitrógeno lleva a definir a los tejidos meristemáticos y especialmente a los meristemas apicales como **centros de actividad mitótica** y **centros de proteína** o de **acumulación de amino ácidos**.

La posibilidad de manejar la disponibilidad de nitrógeno en función de las dosis y momentos de aplicación, a través de las distintas fases de desarrollo de estas especies, permite direccionar parcialmente el crecimiento para maximizar los componentes del rendimiento de la producción de semillas.

El objetivo de este trabajo consistió en cuantificar los efectos de distintas dosis y momentos de aplicación de nitrógeno sobre los rendimientos de semilla de gramíneas perennes.

MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se realizaron en INIA La Estanzuela, durante 3 años, en suelos caracterizados como Brunosoles Eutrícos. Se evaluaron distintas dosis de nitrógeno aplicadas en diferentes momentos (mayo, julio y setiembre) sobre los rendimientos de semillas de *Festuca arundinacea* cv Estanzuela

Tacuabé, *Phalaris aquática* cv Estanzuela Urunday y *Dactylis glomerata* cv INIA LE Oberón.

Los experimentos fueron instalados anualmente en semilleros de 2 y 3 años sembrados en líneas a 0.45 m en Tacuabé, en tanto, los de Oberón se realizaron en semilleros de segundo año con igual espaciamento entre surcos que festuca. En Urunday los ensayos se localizaron en semilleros de 8 a 11 años, inicialmente sembrados en líneas a 0.60 m, pero que al momento de realizarse los trabajos no se distinguían los surcos, presentando una distribución de plantas similar a una siembra al voleo.

Previo a la instalación de cada ensayo, en marzo o abril los cultivos fueron cortados y fertilizados con 200 kg/ha de superfosfato (0-39-40-0).

Posteriormente se proseguía cortando y retirando el forraje, simulando un pastoreo rotativo, hasta el momento de cierre. Estos fueron en mediados de mayo, julio y setiembre para falaris, festuca y dactylis respectivamente. La altura de corte fue regulada para dejar un césped residual de 6 cm.

Las dosis de nitrógeno aplicadas en mayo o julio fueron de 50 ó 100 kg N/ha, en tanto las de setiembre correspondieron a 50, 100 y 150 kg N/ha.

Las respuestas a la aplicación de nitrógeno en setiembre se estudiaron en dos condiciones: sin y con una fertilización previa de 50 kg N/ha en mayo o julio según las especies.

* Ing. Agr., MSc., Pasturas, INIA La Estanzuela

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

La información referente a dactylis Oberón fue tomada del trabajo de García y Real, 1994.

Los datos que se reportan en este trabajo corresponden a las respuestas globales promedio para los 3 años estudiados en cada especie.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los momentos de aplicación de nitrógeno originaron diferencias importantes en el número de inflorescencias y en los rendimientos de semillas obtenidos. La fertilización nitrogenada realizada en fase vegetativa, en mayo, en general fue inefectiva o determinó respuestas de baja magnitud con relación a los tratamientos sin nitrógeno, en el número de inflorescencias y en los rendimientos de semillas (figuras 1, 2 y 3).

Figura1. Festuca Tacuabé, efectos de la aplicación de 100 kg N/ha en mayo, julio o setiembre sobre el número de inflorescencias y rendimiento de semillas. Medias de tres años. Observación 0 = sin aplicación de N.

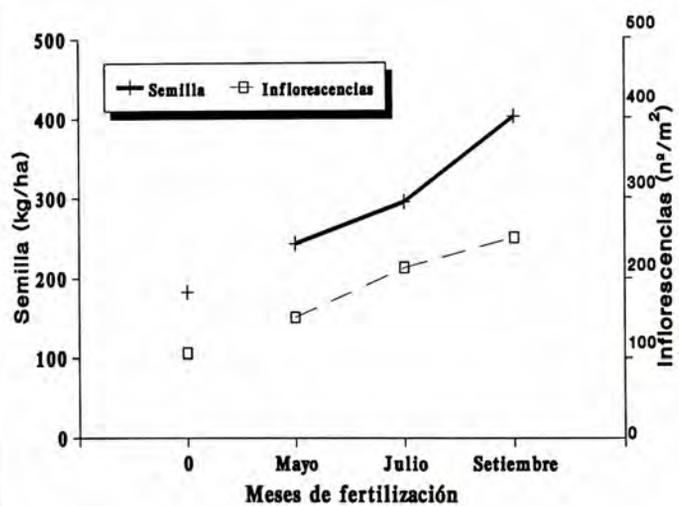
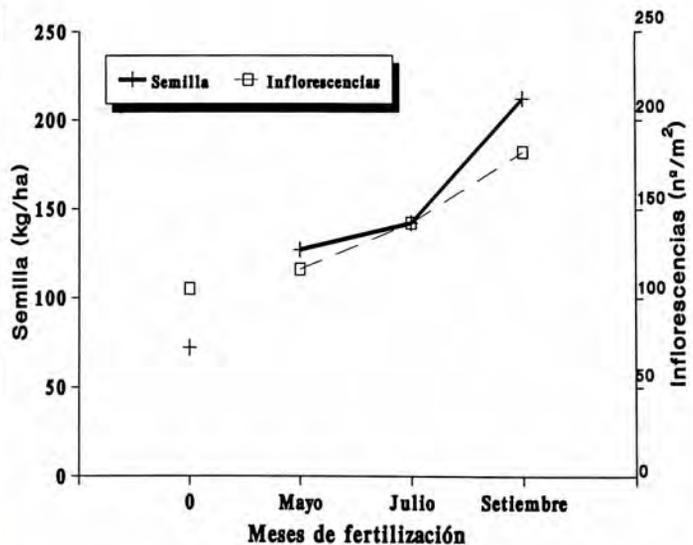


Figura2. Falaris Urunday, efectos de la aplicación de 100 kg N/ha en mayo, julio o setiembre sobre el número de inflorescencias y rendimiento de semillas. Medias de tres años. Observación 0 = sin aplicación de N.



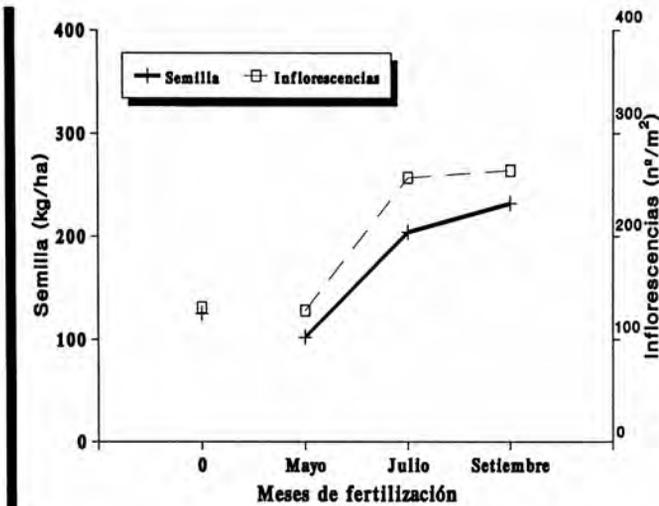


Figura 3. Dactylis Oberón, efectos de la aplicación de 50 kg N/ha en mayo, julio o setiembre sobre el número de inflorescencias y rendimiento de semillas. Medias de tres años. Observación 0 = sin aplicación de N. Adaptado de García y Real, 1994.

La aplicación de nitrógeno en invierno, julio, tuvo efectos positivos en las tres especies, aunque no siempre estos fueron significativos. Las respuestas obtenidas en esta estación presentaron magnitudes intermedias con respecto a las de otoño y primavera. En primavera, las aplicaciones realizadas en setiembre determinaron las máximas respuestas obtenidas en el número de inflorescencias y en los rendimientos de semillas, siempre significativas para las tres especies. Concomitantemente, es donde se obtienen las mayores eficiencias de uso del nitrógeno para producción de semillas, registrándose valores superiores a 2 kg semilla/kg N en Tacuabé y Oberón y de 1.4 en Urunday. Estas eficiencias son prácticamente el doble de las obtenidas mediante la aplicación de nitrógeno en julio en Tacuabé y Urunday (cuadro 1).

En términos generales para las tres especies el número de inflorescencias, los rendimientos de semillas y la eficiencia de uso del nitrógeno aumentaron en forma lineal con el atraso en los momentos de aplicación. Estos resultados sugieren que el número de macollas por unidad de área no limitó por sí mismo la producción de semillas. La limitante biológica probablemente fue la capacidad de las macollas existentes en procesar las señales fototérmicas del ambiente y transformarse en macollas reproductivas. En este sentido, el atraso en el momento de aplicación del nitrógeno, aseguraría un mayor suministro de este nutriente en las etapas de iniciación y diferenciación a fase reproductiva. Este nutriente actuaría promoviendo un mayor número de macollas reproductivas y por lo tanto un número de inflorescencias superior, las cuales

Cuadro 1. Eficiencia (kg semilla/kg N) de la aplicación de 100 kg N/ha en Tacuabé y Urunday y 50 kg N/ha en Oberón aplicados en mayo, julio o setiembre.

	Mayo	Julio	Setiembre
Tacuabé	0.60	1.12	2.19
Urunday	0.55	0.70	1.40
Oberón	0.00	1.58	2.14

finalmente determinan mayores rendimientos de semilla. En las tres especies existe un marcado paralelismo entre el número de inflorescencias y los rendimientos de semillas.

La baja eficiencia de las aplicaciones de otoño en contraposición con las mayores eficiencias obtenidas cuando el nutriente fue aplicado en setiembre origina que a igualdad de dosis total de nitrógeno aplicado, el fraccionamiento del mismo en dos épocas, mayo y setiembre, determine menores eficiencias y rendimientos de semillas cuando se lo compara frente a una única aplicación en setiembre. Las tres especies presentaron tendencias muy similares (figura 4).

Los máximos requerimientos de nitrógeno se registran durante el período en que estas especies desarrollan las más altas tasas de crecimiento. Estas ocurren durante la fase de alargamiento de entrenudos, localizada en la primera quincena de setiembre

en Tacuabé y en la última de octubre en Urunday y Oberón.

La información obtenida con las tres gramíneas consideradas presenta tendencias similares y sugiere que a los efectos de potenciar los rendimientos de semillas resulta de fundamental importancia que durante las etapas de diferenciación y alargamiento de entrenudos se provea un adecuado suministro de este nutriente.

Limitaciones en estos períodos determinan disminuciones en los rendimientos.

Los resultados obtenidos con el fraccionamiento del nitrógeno indican que para las dosis estudiadas de hasta 150 kg N/ha, en las tres especies se obtuvieron los mayores rendimientos de semillas cuando se adopta la estrategia de aplicar masivamente el nitrógeno mediante una única fertilización en setiembre (figuras 5, 6 y 7).

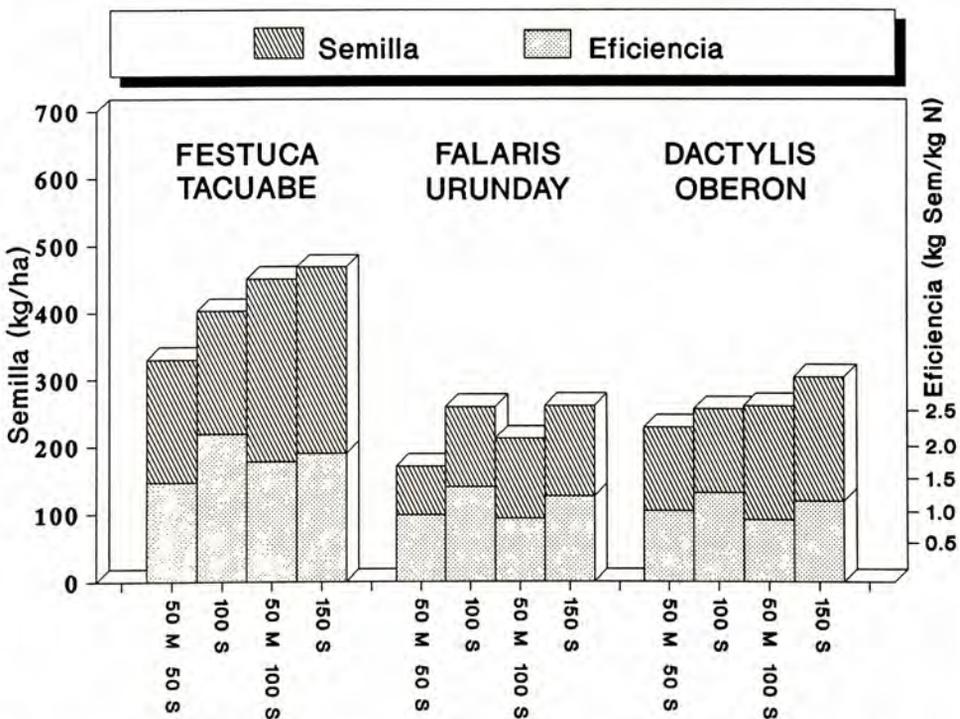


Figura 4. Efectos sobre el rendimiento de semilla y eficiencia de uso del nitrógeno de la aplicación única o fraccionada en mayo (M) y/o setiembre (s) de 100 y 150 kg N/ha en Festuca Tacuabé, Falaris Urunday y Dactylis Oberon. Medias de tres años.

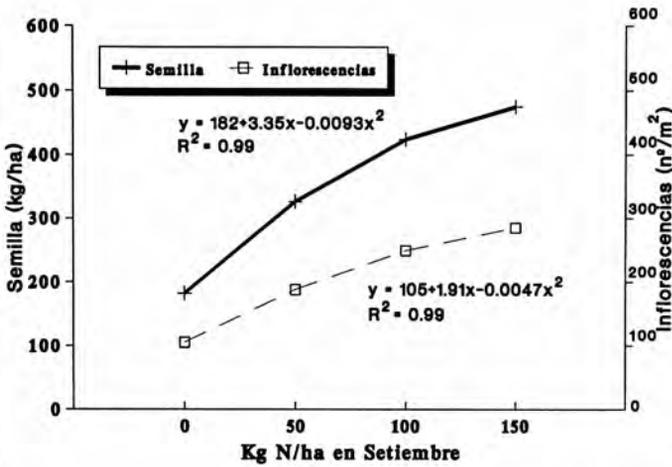


Figura 5. Festuca Tacuabé, efectos de la aplicación en setiembre de distintas dosis de nitrógeno sobre el número de inflorescencias y rendimientos de semilla. Medias de tres años.

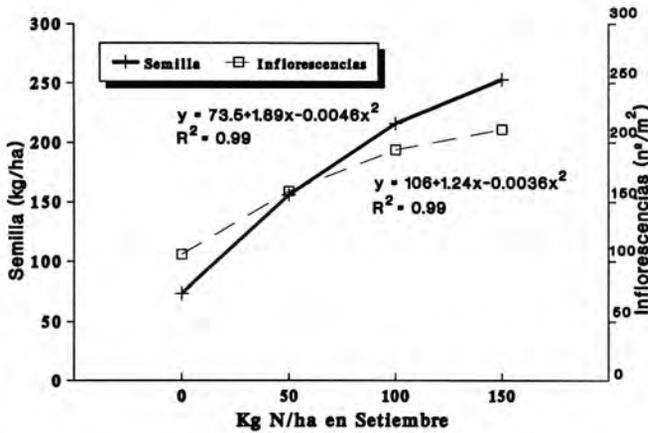


Figura 6. Falaris Urunday, efectos de la aplicación en setiembre de distintas dosis de nitrógeno sobre el número de inflorescencias y rendimientos de semilla. Medias de tres años.

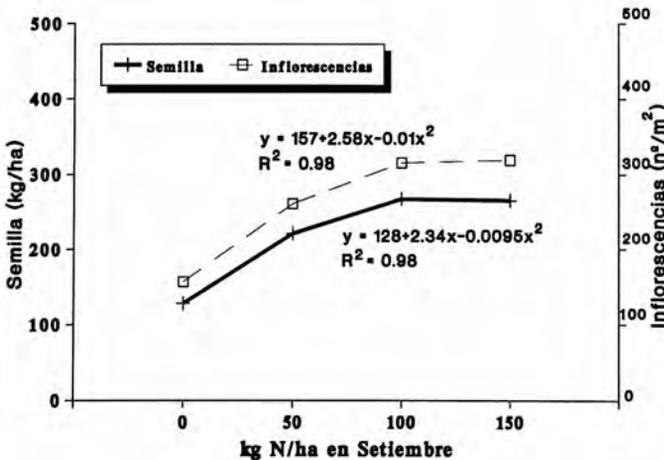


Figura 7. Dactylis Oberón, efectos de la aplicación en setiembre de distintas dosis de nitrógeno sobre el número de inflorescencias y rendimientos de semilla. Medias de tres años. Adaptado de García y Real, 1994.

Las tres especies incrementaron significativamente el número de inflorescencias, evidenciando así el efecto positivo del nitrógeno aplicado en este momento en promover una mayor tasa de transformación de macollas vegetativas en reproductivas. Paralelamente los rendimientos de semillas también aumentaron significativamente en todas las situaciones estudiadas. Solamente en *dactylis* se alcanzaron los máximos rendimientos de semillas dentro del rango de dosis estudiadas, correspondiendo dicho máximo a los 123 kg N/ha. En las restantes especies los máximos se localizan arriba de los 150 kg N. Interesa resaltar que en dos de los tres años estudiados tanto en Tacuabé como en Urunday se registró vuelco post-antesis durante la fase de maduración de la semilla cuando se fertilizó con 150 kg N/ha en setiembre. Las máximas respuestas en semilla se obtuvieron con Tacuabé y las mínimas con Urunday, presentando Oberón un comportamiento intermedio. Festuca fue la especie más eficiente en convertir el nitrógeno aplicado en semilla al punto que a la mayor dosis aplicada, 150 kg N, presentó una eficiencia superior que las obtenidas con la menor dosis, 50 kg N, en las otras dos especies (cuadro 2).

Para cada especie, la eficiencia en el uso del nitrógeno disminuyó con el aumento en la dosis de aplicación (cuadro 2).

CONCLUSIONES

En las tres gramíneas, el atraso en el momento de fertilización nitrogenada de mayo a setiembre, aumentó considerablemente el número de inflorescencias, los rendimientos de semillas y la eficiencia de uso del nitrógeno.

Para una misma dosis total de nitrógeno aplicado, el fraccionamiento, en mayo y setiembre, o, julio y setiembre determinó disminuciones en el número de inflorescencias, rendimientos de semillas y eficiencia de uso del nitrógeno, en relación a la aplicación de una sola dosis en setiembre.

La aplicación de nitrógeno en setiembre determinó modelos de respuesta cuadráticos en el número de inflorescencias y los rendimientos de semillas en las tres especies consideradas. Solamente en *dactylis* se registraron los valores máximos de número de inflorescencias y rendimientos de semillas a dosis de 129 y 123 kg N/ha respectivamente, o sea, valores comprendidos dentro del rango de dosis estudiadas.

En las condiciones en que se manejaron estos cultivos, la estrategia de fertilización nitrogenada más apropiada consistió en una sola aplicación en setiembre.

Cuadro 2. Eficiencia de uso del nitrógeno, kg semilla/kg nitrógeno aplicado en setiembre.

kg N/ha	50	100	150
Tacuabé	2.88	2.42	1.95
Urunday	1.65	1.42	1.20
Oberón	1.86	1.39	0.91

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- CARAMBULA, M.**, 1964. Efectos de la fertilización con nitrógeno y fósforo en la producción de semillas de *Festuca arundinacea*. Bol.Téc. Est.Exp.de Paysandú. No 3. Uruguay.
- CARAMBULA, M.**, 1972. Efectos del nitrógeno en algunas estructuras del tallo fértil en *Phalaris tuberosa* L. Bol.Téc. Est.Exp. de Paysandú. 7:1-12. Uruguay.
- CARAMBULA, M.**, 1973. Efectos de las épocas de aplicación del nitrógeno y de la defoliación en la producción de semillas de *Festuca arundinacea* Schreb. Bol.Téc. Est.Exp. de Paysandú. 8:1-17. Uruguay.
- ELIZONDO, J.C.**, 1969. Efectos de la nutrición y la defoliación en la producción de semilla de *Festuca arundinacea* Schreb. Tesis Ing.Agr. Fac.de Agronomía. Montevideo. Uruguay.
- GARCÍA, J.A., Y REAL, D.** 1994. Fertilización Nitrogenada de Semilleros de *Dactylis* INIA LE Oberón. **En:** Producción de Semillas de *Dactylis* INIA LE Oberón. Mayo 1994.
- GRIFFITHS, D.J., ROBERTS, H.M., LEWIS, J., STODDART, J.L., BEAN, E.W.**, 1967. Principles of Herbage Seed Production. Welsh Plant Breeding Station, Aberystwyth. Technical Bulletin, 1, 135p.
- LAMBERT, J.P.**, 1956. I. The effect of nitrogenous fertilizer, applied at different rates and dates, on the seed production in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). N.Z.J. of Sci. and Technology, Feb, 1956, 432-441.
- LANGER, R.H.M.**, 1979. How Grasses Grow. London, Arnold Ltd.
- MARSHALL, C.**, 1985. Developmental and physiological aspects of seed production in herbage grasses. Journal of Applied Seed Production, 3, 43-49.
- MC WILLIAM, J.R. Y SCHROEDER, H.E.**, 1974. The yield and quality of *Phalaris* seed harvested prior to maturity. Aust.J.Agr.Res. 25, 2,259-64.
- NORDESTGAARD, A.**, 1986. Investigation on the interaction between level of nitrogen application in the autumn and time of nitrogen application in the spring to various grasses grown for seed. Journal of Applied Seed Production 4, 16-25.
- RYLE, G.J.A.**, 1966. Physiological aspects of seed yield in grasses. pp 106-118. **In:** The growth of cereals and grasses. Milthorpe, F.L., Ivins, G.D., Eds. London, Butterworths.
- SIMPSON, J.R. Y BULL, J.A.**, 1970. Effects of time of nitrogen applications on the yield and characteristics of the seed produced by Demeter fescue (*Festuca arundinacea*). Aust.J.of Exp.Agr.and An.Husb. 10(45), 410-14.
- SPENCER, J.T.**, 1950. Seed production of Ky 31 fescue and orchardgrass as influenced by rate of planting, nitrogen fertilization and management. Ky.Agr.Exp.Stn. University of Kentucky, Bull No 154:1-18.

FERTILIZACION NITROGENADA EN PASTURAS MEZCLA

Mónica Rebuffo*

INTRODUCCION

Los sistemas pastoriles están sujetos a las fluctuaciones estacionales en la producción de forraje, problema de amplio conocimiento en Uruguay. Los establecimientos intensivos generalmente manejan reservar forrajeras y raciones para compensar la alimentación en los períodos con menores tasas de crecimiento de las pasturas. El uso de fertilizantes nitrogenados puede ser una solución relativamente fácil para este problema. Es rápido, simple y en ocasiones más económico que otros sistemas alternativos, como las reservas en forma de heno o silo. Lograr alta producción de leche a lo largo de los meses de invierno, o alimentar adecuadamente las vacas y ovejas después del parto generalmente son objetivos estratégicos de un establecimiento intensivo, que normalmente se logran aumentando la disponibilidad de forraje verde.

Tradicionalmente se fertiliza con N los verdes de trigo, avena y raigrás, como forma de compensar los déficits en el presupuesto forrajero de otoño/invierno. Aunque las respuestas a nitrógeno en este período son relativamente bajas, la producción de forraje adicional en junio-agosto puede ser extremadamente valiosa. Este trabajo estudia, como alternativa de producción de forraje en el otoño/invierno, la fertilización nitrogenada de pasturas mezcla de gramíneas-leguminosas.

La respuesta a N de una pastura está determinada por las condiciones climáticas durante y después de la fertilización y las tasas de crecimiento de la misma. Los fertilizantes aplicados en superficie son relativamente ineficientes si se aplican en condiciones secas u ocurren lluvias excesivas luego de su aplicación. A su vez las menores tasas

de crecimiento en invierno, debido a bajas temperaturas y menor luminosidad, reducen la respuesta potencial. Junto a estos factores, el estado y composición botánica de la pastura inciden marcadamente en la respuesta a N.

CARACTERISTICAS RELEVANTES DE LA PASTURA QUE AFECTAN LA RESPUESTA A NITROGENO

En Nueva Zelanda hay numerosos informes de respuesta a N en pasturas de raigrás perenne y trébol blanco, indicando que el déficit de N es un fenómeno común (Scott, 1963; Ball et al, 1976; O'Connor, 1961a, b). En términos generales recomiendan la aplicación estratégica de N en pasturas de alta producción, dominadas por gramíneas, y solo cuando la estación de crecimiento favorezca el crecimiento de la pastura.

El primer factor a considerar es la capacidad de respuesta que tiene la pastura, que está fundamentalmente determinada por la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento. La respuesta de las gramíneas puede rápidamente inducir sombreado y reducir el rendimiento de las leguminosas.

En Nueva Zelanda el contenido de trébol de las pasturas varía entre 10 y 32% (O'Connor, 1982). En cambio en Uruguay las pasturas mezcla están dominadas por las leguminosas, que representan entre 30 a 80% del rendimiento, dependiendo de la edad de la pastura y de la estación del año. Normalmente no se esperan respuestas importantes cuando las leguminosas dominan el tapiz. La baja población de gramíneas en tales pasturas restringe severamente el potencial de

* Ing. Agr., M.Sc., Pasturas, INIA La Estanzuela

cualquier repuesta, y el N aplicado normalmente resulta en una sustitución de leguminosas por gramíneas (Ennik, 1969, MacKenzie, 1982). Es indudable que la composición botánica es un factor importante y **sencillo de evaluar** en la selección de los potreros a fertilizar con N.

La respuesta de las gramíneas está determinada por su capacidad para incrementar el número de macollos y/o aumentar el tamaño de los mismos. La capacidad de macollaje tiene una importante variación estacional, siendo alta en otoño, cuando las plantas permanecen vegetativas, y muy baja en primavera, cuando comienza el ciclo reproductivo. El potencial para la respuesta por un tallo reproductivo está restringido a limitados incrementos en el tamaño de órganos ya formados en el tallo, a diferencia de la situación durante el crecimiento vegetativo donde se pueden formar nuevos macollos y más grandes. Por lo tanto la proporción de tallos vegetativos y reproductivos de una gramínea regula, en parte, su capacidad de respuesta al N aplicado.

MATERIALES Y METODOS

Para medir la respuesta a N de diversas mezclas se sembró una serie de ensayos que comparan la producción del verdeo tradicional (avena+raigrás) con diversas mezclas de gramíneas y leguminosas. Todas las mezclas incluyeron una gramínea anual en la siembra. Las mezclas estudiadas incluyen trébol rojo sembrado junto con avena+raigrás o raigrás, así como la mezcla de festuca, lotus y trébol blanco, que se sembró con avena a menor densidad. Si bien en el estudio original se incluye otras mezclas compuestas por achicoria, falaris y festulolium, para facilitar la interpretación de los resultados no se incluyen en esta publicación.

A los efectos de medir la variación anual en la respuesta a N, los ensayos se sembraron en tres años sucesivos, evaluándose la producción de forraje durante los primeros tres años de la pastura. Las fertilizaciones nitrogenadas se realizaron fraccionadas, a mediados de mayo y julio, siendo la dosis total de 100 kg urea/ha (46 unidades de N). Todas

los tratamientos se mantuvieron bajo cortes periódicos, simulando pastoreo rotativo durante todo el año.

RESULTADOS Y DISCUSION

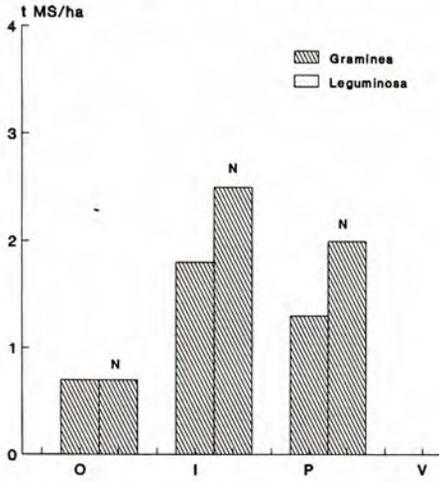
A) El uso de nitrógeno en el primer año.

En la figura 1 se grafican los rendimientos estacionales de primer año. En otoño, debido a la fecha de siembra (abril), la mezcla de avena+festuca+lotus+blanco no se pudo evaluar. A su vez los rendimientos de las otras mezclas fueron bajos (0.5-0.7 t MS/ha). La primera fertilización nitrogenada se realizó en mayo, por lo que en otoño no hubo un intervalo de tiempo suficiente como para que las gramíneas manifestaran su respuesta al N.

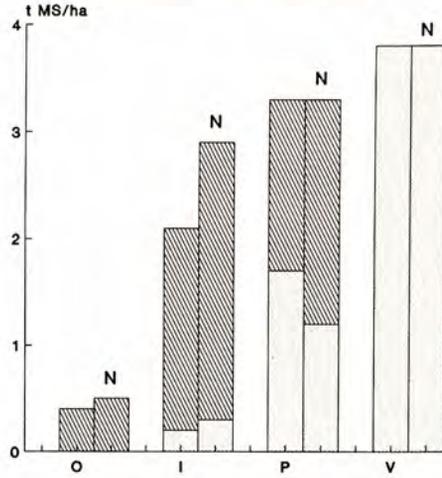
En invierno, cuando la avena y el raigrás tuvieron mayor desarrollo, se obtuvieron mayores rendimientos y las mayores respuestas en todas las mezclas. Tanto el verdeo como en las mezclas con trébol rojo, donde las gramíneas anuales eran preponderantes, rindieron en forma similar (2 t MS/ha sin N, y 2,6 t MS/ha con N). A pesar de la similitud en la acumulación de forraje estacional, las curvas de crecimiento de avena y raigrás en otoño/invierno no son idénticas. La avena tuvo un mayor crecimiento y respuesta temprano, en junio-julio, mientras que raigrás aumentó su rendimiento y respuesta en julio-agosto. La mezcla que incluye festuca, debido a la baja proporción de avena, tuvo los menores rendimientos y respuestas.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la evaluación económica de las fertilizaciones con N en pasturas mezcla, es el efecto residual en los rendimientos de primavera/verano, así como el efecto sobre la composición botánica. En primavera la respuesta residual de la mezcla avena+raigrás fue de 0,7 t MS/ha, similar a la respuesta de invierno. En cambio en las pasturas mezclas no se produjeron variaciones en los rendimientos primaverales debido a la fertilización nitrogenada. Si bien, el forraje producido por las gramíneas anuales fue mayor cuando se

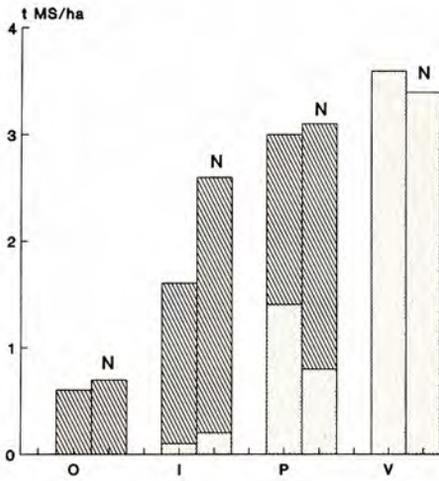
Avena-Raigrás



Avena-Raigrás-Rojo



Raigrás-Rojo



Avena-Festuca-Lotus-Blanco

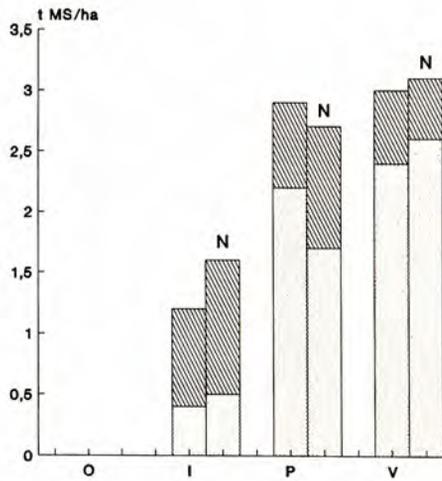


Figura 1. Efecto de la fertilización nitrogenada en los rendimientos estacionales y la composición botánica de primer año. Promedio de tres años (1981-83).

utilizó N, las leguminosas disminuyeron su producción en igual medida. En primavera las leguminosas representaron 50-75% en las pasturas sin N, disminuyendo a 40-60% con N. No se observó efecto residual en verano.

B) El uso de N en el segundo año

La posibilidad de incrementar el rendimiento de otoño/invierno de las pasturas de segundo año dependerá de la presencia de gramíneas y de su capacidad de respuesta. Aun cuando las mezclas con trébol rojo no incluyeron gramíneas perennes, las gramíneas anuales se sembraron, especialmente raigrás.

En el segundo año la respuesta a N fue menor que en el primer año, y particularmente variable según la mezcla (figura 2). La mayor respuesta invernal a la fertilización nitrogenada se obtuvo con las praderas de trébol rojo, debido a la respuesta del raigrás de resiembra. Sin embargo, esta respuesta fue menor a la obtenida con el verdeo tradicional. En el caso particular de la mezcla con festuca, el trébol blanco dominaba totalmente la pastura (85% de leguminosas en invierno) lo que seguramente limitó el crecimiento de la gramínea.

En primavera la respuesta residual de las gramíneas, tanto raigrás como festuca, fue buena, pero la respuesta global se vio reducida por la disminución en el rendimiento de las leguminosas. En verano se mantuvo el efecto negativo sobre el rendimiento de las leguminosas, particularmente en trébol rojo.

C) Variaciones en la Respuesta

Teniendo en cuenta que, como regla general, se recomienda fertilizar con N pasturas de alta producción, dominadas por gramíneas, nuestras pasturas de segundo año no serían adecuadas. Sin embargo, en algunas circunstancias las respuestas pueden ser aceptables, incluso buenas. El cuadro 1 ejemplifica las enormes variaciones en términos de respuesta a N que se obtuvieron en esta serie de ensayos, particularmente en el segundo año. En el período otoño/invierno del primer año las gramíneas representaron más del 90% del forraje en las mezclas con trébol rojo, mientras que en la mezcla de avena + festuca + lotus + trébol blanco representan el 70% (figura 1). Es claro que la predominancia de gramíneas en este período permite obtener respuestas mínimas de 10 kg MS/kg N. Las mayores respuestas (30-33 kg MS/kg N) se pueden lograr si las condiciones climáticas son más propicias para el crecimiento y las pasturas tienen muy buena densidad de gramíneas de alta producción, como raigrás y avena. La respuesta particularmente baja obtenida con la mezcla de festuca, blanco y lotus, no sorprende, ya que fue la mezcla con el menor contenido de gramíneas.

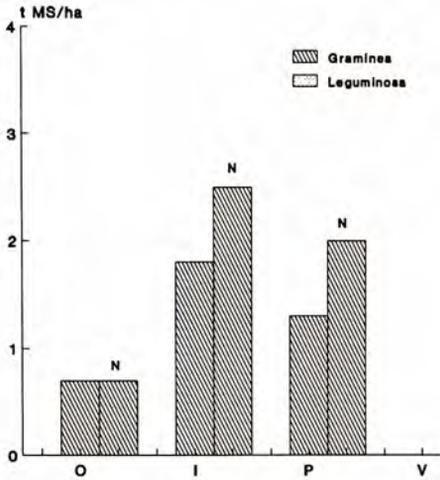
En general, las respuestas a N en el otoño/invierno del segundo año fueron menores y más variables. Las leguminosas dominaron el tapiz, lo que probablemente condicionó la menor respuesta. Las respuestas más bajas nuevamente correspondieron a la mezcla de festuca, blanco y lotus.

Cuadro 1. Respuestas máximas y mínimas a la fertilización nitrogenada, expresadas como kg MS/kg N. Período otoño/invierno y total anual.

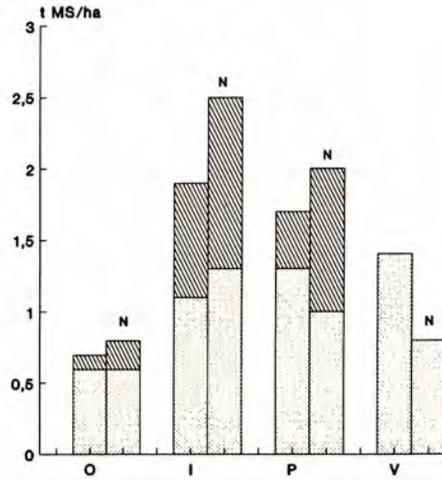
Tipos de pasturas	Primer año				Segundo año			
	otoño/invierno		total		otoño/invierno		total	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Av+R(*)	10	20	12	32				
Av+R+TR	10	33	2	34	1	32	-34	46
R+TR	14	30	11	24	-2	16	-5	11
Av+F+L+TB	2	12	-1	18	1	6	-12	4

(*) Av=avena, R=raigrás, F=festuca, TR=trébol rojo, L=lotus, TB=trébol blanco

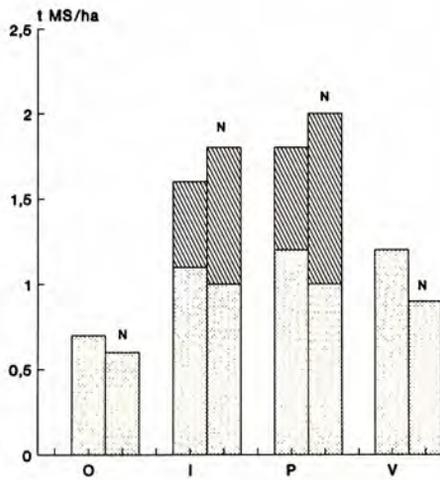
Avena-Raigrás



Avena-Raigrás-Rojo



Raigrás-Rojo



Avena-Festuca-Lotus-Blanco

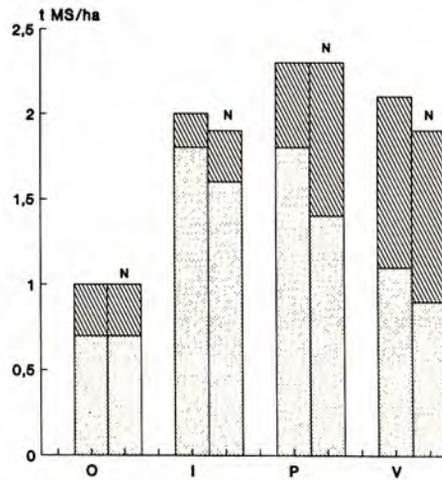


Figura 2. Efecto de la fertilización nitrogenada en los rendimientos estacionales y la composición botánica de segundo año. Promedio de tres años (1982-84).

CONSIDERACIONES GENERALES

Para los productores intensivos, que normalmente maximizan la utilización del forraje producido durante todo el año, es importante considerar el efecto global de la fertilización nitrogenada en las pasturas mezclas. Cuando la respuesta de la gramínea fue acompañada por una disminución en el rendimientos posteriores de las leguminosas, la respuesta total se redujo.

En muchos casos se produjo un desplazamiento de los rendimientos estacionales, con incremento en la producción de invierno y disminución en la producción de verano y/o primavera. Es particularmente importante tener en cuenta esta característica de las mezclas con dominancia de leguminosas cuando se calcula la rentabilidad de las fertilizaciones de segundo año, ya que las respuestas se tornaron negativas al considerar el forraje total acumulado.

El uso cuidadoso de fertilizantes nitrogenados durante el período de establecimiento de las pasturas puede aumentar el rendimiento de forraje en invierno, sin afectar mayormente el desarrollo de las especies sembradas. El área del establecimiento a fertilizar con N debe ser cuidadosamente calculada para permitir la mayor utilización posible.

Las excesivas acumulaciones de forraje incrementarán las pérdidas por material muerto, afectando en mayor grado a las leguminosas con el sombreado. El conocimiento de la capacidad de respuesta de cada potrero, en función del estado de las plantas así como de la composición botánica de la pastura, será una herramienta útil en el momento de tomar decisiones, especialmente cuando se realizan fertilizaciones de segundo año.

La fertilización nitrogenada de verdes y pasturas mezcla puede ser una herramienta estratégica para aumentar la oferta de forraje en invierno. El desarrollo de este sistema de manejo está sujeto a las fluctuaciones de precios del fertilizante, ya que el uso rentable del N dependerá tanto del precio como de la respuesta de la pastura en términos de forraje extra producido y la eficiencia de utilización de la misma.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BALL, R., INGLIS, J.A.H. & MAUGER, J.H.** 1976. Tactical application of fertiliser nitrogen to offset a seasonal feed shortage on a heavily-stocked sheep farm in southern Hauke's Bay. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 37: 166-181.
- ENNIK, G.C.** 1969. Competition effects in laboratory and field. In: *White clover research*, ed. J.Lowe. Occasional Symposium N.6. British Grassland Association, 165-174.
- MACKENZIE, G.H. & DALY, M.** 1982. Nitrogen use in perennial ryegrass-white clover sward. *Grass and Forage Science* 37, 181-183.
- O'CONNOR, K.F.** 1961a. Nitrogen and grassland production in the mid-altitude zone of Canterbury. I. The different levels of nitrogen fertiliser on herbage and nitrogen yields of cultivated pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 4: 686-697.
- O'CONNOR, K.F.** 1961b. Nitrogen and grassland production in the mid-altitude zone of Canterbury. III. The effects of nitrogenous and other fertiliser materials on uncultivated pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 4: 709-721.
- O'CONNOR, K.F.** 1982. Nitrogen fertiliser for the production of Out-of-Season Grass. In: Lynch, P.B, ed. *Nitrogen Fertilisers in New Zealand Agriculture*, p.65-76.
- SCOTT, R.S.** 1963. Nitrogen fertilisers for out-of-season growth. *New Zealand Journal of Agriculture* 106: 117-121.

NITROGENO EN CAMPO NATURAL

Walter Ayala*

Milton Carámbula**

INTRODUCCION

Los campos naturales constituyen el principal soporte de la gran mayoría de la ganadería extensiva a nivel nacional. Por consiguiente, resulta de gran interés conocer los rendimientos potenciales capaces de ser alcanzados por aquellas pasturas nativas que representan las principales regiones del país. Al respecto, la producción potencial de cada sitio es considerada como el máximo rendimiento obtenible cuando todos los factores del crecimiento se encuentran al nivel óptimo.

Si bien es cierto que existen algunas variables no controlables a nivel de extensividad como temperatura y humedad, que resultan ser de importancia primordial para definir el comportamiento de las pasturas naturales, también es cierto que existe otra variable como la mejora en la nutrición mineral la cual, mediante la aplicación de fertilizantes, se presenta como una alternativa más, al ofrecerse como un factor manejable sin dificultades por el productor. En este sentido, la carencia crónica de nitrógeno en todas las situaciones de producción extensiva y la reconocida influencia de este nutriente sobre las condiciones de crecimiento del tapiz, justifican su inclusión en este estudio como una de las principales variables.

De esta forma se trata de dar respuesta a las interrogantes planteadas tendientes a conocer, bajo diferentes frecuencias de utilización, las variaciones causadas por el agregado de dicho nutriente al campo natural. Es bien claro que las dosis de fertilizantes a utilizar para obtener rendimientos máximos varían con las condiciones de suelo y clima de cada sitio en cualquier región o país.

En esta ocasión han sido consideradas como dosis óptimas básicas anuales: 200 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simple) y 80 kg/ha de K (cloruro de potasio) aplicados en forma fraccionada en partes iguales en otoño y primavera.

El nitrógeno fue aplicado a tres niveles (0, 40 y 80 kg/ha) en cada estación bajo forma de urea, totalizando 0, 160 y 320 kg/ha anuales del nutriente. La dosis máxima utilizada de nitrógeno puede ser definida como la dosis de aplicación a la cual el crecimiento no sería limitado por la disponibilidad de este elemento. Cuando las otras condiciones del crecimiento son buenas este nivel máximo puede dar una medida de la producción potencial de forraje.

Se presentan resultados de dos años consecutivos. El estudio se realizó sobre un brunosol subéutrico típico de la Unidad Alfez, Palo a Pique, Treinta y Tres.

PRODUCCION ANUAL

Es bien conocida la deficiencia de algunos nutrientes minerales en los suelos del país, especialmente en nitrógeno y fósforo, lo cual afecta notablemente el crecimiento del campo natural.

Bajo estas circunstancias se han desarrollado en la región vegetaciones estivales con especies más eficientes en el uso de estos recursos limitados.

Al ser las gramíneas el componente predominante de estas pasturas, el nitrógeno se presenta como uno de los elementos de mayor significancia.

* Ing. Agr., Pasturas, INIA Treinta y Tres

** Ing. Agr., M.Sc., Pasturas, INIA Treinta y Tres

La información registrada en el presente estudio muestra la falta de respuesta al agregado de potasio y fósforo y un significativo aumento frente al aporte de nitrógeno (cuadro 1).

Este comportamiento se ve ampliamente alterado cuando los tres elementos primarios son agregados conjuntamente, constatándose incrementos muy importantes (253 a 300%) por efectos de la interacción entre dichos nutrientes.

Así mismo, se debe destacar que el manejo de utilización afectó la producción total anual.

En este sentido se han obtenido promedialmente rendimientos en materia seca superiores en un 24,3% cuando se permitió acumular forraje por un período mayor de tiempo.

Un manejo de utilización menos frecuente permite lograr una mayor eficiencia de los nutrientes aplicados particularmente del nitrógeno.

Este efecto se observa muy especialmente en los tratamientos con nitrógeno sólo o acompañado por fósforo y potasio donde el incremento de producción de forraje alcanzó un 31% y 34% respectivamente.

RENDIMIENTO ESTACIONAL

La distribución estacional ayuda a entender mejor la variabilidad de rendimientos.

Se debe tener en cuenta que los rendimientos anuales no son relevantes para el productor quien está mucho más comprometido con las condiciones actuales de crecimiento de cada estación del año que con el rendimiento total.

En este sentido el productor se puede preguntar: ¿Puede modificarse la producción estacional del campo natural ajustando las fechas de aplicación de nitrógeno?

Los estudios realizados muestran que el uso del nitrógeno magnifica la ya conocida estacionalidad del campo natural (figura 1).

De esta manera, en estas pasturas normalmente constituidas por porcentajes muy elevados de especies estivales, la mayor respuesta a este nutriente y a NPK se concentra en términos generales principalmente en los períodos de mayor producción de las mismas en los meses de primavera, verano y otoño.

En cuanto al invierno si bien en esta estación también se registran efectos favorables al agregado de nitrógeno y NPK, la producción de materia seca en términos absolutos

Cuadro 1. Respuesta de la producción anual de forraje (kg/ha MS) de campo natural al agregado de nitrógeno, fósforo y potasio bajo dos frecuencias de defoliación. N = 320 kg N/ha/año.

Tratamientos	Cortes c/45 días	Cortes c/90 días
Campo Natural	3916c	4464 c
Campo Natural + N	6454 b	7656 b
Campo Natural + P	4291 c	5650 c
Campo Natural + K	3866 c	4296 c
Campo Natural + NPK	9922 a	13377 a
Rendimiento promedio	5690	7089
MDS (Turkey 5%)	1434	1749
R ₂	0,96	0,97
C.V. (%)	11,2	10,9

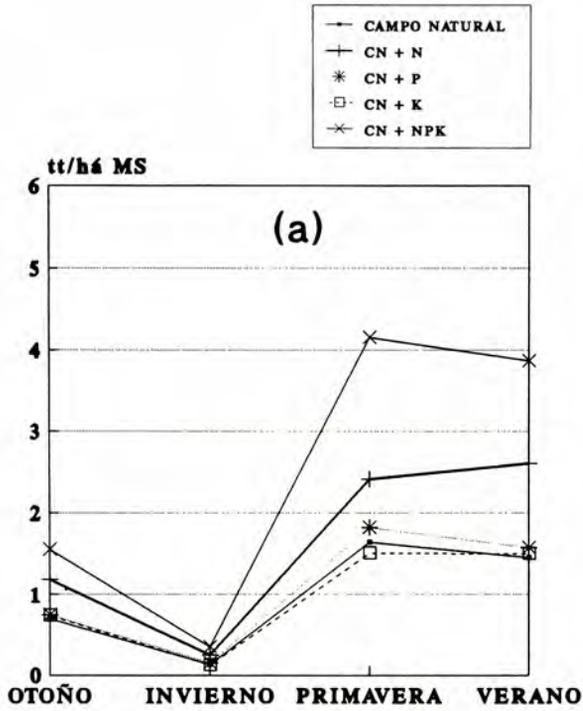


Figura 1a. Distribución estacional de forraje (t/ha MS) según frecuencia de utilización (a) cortes cada 45 días.

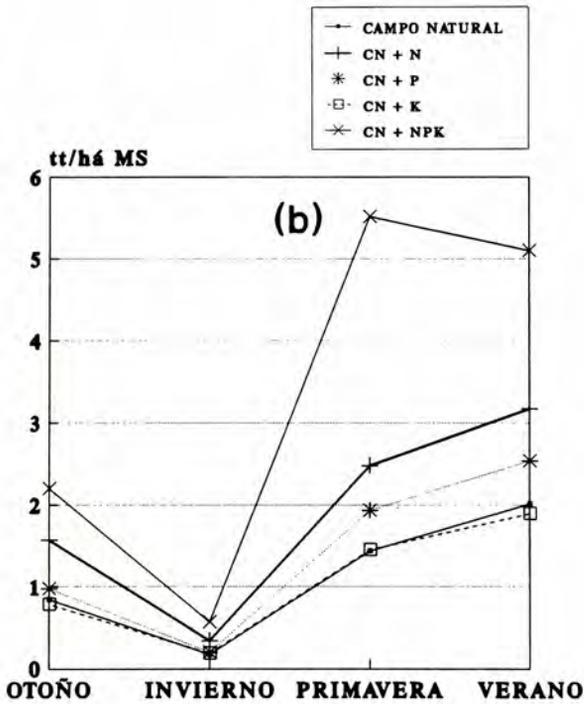


Figura 1b. Distribución estacional de forraje (t/ha MS) según frecuencia de utilización: (b) cortes cada 90 días.

no es relevante en cuanto al aporte de forraje para cubrir las necesidades de los animales. Ello sugiere descartar el uso de este nutriente para elevar la producción inmediata en esta estación.

El ciclo biológico de las especies presentes, las bajas temperaturas y heladas y el exceso de agua en estos suelos serían responsables de la baja utilización de dicho elemento. Este comportamiento indicaría que la demanda de forraje exigida por las producciones animales en la época invernal debería ser cubierta mediante el agregado de este nutriente temprano en el otoño.

Solo de este modo, la acumulación del pasto a lo largo de dicha estación y su diferimiento en pie hacia el invierno, resultará más eficiente para enfrentar las condiciones rigurosas de esta época del año.

No obstante, no se debe descuidar el hecho de que el efecto de la fertilización nitrogenada en cada estación puede afectar la marcha de otra estación del año. Así, es bien conocido el efecto positivo de la fertilización otoñal para incrementar el macollaje de las especies activas en invierno y favorecer mayores rendimientos en primavera.

CAMBIOS BOTANICOS

El comportamiento relativo frente a distintos niveles de fertilidad afecta no solo la productividad anual y estacional del campo natural sino que conduce a un balance diferente entre especies.

De esta forma un incremento en el nivel de fertilidad trae aparejado cambios botánicos en la pastura, favoreciéndose las especies de mayor respuesta las que una vez levantada la limitante se tornan competitivas.

En este estudio la presencia de especies anuales invernales, en especial *Gaudinia fragilis* y *Vulpia australis*, determinó que con el solo agregado de nitrógeno y más aún combinando este nutriente con fósforo y potasio se registrara un incremento importantísimo de estas especies, el cual se manifestó por una intensa floración de las mismas (figura 2).

La presencia de un banco latente de semillas muy importante en el suelo y el levantamiento de las restricciones de fertilidad serían las condicionantes de este comportamiento.

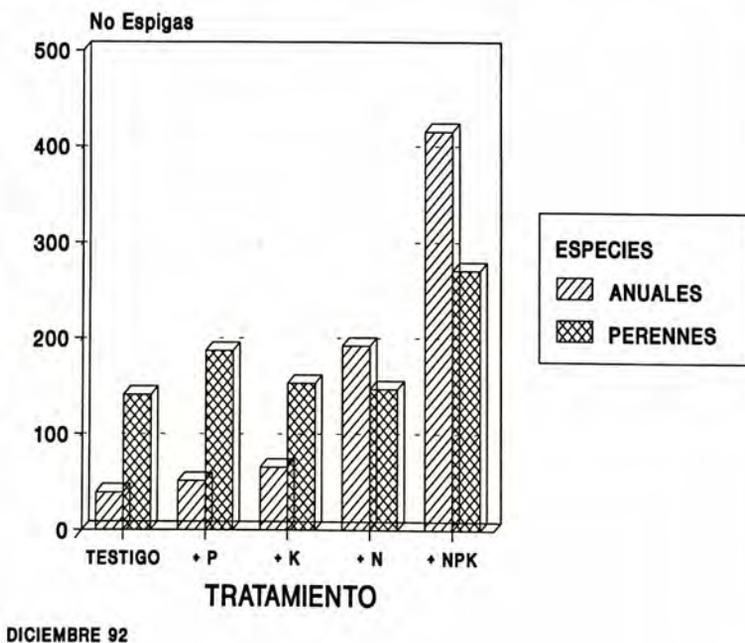


Figura 2. Respuesta en la floración de gramíneas anuales y perennes al agregado de nutrientes.

VALOR NUTRITIVO

El efecto fundamental del fertilizante es producir más materia seca ya que desde el punto de vista de la calidad del forraje la aplicación de N, P o K no afecta en general la digestibilidad del campo nativo, aunque se observa una tendencia favorable en los tratamientos que incluyen nitrógeno (cuadro 2).

Se debe destacar también el comportamiento de la pastura en otoño cuando con la aplicación de nitrógeno se logra mantener una mejor digestibilidad (figura 3) en especial en forraje acumulado durante 90 días.

Por otra parte es claro que el agregado de nitrógeno permite alcanzar porcentajes mayores de proteína cruda en la pastura (figura 4). Este comportamiento se detecta en particular en invierno y luego en otoño en que la presencia del nitrógeno favorece el logro de valores superiores.

En primavera y verano, bajo ambos sistemas de utilización, los porcentajes de proteína cruda ofrecida son más bajos que en el resto del año. Sin embargo un manejo frecuente con defoliaciones cada 45 días permi-

te lograr un forraje tierno de mejor calidad, especialmente en verano cuando se le compara con la utilización cada 90 días en que la pastura tiende a madurar rápidamente.

Con referencia a la fracción fibra detergente ácida no se registraron efectos significativos frente al agregado de los distintos nutrientes.

EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL NITROGENO

La respuesta total anual del campo natural a la aplicación del nutriente, bajo régimen de fertilización fraccionada estacional, muestra un comportamiento positivo.

La prueba F indica que la regresión es altamente significativa. La función muestra un componente lineal muy importante pero predice rendimientos decrecientes al agregado de nitrógeno como lo demuestra el coeficiente para N^2 (figura 5).

En dicha figura se presenta el intervalo de confianza ($P=68\%$) de la función de respuesta en la que se destaca que el rango de

Cuadro 2. Valores promedio anuales de digestibilidad, proteína y fibra detergente ácida, según los distintos tratamientos de fertilización. N = 320 kg N/ha/año.

Tratamiento	Dig. (%) Prom. anual	Proteína (%) Prom. anual	FDA (%) Prom. anual
CN	51.8	8.7 b	44.1
CN + N	52.6	10.3 a	42.9
CN + P	51.5	8.7 b	43.9
CN + K	50.8	8.9 b	44.2
CN + NPK	54.9	10.3	42.9
Nivel de significación	ns	***	ns
MDS (Turkey 5%)	---	1.28	---
R_2	0.80	0.95	0.81
C.V. (%)	8.25	9.04	3.93

*** P mayor o igual 1%
ns No significativo

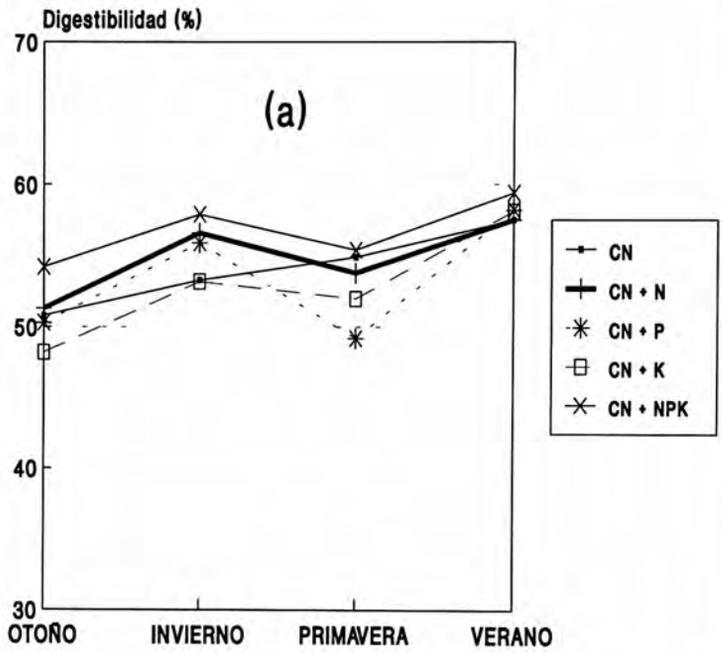


Figura 3a. Variaciones estacionales de la digestibilidad (%) según frecuencia de utilización: cortes cada 45 días.

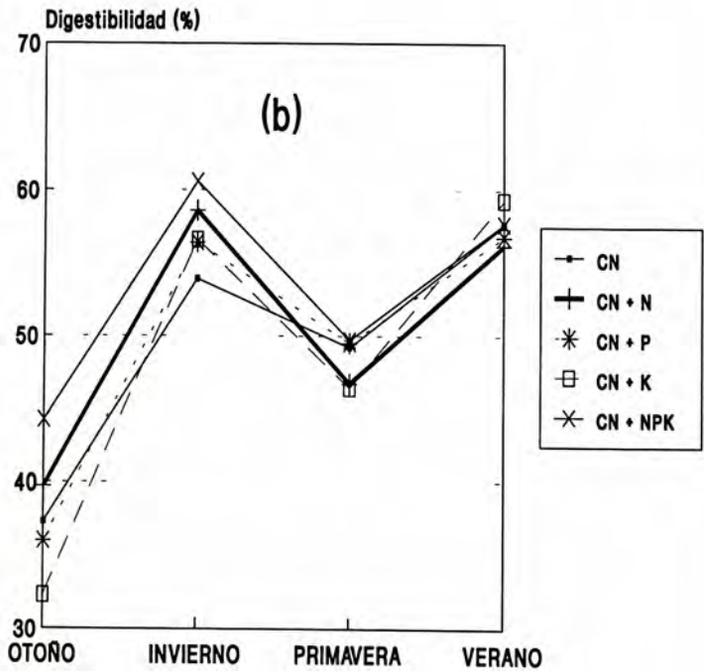


Figura 3b. Variaciones estacionales de la digestibilidad (%) según frecuencia de utilización: (b) cortes cada 90 días.

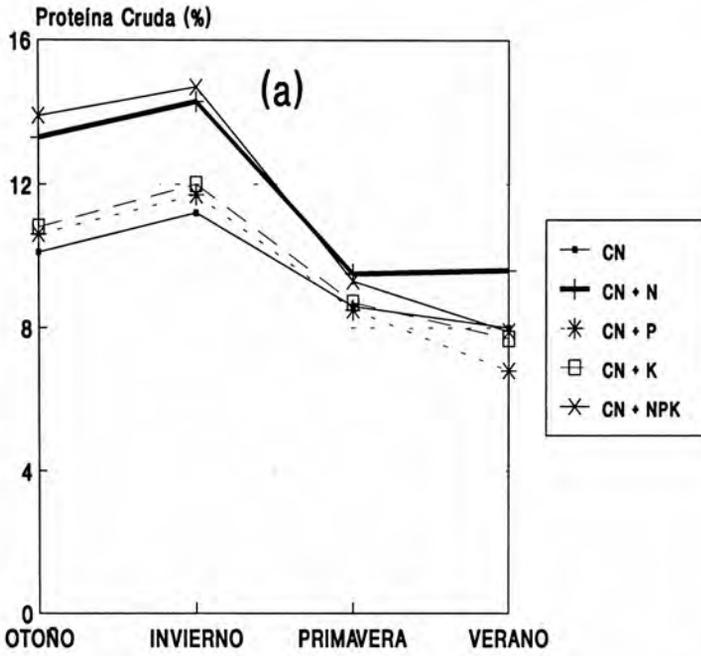


Figura 4a. Variaciones estacionales de la proteína cruda (%) según frecuencia de utilización: (a) cortes cada 45 días.

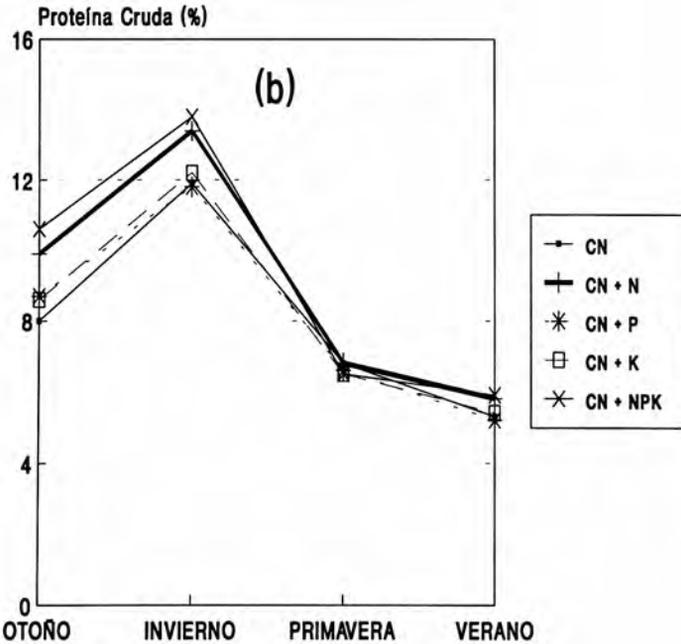


Figura 4b. Variaciones estacionales de la proteína cruda (%) según frecuencia de utilización: (b) cortes cada 90 días.

variación es mayor hacia niveles más altos de fertilización nitrogenada.

Para interpretar mejor la eficiencia de utilización es importante considerar el comportamiento estacional del campo natural frente al nutriente.

De acuerdo con la información obtenida la respuesta del tapiz nativo, al agregado estacional de nitrógeno, no mostró diferencias significativas entre las dosis aplicadas de dicho elemento para un manejo de cortes cada 90 días (figura 6).

De esta forma, la dosis alta de 80 kg/ha/N por estación no superó a la dosis menor de 40 y en consecuencia al ser la pastura natural incapaz de aprovechar el nitrógeno cuando es aplicado en cantidades elevadas, éste se perdería llevando a una baja eficiencia de utilización del nutriente.

Se debe destacar así mismo que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable entre años. Dichas variaciones referentes a disponibilidad y eficiencia del nitrógeno son menores en condiciones de aplicaciones suficientemente fraccionadas para minimizar las pérdidas.

En la figura 7 se presenta el comportamiento estacional del campo natural frente a

la fertilización nitrogenada cuando se efectúan defoliaciones cada 45 días.

En la misma se presenta el comportamiento diferencial entre las distintas estaciones en el promedio de dos años contrastantes.

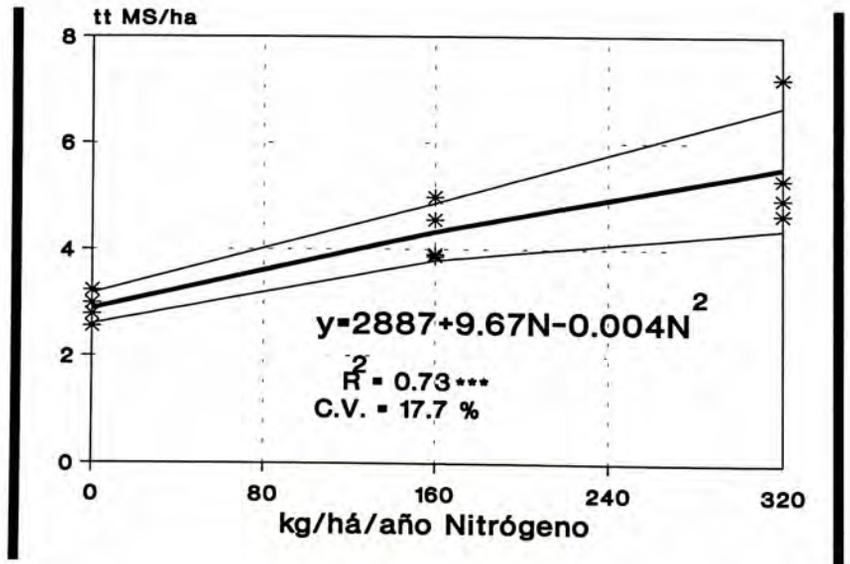
De acuerdo con lo observado, la eficiencia en la utilización del nitrógeno fue muy baja en invierno (1.5 kg MS/kg N) mientras que en primavera y en especial en verano se constataron los mejores registros (14 kg MS/kg N).

Las pruebas F indican que para las cuatro estaciones las regresiones fueron significativas por lo menos al 5%.

La eficiencia de utilización del nitrógeno depende también de la frecuencia de defoliación de la pastura. En este estudio se ha observado que la utilización aparente del nitrógeno es mayor cuando el corte se realiza en una etapa avanzada de crecimiento.

Esto indica que cuando se utilizan dosis elevadas y no fraccionadas de nitrógeno su respuesta puede ser mayor principalmente cuando se hace forraje estacional diferido en pie, heno o ensilaje. Por el contrario, en sistemas rotativos rápidos pueden quedar en el suelo cantidades residuales importantes de este elemento, las que serían fácilmente desperdiciadas.

Figura 5. Producción del campo natural frente al agregado total anual de nitrógeno con cortes cada 45 días (1993).



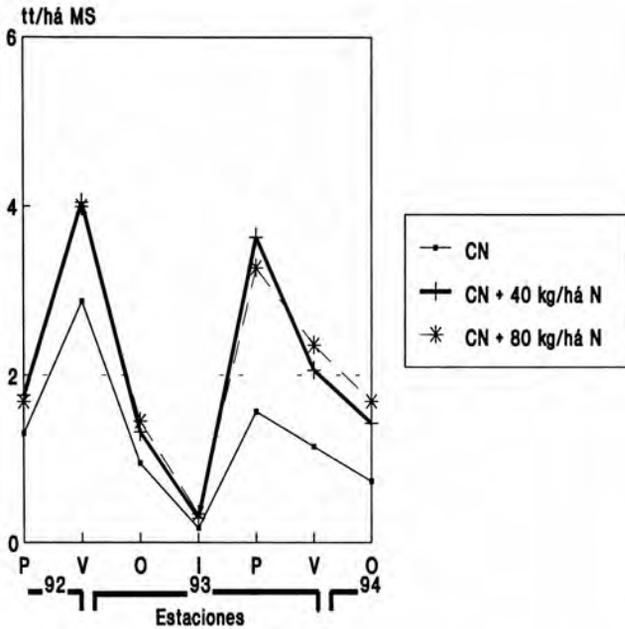


Figura 6. Respuesta de campo natural al agregado estacional de nitrógeno bajo una frecuencia de cortes cada 90 días.

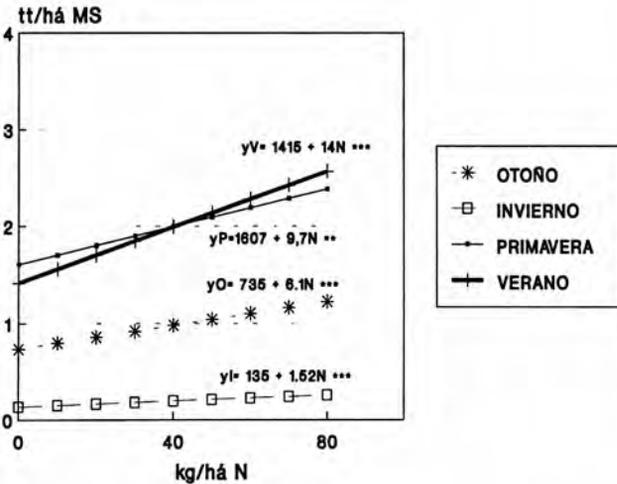


Figura 7. Comportamiento estacional del campo natural frente al agregado al de nitrógeno con un manejo de cortes cada 45 días. Promedio de dos años.

COMENTARIOS FINALES

1- La fertilización nitrogenada estacional promueve incrementos importantes en la producción anual del campo natural. Este efecto se ve ampliamente incrementado cuando dicho agregado se hace conjuntamente con fósforo y potasio.

2- El uso de nitrógeno magnifica la ya conocida estacionalidad del campo natural, lográndose las mayores respuestas en los

períodos de activo crecimiento (primavera-verano).

3- El agregado de nitrógeno provoca cambios en la frecuencia de especies del campo natural, estimulando principalmente a las gramíneas anuales. Se debe destacar que este comportamiento ha sido alcanzado tan solo y en especial en verano (14 kg MS/kg N).

4- La digestibilidad y fibra detergente ácida no son afectadas por la fertilización nitrogenada. Por el contrario, el contenido de

proteína cruda se ve significativamente incrementado.

5- Si bien el manejo de cortes cada 90 días mostró en general rendimientos mayores, no se encontró respuesta a la aplicación estacional de nitrógeno por encima de 40 kg/ha.

6- La eficiencia en la utilización del nitrógeno con cortes cada 45 días fue muy baja en

invierno (1.5 kg MS/kg N), mientras que las mejores respuestas se lograron en primavera y en especial en verano (14 kg MS/kg N).

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento al Ing. Agr. Armando Rabuffetti por sus valiosas sugerencias.

RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE TRES GRAMINEAS SEMBRADAS EN COBERTURA

Walter Ayala *
Milton Carámbula**

I. INTRODUCCION

Una vez incrementada la fertilidad de un suelo mediante la utilización de fósforo y leguminosas es indiscutible la necesidad de avanzar hacia pasturas más estables, mediante una población adecuada de gramíneas con rendimientos destacados, especialmente en la época crítica otoño-invernal.

Esta segunda etapa que se da en los mejoramientos exitosos puede suceder naturalmente, aunque con lentitud, si hay especies valiosas presentes en el tapiz; o puede ser acelerada mediante la inclusión de éstas por métodos sencillos y económicos. Ello requiere un buen entendimiento del comportamiento de distintas gramíneas, anuales o perennes, con un criterio de adaptación, producción y eficiencia.

Las gramíneas elegidas para tal fin deben ser productivas y persistentes así como adaptarse a las siembras en cobertura sobre suelos compactados y a la competencia ejercida por la vegetación nativa, condiciones que deben enfrentar al ser incluidas en las pasturas naturales. Estas últimas características no las presentan, precisamente, la mayoría de las gramíneas introducidas para formar pasturas sembradas. Sin embargo, dichos caracteres están presentes en algunas especies indígenas y sub-espontáneas, las que muestran gran adaptación a las resiembras naturales bajo las condiciones del país.

Para ello la búsqueda de gramíneas rústicas para incorporar al tapiz por medio de

métodos económicos puede resultar de gran valor para el desarrollo de diferentes tecnologías a ser integradas en los distintos sistemas de producción ganadera extensiva.

Los trabajos que se realizan en INIA Treinta y Tres están dirigidos precisamente a determinar el comportamiento de algunas especies presumiblemente valiosas para cubrir el objetivo antedicho.

II. MATERIALES Y METODOS

El experimento fue instalado sobre un suelo de la Unidad "Sierra de Polanco", Cerros de Amaro, Treinta y Tres.

Los tratamientos comprendieron tres especies *Lolium multiflorum* (Raigrás cv. LE 284), *Holcus lanatus* (Holcus cv. La Magnolia) *Bromus auleticus* (Bromus cv. Campero) incorporados al tapiz en cobertura bajo tres condiciones contrastantes de fertilidad. Para lograr dicho efecto se aplicaron distintas dosis de nitrógeno: 0, 50 y 100 kg/ha de N total anual en forma de urea, fraccionado en dos momentos, otoño y primavera.

Así mismo, cada especie fue sembrada, sin agregado de nitrógeno, con una mezcla de *Trifolium repens* (T. blanco cv. Zapicán) y *Lotus corniculatus* (Lotus cv. Ganador). Todo el experimento recibió una fertilización básica de 80 kg/ha de P_2O_5 en forma de superfosfato simple. En el cuadro 1 se presentan las densidades de siembra utilizadas.

* Ing. Agr., Pasturas, INIA Treinta y Tres

** Ing. Agr., M.Sc., Pasturas, INIA Treinta y Tres

Cuadro 1. Densidad de siembra de las especies evaluadas (kg/ha)

Especie	Pura	Mezcla
Raigrás cv. E. 284	20	15
Holcus cv. La Magnolia	6	4.5
Bromus cv. Campero	40	28.5
T. Blanco cv. Zapicán	---	4.5
Lotus cv. Ganador	---	8

III. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Area cubierta por la gramínea introducida

El primer relevamiento realizado a los 90 días luego de la siembra se efectuó mediante la determinación del área cubierta por las distintas gramíneas introducidas (cuadro 2).

En general y en las tres especies se registró un incremento del área cubierta a medida que se elevó la fertilidad del suelo mediante la fertilización nitrogenada. Sin embargo, cuando las gramíneas introducidas fueron sembradas en mezcla con las leguminosas, su cobertura fue inferior aún, a la presentada por el tratamiento sin nitrógeno, indicando que dichas especies ejercieron una marcada competencia inicial sobre las gramíneas incorporadas al tapiz.

En cuanto al comportamiento de las diferentes especies se observó que el área cubierta por Raigrás y Holcus fue netamente superior a la presentada por Bromus demostrando una vez más el bajo vigor inicial de esta especie perenne.

B . Aporte de la gramínea introducida al primer corte y total del primer año (1991)

Los rendimientos de las distintas pasturas así como el aporte de la gramínea introducida luego de un crecimiento ininterrumpido de 118 días (primer corte) se presentan en el cuadro 3.

En el mismo se observa la mayor precocidad del Raigrás sobre el Holcus así como el aporte casi insignificante del Bromus.

Cuadro 2. Porcentaje de área cubierta por las diferentes gramíneas en cada uno de los tratamientos a los 90 días de la siembra.

Nivel de Nitrógeno	Raigrás	Holcus	Bromus
N 0	16.5	28.0	3.2
N 50	60.0	45.5	7.5
N 100	89.5	80.0	8.0
Mezcla	6.0	12.5	1.8

Coefficiente de variación: 20.3%

Cuadro 3. Rendimiento de la pastura y porcentaje aportado por la gramínea introducida a 118 días de la siembra (1er. corte).

Nivel de Fertilidad	Raigrás		Holcus		Bromus	
	Past. (1)	G.i. (2)	Past. (1)	G.i. (2)	Past. (1)	G.i. (2)
N 0	139	13.7	108	26.8	111	2.7
N 50	478	55.0	362	39.5	275	7.6
N 100	1014	87.0	662	86.9	409	9.3
Mezcla	231	4.3	162	10.5	142	2.1

(1) Rendimiento total de la pastura (MS kg/ha)

(2) Porcentaje aportado por la gramínea introducida (%)

En cuanto a la respuesta a los diferentes niveles de fertilidad, resulta importante destacar que en todos los casos se registraron incrementos notables a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno.

En la figura 1 se muestra el efecto positivo del nitrógeno, en incrementar la producción de forraje del campo natural, al ser elevada la dosis. La respuesta fue de 19,7 kg MS/kg N aplicado.

En la figura 2 se muestra el rendimiento total anual de las distintas pasturas. La destacable contribución del Holcus en la pastura no fertilizada con nitrógeno, demuestra que esta especie se adapta mejor que el raigrás a suelos pobres.

Este comportamiento se observa también en las mezclas, caso éste en que la fertilidad no ha sido aún promovida por las leguminosas.

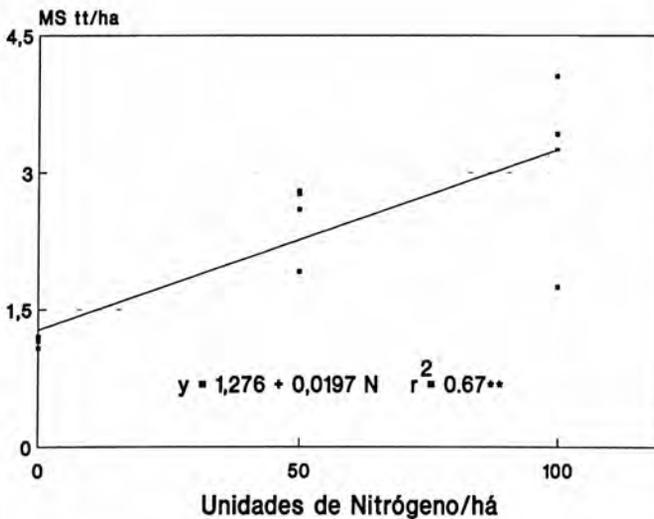


Figura 1. Respuesta del campo natural a diferentes dosis de nitrógeno.

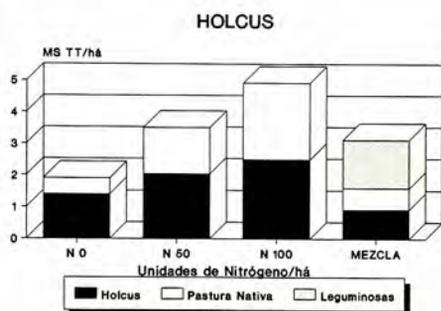
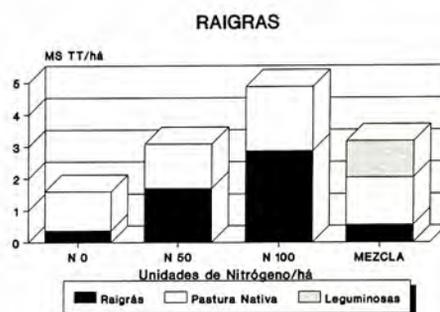
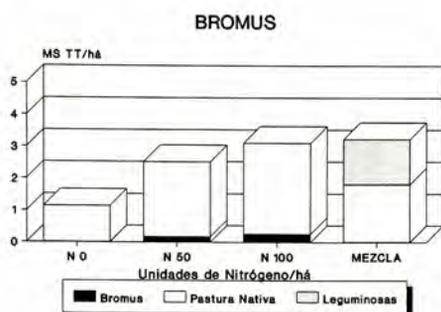


Figura 2. Rendimiento total anual (primer año) de las pasturas y aporte de la gramínea introducida.

C. Aporte de la gramínea introducida en el cuarto año durante el período mayo-agosto

En la figura 3 se presenta el comportamiento de las distintas pasturas durante el período crítico otoño-invernal (28/4 - 18/8) del cuarto año. Si bien en Bromus no hubo cambios importantes referidos al rendimiento total de la pastura, se detectaron distintos aportes de la especie introducida; indicando mecanismos de sustitución entre las diferentes fracciones, lo que seguramente afectaría la distribución estacional y la calidad de la pastura.

En cuanto a Holcus, el importante desarrollo que adquirió esta especie durante el 2º y 3º año, pudo haber deprimido la contribución del campo natural.

Con referencia al raigrás, se observó que esta gramínea desapareció prácticamente de las pasturas desde el segundo año.

D. Respuesta diferencial de las especies introducidas al agregado de nitrógeno

La figura 4 muestra la respuesta diferencial al nitrógeno por parte de las gramíneas introducidas (Raigrás y Holcus) frente a incrementos de fertilidad logrados mediante el agregado de nitrógeno en forma de urea.

En la misma se observa que el comportamiento de estas gramíneas fue contrastante. Mientras el Raigrás se presentó como una especie sensible a la deficiencia de nitrógeno, el Holcus mostró ser tolerante a la baja disponibilidad del mismo.

Ello se ve expresado en los mayores rendimientos del Holcus con niveles bajos y del Raigrás bajo niveles altos del nutriente.

De acuerdo con los datos registrados el Raigrás más que duplicó la producción del

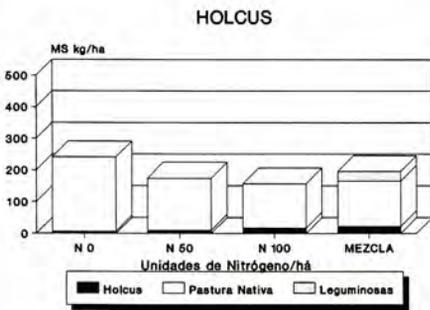
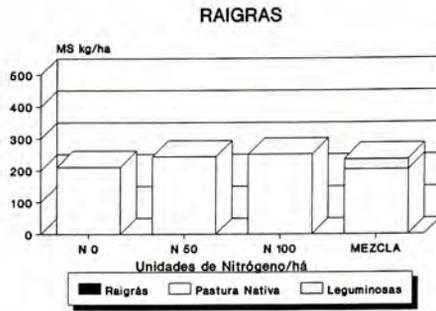
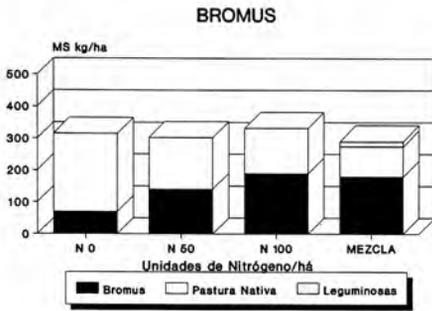


Figura 3. Comportamiento de las distintas pasturas en el cuarto año durante el período mayo-agosto.

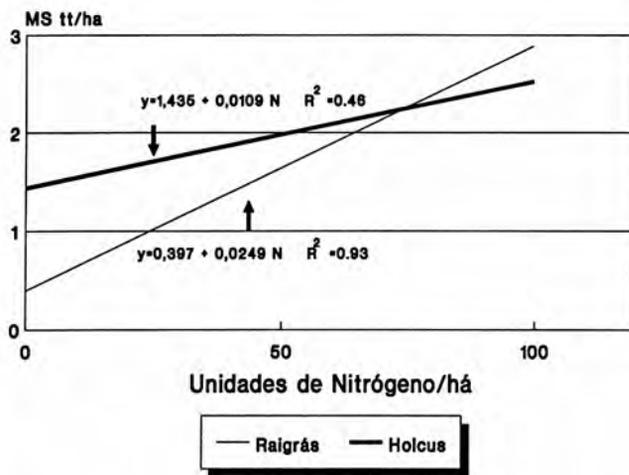


Figura 4. Respuesta diferencial al nitrógeno por parte de las gramíneas introducidas (Raigrás y Holcus) en el total del primer año.

Holcus con una respuesta de 24.9 y 10.9 kg/ha de materia seca, respectivamente para cada especie, por kg/ha de nitrógeno utilizado.

IV. CONCLUSIONES

El uso del nitrógeno constituye una herramienta atractiva para predecir el comportamiento de gramíneas sembradas en cobertura.

En el presente estudio este nutriente se utilizó a los efectos de ofrecer tres condiciones contrastantes de fertilidad, simulando condiciones correspondientes a otras tantas situaciones de campos mejorados.

Si bien la fertilidad incrementada en forma puntual por el solo agregado de nitrógeno difiere de la que se puede lograr a través de un mejoramiento con leguminosas, es posible efectuar puntualizaciones de gran interés.

Como se sabe, la introducción de gramíneas en el tapiz podría ocurrir en una segunda etapa, principalmente en aquellos mejoramientos exitosos.

Mediante la acción dadora de nitrógeno a través de las leguminosas y la corrección de nutrientes por el agregado de fósforo se lograría la inclusión de gramíneas invernales más productivas y de mejor calidad, tendientes a entregar forraje en la época más rigurosa del año.

No obstante, la información lograda en este estudio permite también interpretar el comportamiento de estas especies al ser introducidas en tapices con "hambre" de nitrógeno y carentes de leguminosas productivas; ofreciendo una opción más para poder implantarlas en el desbalanceado tapiz natural.

Si bien las especies estudiadas presentan diferentes grados de adaptación a la siembra en cobertura, todas respondieron en forma positiva al agregado de nitrógeno.

La presencia de este nutriente permitió registrar incrementos importantes del área cubierta al final del período de implantación, así como en los rendimientos al primer corte y producción total anual, tanto más importantes a medida que se elevó la dosis.

Así mismo, se constató una respuesta diferencial entre las especies al agregado de nitrógeno, la que mostró que el comportamiento del Raigrás y Holcus fue claramente opuesto. Mientras el primero se presentó como una especie sensible a la deficiencia de nitrógeno, el segundo mostró ser tolerante a la baja disponibilidad del mismo.

Por su parte el Bromus, a pesar de su crecimiento inicial muy lento, también aumentó su contribución al verse incrementado el nivel de fertilidad.

Al transcurrir el tiempo las especies anuales presentaron limitantes en su resiembra natural.

Así, mientras el Raigrás mostró serias dificultades para reimplantarse, el Holcus prosperó en parte, bajo diferentes circunstancias, al presentar plantas bianuales y mecanismos eficientes de semillazón y resiembra. Por otro lado, Bromus como toda especie perenne consolidó su persistencia productiva, a medida que pasó el tiempo, a través de un destacable proceso de macollaje.

La siembra conjunta de gramíneas y leguminosas afectó la contribución de las primeras al primer año, lo que favoreció que los tratamientos de especies puras con nitrógeno fuesen superiores. No obstante, cuando se consideran los registros del cuarto año se observa que los aportes del Bromus y del Holcus fueron prácticamente los mismos tanto en las mezclas como con las dosis altas de nitrógeno (cuadro 5).

Este comportamiento permitirá considerar la siembra en mezcla como una estrategia viable para alcanzar con éxito mejoramientos extensivos mejor balanceados y más estables.

Cuadro 5 . Respuesta promedio de las especies en el cuarto año (1994) a los distintos tratamientos en el período (28/4 - 18/8).

Tratamiento	kg MS/ha
N 0	24.4 b
N 50	50.3 ab
N 100	69.1 a
Mezcla I	67.1 a

FERTILIZACION NITROGENADA EN SISTEMAS GANADEROS

María Bemhaja*

INTRODUCCION

Dentro de los límites impuestos por clima, suelo y sistema de producción, el nitrógeno ejerce el mayor control en la producción de forraje y cultivos en el mundo. Es bien conocido que las plantas requieren más de nitrógeno que de cualquier otro nutriente del suelo.

La producción de forraje en la mayoría de los ecosistemas de praderas está limitada por la deficiencia de N (Chapin 1980, Berendse *et al.*, 1992; Tilman, 1988) y puede ser aumentada por encima del 50% cuando la misma es corregida. Las pasturas de alta producción son dependientes de fijación simbiótica de N y/o fertilización nitrogenada, mientras que la fijación simbiótica o lluvia son significativos sólo en sistemas de baja productividad. El fertilizante nitrogenado es hoy ampliamente usado en la mayoría de los países.

Las gramíneas y otras no leguminosas son casi totalmente dependientes del N mineral del suelo. La fijación de N por las leguminosas es suprimida en presencia de altas concentraciones de nitratos en el suelo, pero esto ocurre sólo estacionalmente o transitoriamente en pasturas. Las gramíneas tienen tan altas demandas de N que la concentración del mineral en el suelo es habitualmente muy baja. Requieren N mineral para producir proteína y clorofila, suficientes para macollaje, elongación de la hoja, rebrote después del pastoreo y reproducción. Las raíces de las gramíneas pueden absorber y utilizar efectivamente amonio y nitrato y producir rendimientos similares. Su composición química variará algo con la forma de N absorbido. La asimilación del N lidera con el contenido de Ca y con los niveles de carbohidratos solubles en las hojas de algunas especies de gramíneas (Simpson, 1987). La adición de

macronutrientes, en especial N a las comunidades nativas afecta la composición, distribución y producción de forraje aéreo y radicular (Berendse *et al.*, 1992; Tilman, 1988; Chapin, 1980).

La fijación simbiótica (vía *Rhizobium*) genera una fuente de N de relativo bajo costo en la producción de pasturas. La cantidad de N simbiótico fijado por los tréboles en pasturas de alta producción es, en muchos casos, alrededor de 300 kg N/ha/año (Steele, 1982).

Daniel (1993), Morton *et al.*, (1993) concluyen que el agregado de fosfato diamonio a largo plazo, desde tarde en el otoño a temprano en primavera, es un insumo balanceado y de costo efectivo. Permite aumentar la performance animal por cabeza y la carga animal sin suplementar y asimismo a nivel de las comunidades de plantas produce un cambio en flora, aumento en producción de forraje y una mayor respuesta luego de períodos de seca.

Las gramíneas predominantemente perennes y estivales de Basalto profundo responden a la aplicación de N, tanto por vía directa, agregado de fertilizantes, como por vía indirecta, agregado de leguminosas. El cambio en la composición botánica y balance entre invernales y estivales a mediano y largo plazo, determina cambios cuantitativos en producción de forraje estacional y anual (Castro, 1980; Bemhaja y Levratto, 1985; Bemhaja y Berretta, 1991; Bemhaja y Berretta, 1994).

Las gramíneas esencialmente perennes-estivales de Areniscas de Tacuarembó responden a la aplicación directa de N durante su ciclo de crecimiento (Bemhaja, Pigurina y Brito, 1994). Las gramíneas perennes (*Bromus auleticus*) y anuales (*Lolium multiflorum*) invernales aumentan sus tasas de crecimiento de forraje con el agregado de N en el período otoño-invierno.

* Ing. Agr. M.Sc, Pasturas, INIA Tacuarembó.

¿ES EL NITROGENO LIMITANTE EN COMUNIDADES DE PRADERAS NATIVAS?

Basalto Profundo

Con el objetivo de estudiar el efecto de la adición de N sobre la producción estacional y anual, así como en la composición y características de la vegetación, se estableció un ensayo en comunidades de gramíneas en un vertisol de Basalto profundo. Se agregan 40, 80 y 120 unidades de N/ha (fraccionado en aplicaciones de 40 unidades); simultáneamente se siembra en cobertura mezclas de *L. corniculatus* y *T. Blanco*, *Lotus* sólo y *T. Blanco*

sólo y se deja un tratamiento testigo. La época del agregado de N es temprano en otoño y mediados de primavera. Se evalúan la producción estacional y total así como los cambios cualitativos en las especies y de calidad del forraje producido, por un período no menor de 5 años.

Existe una respuesta creciente en las parcelas con agregado de N frente al testigo ante condiciones de agua no limitante. En el segundo año la producción anual de forraje fue 83% superior para el tratamiento con agregado de 120 N frente al testigo sin fertilizar (Fig.1).

A pesar de que no existen diferencias significativas en producción de forraje total entre los tratamientos con agregado de 120 N y de las coberturas con leguminosas (Fig.2),

Figura 1. Producción de forraje de CN de Basalto, respuesta a la fertilización nitrogenada en segundo, tercer año y total.

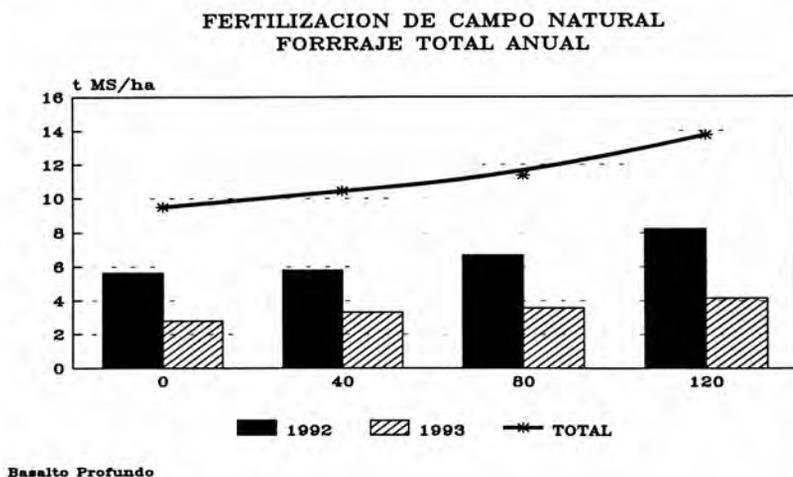
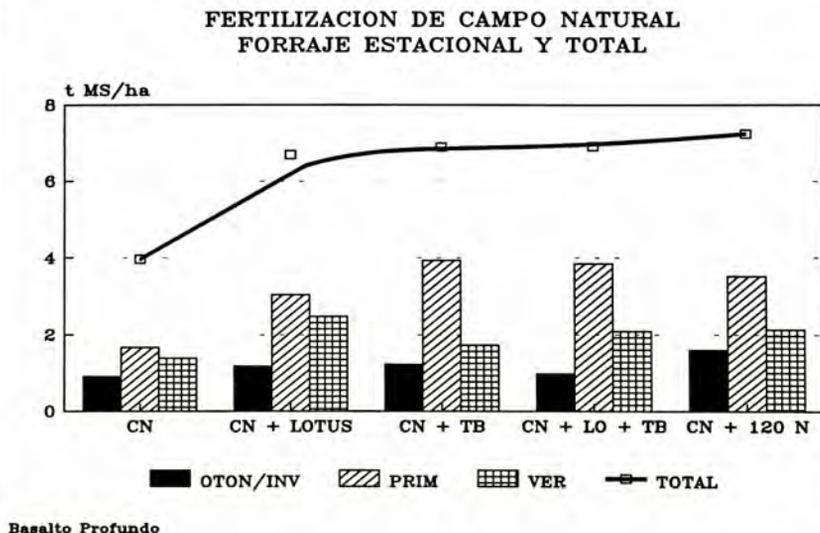


Figura 2. Respuesta a la producción de MS para tratamientos incluyendo fertilización N y siembra en cobertura de leguminosas.



se detectan diferencias en composición botánica (Fig.3) y calidad de la pastura (cuadro 1).

La fertilización con N favorece el aumento de los pastos finos, particularmente de ciclo invernal y tiernos por lo que aumenta la calidad de la pastura. *Paspalum plicatulum* considerada como una especie ordinaria, presenta las características de nitrófila. El *L. corniculatus* sustituye a las especies nativas estivales.

La calidad del forraje fue superior en los tratamientos con leguminosas; seguida por la de aquéllos que recibían N, que fueron superiores al testigo en proteína cruda y menores en fibra. (cuadro 1).

El cambio cualitativo en el balance entre las especies invernales y estivales explica la

diferencia en la calidad de las gramíneas con y sin N. El aumento en la calidad en las coberturas está dado por la presencia de las leguminosas por sí mismas y en menor medida por el aumento de las gramíneas invernales.

Areniscas de Tacuarembó

Los suelos de areniscas son muy deficientes en macronutrientes y en materia orgánica (Pérez Gomar y Bemhaja, 1992).

Las gramíneas tienen tan altas demandas de N que la concentración del mineral en el suelo por área de raíz o volumen es habitualmente muy baja (Simpson, 1987).

FERTILIZACION NITROGENADA EN BASALTO
COMPOSICION BOTANICA

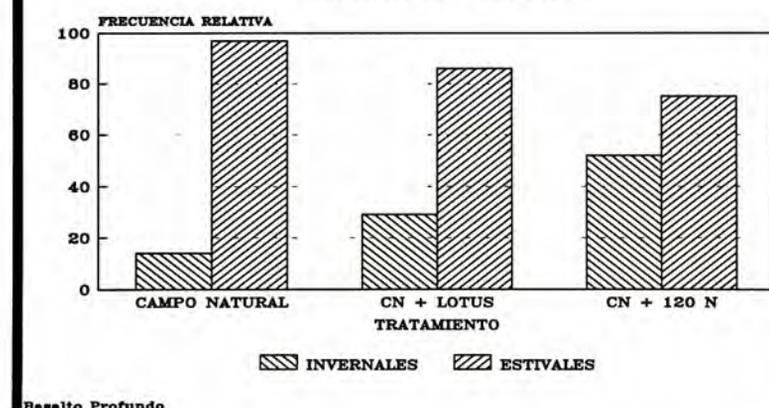


Figura 3. Frecuencia relativa de especies invernales y estivales en Basalto al tercer año de aplicados los tratamientos con N y con leguminosas versus CN.

Cuadro 1. Determinación de fibra (FDN y FDA) y proteína cruda (PC) de Campo Natural (CN), CN más leguminosas (CN+Leg), CN más 40 unidades de N (CN+40N), 80 (CN+80N) y 120 (CN+120N) en Basalto Profundo.

Tratamiento	FDN	FDA	PC
CAMPO NATURAL	73.95	39.25	9.25
CN + LEG	62.30	23.45	18.95
CN + 40N	67.15	36.70	10.45
CN + 80N	65.65	35.30	13.20
CN + 120N	66.70	35.40	13.45

Para conocer la posible respuesta al N en una pastura típica de estos suelos, se difiere un área de campo sobrepastoreado por más de 14 años donde dominan *Axonopus affinis* y especies estivales perennes postradas. En la misma, se establece un ensayo parcelario de fertilización con N, que comienza temprano en primavera hasta inicios de verano. Los tratamientos son con 0, 40, 80 y 120 unidades de N/ha donde las dosis mayores se fraccionan en 40 unidades.

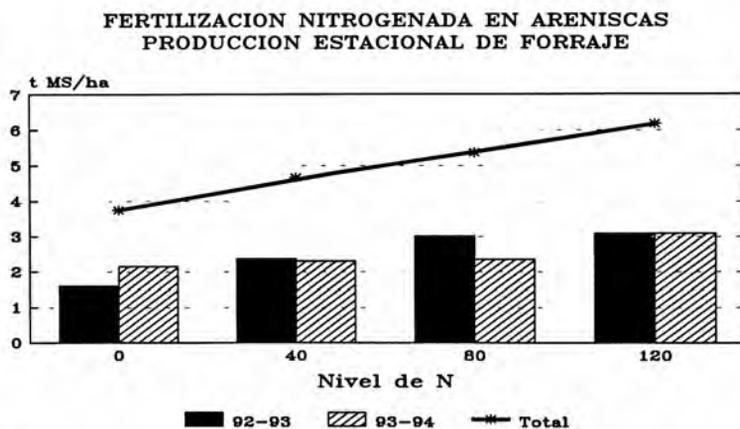
Se mide producción de forraje, calidad del heno producido y respuesta de las especies ante el nuevo manejo introducido por un período de 120 días en parcelas bajo corte, por 5 años.

La producción de forraje primavero-estival del campo natural tiene respuesta significativa al agregado de N. El agregado de 120 unidades de N aumenta en un 72% (primer año) y 89% (segundo año), la producción de forraje comparado con el tratamiento sin fertilizar (Fig.4). La biomasa aérea fue mayor en primavera en todos los niveles de fertilización nitrogenada (Fig. 5).

La estructura espacial de la comunidad de plantas cambia con el agregado de N.

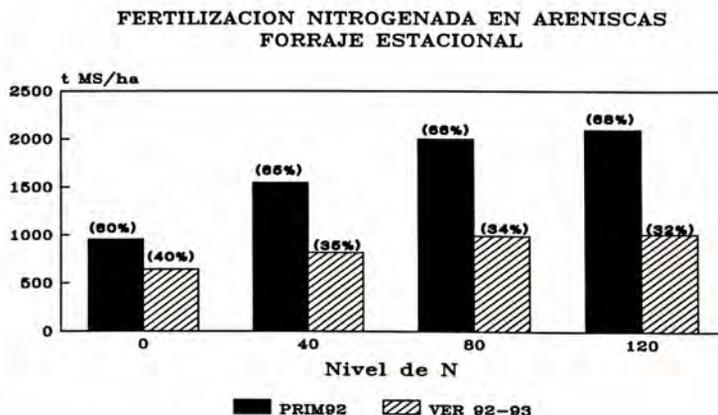
La biomasa aérea obtenida entre 0-5 cm sobre el suelo pasa del 64% a 50% del total producido para el testigo y el tratamiento extremo de 120 unidades de N.

Figura 4. Producción total de forraje de primavera-verano, fertilizado con niveles de nitrógeno en suelos de Areniscas para dos años consecutivos.



La Magnolia

Figura 5. Producción de forraje de primavera y de verano para el primer año de fertilización.



La Magnolia

FERTILIZACION NITROGENADA EN ARENISCAS ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES

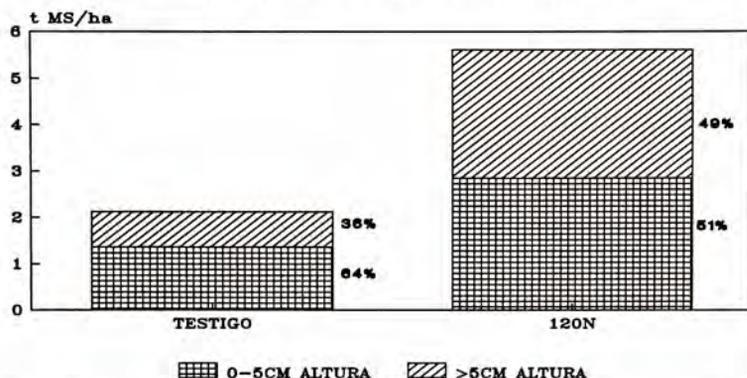


Figura 6. Producción de forraje primavera-estival para dos estratos verticales, 0-5cm y más de 5 cm de altura para campo natural fertilizado con N y sin fertilizar.

La Magnolia

A pesar de no detectarse diferencias en la composición de la flora en estos dos años, existen diferencias significativas en el vigor (tamaño y peso de macollos) y condición de las plantas, (aumento en el número de macollos, largo y ancho de lámina y número de inflorescencias). El número de inflorescencias para el testigo fue de 87 frente a 330 en el tratamiento de 120 N.

El heno obtenido fue de muy baja digestibilidad, similar a una paja de cebada, con alto contenido de fibra como se promedia en el cuadro 2 en todos los casos. Sin embargo suministrado como suplemento invernal a ganado vacuno en crecimiento (vaquillonas) fue apetecido (Pigurina *et al.*, 1994) y se lograron ganancias cuando suministrado con agregado de harina de soja (Pigurina com. pers.).

RESPUESTA AL N EN MONOCULTURAS SOBRE ARENISCAS

Asimismo en Areniscas de Tacuarembó y sobre un cultivo de *Bromus auleticus* y otro de Raigrás se realizan aplicaciones de 0, 40, 80 y 120 kg N/ha (además de dosis de 160 unidades en Raigrás), desde temprano en el otoño hasta temprano en primavera (*B. auleticus*), y fines de invierno hasta mediados de primavera (Raigrás), en parcelas bajo corte sobre suelos con importante historia agrí-

cola previa y con siembra convencional de las gramíneas. Se evalúa producción de forraje para el período otoño-invernal (*B. auleticus*) y fin de invierno-primavera (Raigrás).

El Raigrás tiene una respuesta muy significativa al agregado de N en las condiciones mencionadas. Las tasas de crecimiento diarias a los 140 días, pasan de 13.3 a 44.2 kg de MS/ha (Fig. 7) para el testigo y el nivel 80 respectivamente, donde, la eficiencia en uso del N es de 53 kg de MS por kg de N aplicado (Fig.8).

En *B. auleticus* la producción de forraje otoño-invernal responde al agregado de N. La biomasa aérea aumenta un 50% en el nivel de 80 N frente al testigo (3000 kg MS) (Fig.9). La producción de otoño es la que más responde al cambio en la disponibilidad del nutriente. La respuesta en forraje es mayor en el segundo año para todos los niveles de N incluido el testigo sin fertilizar (Fig.10).

Cuadro 2. Determinación de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC) y fibra (FDA y FDN) de heno de campo natural con 120 días de crecimiento primavera-estival en Areniscas de Tacuarembó.

DMO	PC	FDA	FDN
28.16	6.22	51.55	82.41

Datos del Lab. de Nutrición de INIA La Estanzuela.

FERTILIZACION DE RAIGRAS
TASA DE CRECIMIENTO DIARIO

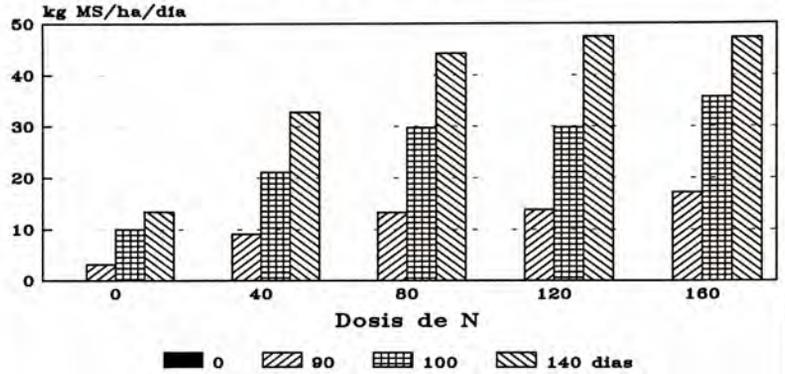


Figura 7. Producción diaria de forraje a los 90, 100 y 140 días para los diferentes niveles de N.

Siembra: 25 de mayo

PRODUCCION DE RAIGRAS
EFICIENCIA EN USO DE N

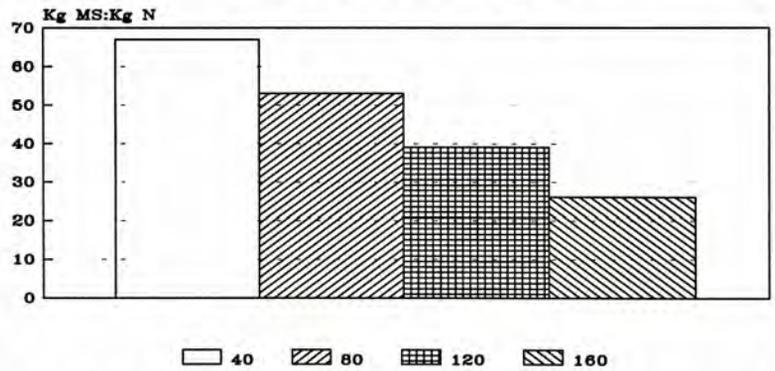


Figura 8. Eficiencia en uso del N medido a los 140 días del ciclo del Raigrás.

MS a los 140 días del cultivo

La fertilización con N produce una significativa respuesta en la producción total bianual de otoño-invierno.

Se observa que el Raigrás, como gramínea cultivada, responde muy significativamente al agregado de N, mientras que *B. auleticus* también lo hace, pero de manera menos sensible.

Bromus aparece entonces como una gramínea nativa adaptada a condiciones de baja disponibilidad de nutrientes.

Es de destacar que las mayores respuestas en *Bromus* se dan a nivel de producción de semilla ante el agregado de N y fósforo.

CONSIDERACIONES FINALES

Las comunidades de plantas de Campo Natural de Basalto Profundo y de Areniscas de Tacuarembó responden al agregado de N, por lo tanto, es éste un nutriente limitante en nuestras condiciones de producción.

La fertilización nitrogenada directa con agregado de N mineral, e indirecta con siembra de leguminosas en el campo natural favorece el aumento de la producción y mejora la distribución de forraje en suelos de basalto profundo. Esta mejora cuali y cuantitativa es debido a cambios estructurales en la compo-

Figura 9. Producción de forraje otoño-invernal de *B. auleticus* bajo diferentes niveles de N en suelos con historia agrícola sobre areniscas para el año 1993.

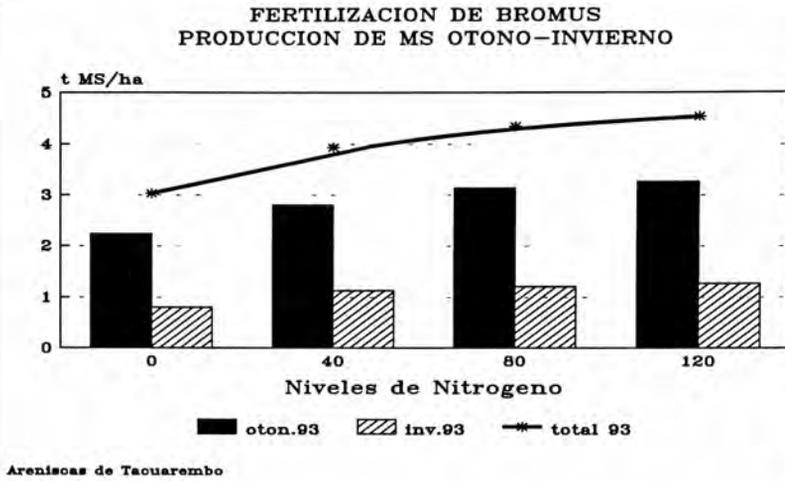
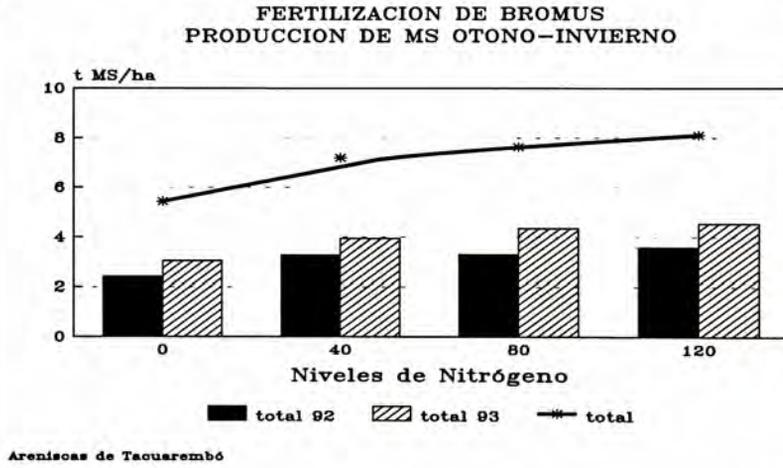


Figura 10. Producción total de otoño-invierno de *B. auleticus* para los dos primeros años.



sición botánica de las comunidades. Las especies de tipo fino-invernal, como *Poa lanigera*, *Stipa setigera* aumentan su frecuencia y presentan mayor vigor en Basalto.

La calidad del forraje mejora con el agregado de N, bajando la fibra y aumentando la proteína cruda en el caso de Basalto. La intersemebra con leguminosas es la que produce los mejores valores en proteína y fibra.

Sería deseable investigar en las características de las especies nativas cuyo comportamiento nitrófilo hace pensar en cambios cualitativos relevantes. La fertilización con 80 unidades de N puede duplicar la producción estival del forraje en Areniscas pero su calidad sigue siendo baja.

Se obtienen plantas más vigorosas, con mayor número de macollos por planta y se prolonga el ciclo de producción otoñal. El agregado de N estimula la distribución de biomasa aérea en altura, favoreciendo el corte para henificación.

El agregado de N en monocultivos de invierno anuales y perennes es estratégico en suelos arenosos donde las condiciones de empobrecimiento de nutrientes y materia orgánica, por historia agrícola es el determinante.

Los ecosistemas de praderas en sistemas ganaderos del país están lejos de la contaminación por agregado de fertilizantes nitrogenados.

Por lo tanto se destaca la importancia de los mejoramientos de campo, que incluyen el agregado directo del fertilizante N y o indirecto de leguminosas, como una herramienta útil que permite levantar restricciones en la producción, distribución y calidad de la dieta animal en condiciones extensivas, respetando los recursos naturales.

El fertilizante nitrogenado debe ser usado con conocimiento de costo-beneficio biológico y económico.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BEMHAJA, M. Y E.J. BERRETTA.** 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en Basalto profundo. In: XIV Reunión del Grupo Campos. Salto. En prensa.
- BEMHAJA, M., G. FIGURINA Y G. BRITO.** 1994. Utilización de heno de campo natural diferido en Areniscas de Tacuarembó. I. Efectos de la fertilización nitrogenada. In: XIV Reunión del Grupo Campos. Salto. En prensa.
- BEMHAJA, M. Y E.J. BERRETTA.** 1991. Respuesta a la siembra de leguminosas en Basalto profundo. 108-113pp. In: Pasturas y Producción Animal en Areas de Ganadería Extensiva. INIA. Serie Técnica N.13. Montevideo
- BEMHAJA, M. Y J. LEVRATTO.** 1985. Evolución de *Poa lanígera* en tapiz mejorado de Basalto profundo. In: I Seminario de Campo Natural. Resúmenes. Cerro Largo.
- BERENDSE, F., W.T. ELBERSE Y R.H.M.E. GEERTE.** 1992. Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems. *Ecology* 73:46-53.
- CASTRO, E.** 1980. Trabajos en Pasturas. I Jornada Ganadera de Basalto. Molles del Queguay. Estación Experimental del Norte. CIAAB. Tacuarembó.
- CHAPIN, F.S.III.** 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:233-260.
- DANIEL, D.** 1993. The long-term use of nitrogen fertilizer in intensive hill country farming. *Proc. NZ Grassland Assoc.* 55:59-61.
- MORTON, J.D., C.J. KORTE, D.R. SMITH, B.D. WATT Y R.G. SMITH.** 1993. Nitrogen use and farm performance on Wairarapa sheep and beef farms. *Proc. NZ Grassland Assoc.* 55:53-57.
- PEREZ GOMAR, E. Y M. BEMHAJA.** 1992. Caracterización y perspectivas de las rotaciones en los suelos arenosos del noreste del Uruguay. *Investigaciones Agronómicas.* 2:205-214.
- FIGURINA, G., M. BEMHAJA Y G. BRITO.** 1994. Utilización de Heno de Campo Natural en Areniscas de Tacuarembó. II. Degradación Ruminal y Relación con Comportamiento Animal. In: XIV Reunión del Grupo Campos. Salto.
- STEELE, K.W.** 1982. Nitrogen in Grassland Soils. In: *Nitrogen Fertilisers in New Zealand Agriculture.* Ed. P.B. Lynch. pp29-44.
- SIMPSON, J.R.** 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: *Temperate Pastures, their production, use and management.* Ed. J.L. Wheeler, C.J. Pearson y G.E. Robards. Australian Wool Corporation. CSIRO. pp143-154.
- TILMAN, D.** 1988. Plant strategies and the structure and dynamics of plant communities. Princeton University. New Jersey.

ASPECTOS BASICOS DEL METABOLISMO DEL NITROGENO EN RUMIANTES

Yamandú M. Acosta*

INTRODUCCION

La radiación solar es en último término la fuente de energía de la cual depende la vida tal como se conoce en nuestro planeta. Los vegetales, organismos autótrofos, son los encargados de "manufacturar" los compuestos orgánicos básicos para el sostenimiento de la vida, suministrando parte de los nutrientes a los organismos heterótrofos (Van Soest, 1982).

Durante el proceso evolutivo los vegetales han desarrollado sistemas de protección destinados a asegurar su propia sobrevivencia. Estos sistemas incluyen mecanismos físicos y químicos que les permiten resistir de una forma u otra el ataque y/o la ingestión de estos vegetales por parte de los organismos heterotróficos (bacterias, hongos y animales) (Van Soest, 1982).

La degradación y reciclado de la celulosa por ejemplo, el carbohidrato más abundante de la naturaleza, es dependiente de la actividad microbiana. Las enzimas capaces de degradar la celulosa, la hemicelulosa o la lignina están ausentes en el tracto digestivo de casi todos los animales.

La capacidad de secretar celulasas por parte de los animales ha sido reportada solamente en algunas formas inferiores como artrópodos y caracoles. La existencia de yacimientos fósiles de carbón constituyen testimonios fieles de esta capacidad de producción de materiales no degradables o altamente resistentes por parte de los vegetales (Van Soest, 1982).

Como consecuencia de lo anterior, la adaptación y evolución de los hervíboros ha seguido a la evolución de los vegetales. La aparición de estructuras vegetales de resistencia

ha precedido y orientado la evolución de los sistemas enzimáticos necesarios para degradarlas por parte de los organismos heterótrofos.

En este proceso evolutivo de adaptación han surgido los rumiantes, que son a la fecha y por lejos el grupo de mamíferos hervíboros más numeroso que existe (Owens y Zinn, 1988).

En el caso particular de los rumiantes y como una prueba más de este paralelismo evolutivo de organismos autótrofos y heterótrofos baste mencionar que en términos históricos el mayor incremento en el número de especies e individuos de rumiantes se registra durante el período terciario, coincidiendo con el período de desarrollo y máxima dispersión de las especies de pastos y vegetales afines (Van Soest, 1982).

La ventaja ecológica de los rumiantes se ha basado entonces, en la adaptación anatómica y fisiológica de su tracto digestivo, que les permite mediante una predigestión microbiana (fermentación) de los alimentos fibrosos, la utilización de carbohidratos estructurales como la celulosa y de compuestos nitrogenados, no necesariamente proteicos, para satisfacer sus necesidades de energía y proteína (Owens y Zinn, 1988).

Esta modalidad de alimentación, no competitiva sino complementaria de la de los monogástricos, es la que ha hecho de los rumiantes los compañeros más apropiados y de mayor valor estratégico para el hombre durante el proceso evolutivo, porque además de proporcionarle carne, cueros, fibras, leche y energía para tracción, pueden utilizar para su alimentación productos de valor escaso o nulo para aquel (Owens y Zinn, 1988).

* Ing. Agr., M.Sc., Lechería, INIA La Estanzuela.

METABOLISMO PROTEICO DEL RUMIANTE

El nitrógeno es un elemento fundamental del metabolismo de los seres vivos, integrante de diversos compuestos esenciales del organismo como amino ácidos, ácidos nucleicos, enzimas, cofactores, etc.

Como componente de los amino ácidos juega un rol fundamental en el metabolismo proteico de los seres vivos. La proteína es un macro nutriente requerido tanto para mantenimiento como para crecimiento, reproducción o lactación. En cualquier sistema productivo solo la energía es requerida en mayor cantidad que la proteína (Chalupa y Ferguson, 1988).

Con respecto al metabolismo proteico, el rumiante destaca por su aptitud única de poder subsistir y aún producir en ausencia de una fuente de proteína dietética verdadera, gracias a la síntesis de proteína microbiana que ocurre en el rumen (Virtanen, 1966).

En condiciones normales, los microbios del rumen y la proteína verdadera del alimento que escapa a la degradación ruminal (proteína *bypass*) proveen al intestino delgado con la proteína para digestión y absorción con que se alimentará el rumiante. La digestión intestinal de la proteína y el metabolismo posterior a la absorción son esencialmente iguales en rumiantes y monogástricos, por lo cual el metabolismo del N en el rumen es el aspecto diferencial y de mayor interés en nutrición proteica de rumiantes (Stern *et al*, 1993).

La figura 1 muestra en forma esquemática el metabolismo proteico de un rumiante.

A los efectos de hacer más efectivo el análisis del esquema es conveniente visualizar el rumen como un sistema. Como tal consta de tres grupos de componentes básicos a saber: los insumos (el alimento), los procesos (las relaciones entre componentes) y los productos (deposición de tejidos, leche, productos de excreción, etc.).

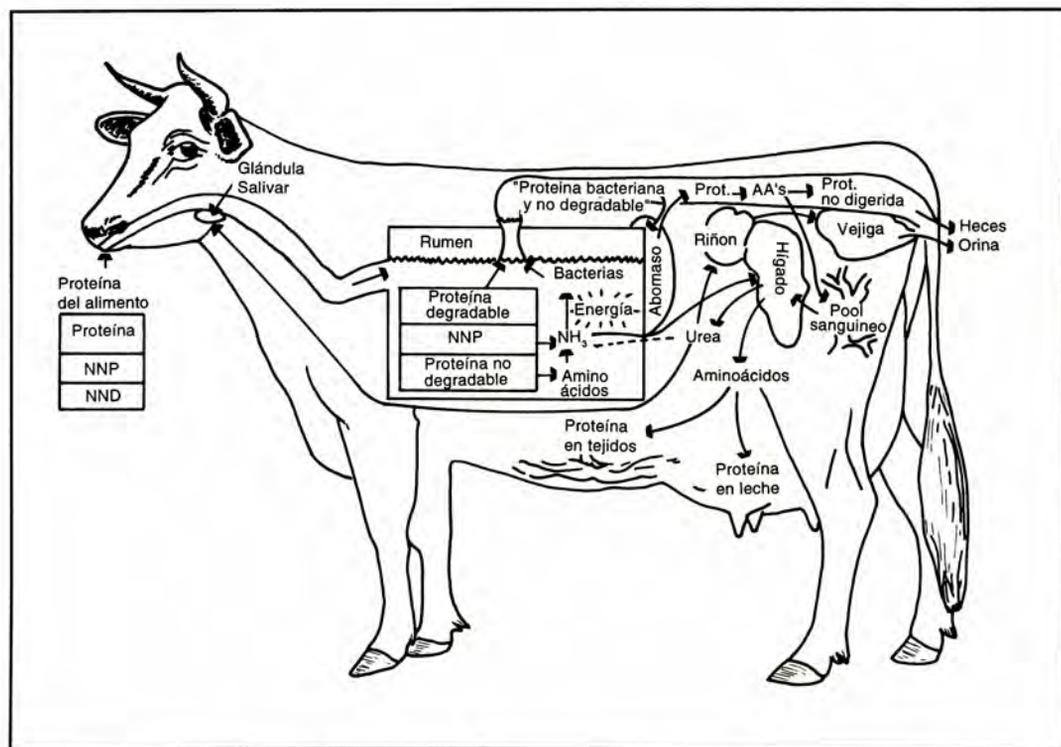


Figura 1. Esquema del metabolismo proteico en una vaca lechera (Adaptado de Owens y Zinn, 1988).

Como lo muestra la figura 1, los ingredientes utilizados en alimentación de rumiantes presentan cantidades variables de nitrógeno como proteína verdadera, compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) y de nitrógeno no disponible para su metabolización (NND).

Una vez ingeridas y en el rumen estas tres fuentes suelen seguir caminos metabólicos diferentes. Los compuestos de NNP son rápidamente metabolizados por la micro flora ruminal que en un medio anaeróbico y fuertemente reductor convierte ese N en amonio. La fracción proteína verdadera suele estar compuesta por dos sub fracciones que difieren en su capacidad de resistir la degradación microbiana. La fracción de proteína degradable en rumen es normalmente metabolizada a péptidos, amino ácidos y finalmente amonio y esqueletos carbonados que la microflora ruminal utilizará posteriormente como sustrato para la síntesis de su propia materia orgánica. Como fuera referido, la proteína no degradable de origen dietario y la proteína microbiana producida en el rumen constituirán las fuentes de proteína de que dispondrá el animal huésped a nivel del intestino delgado para su digestión y absorción. Finalmente el nitrógeno no disponible retenido en compuestos indigestibles no participará del metabolismo del nitrógeno en rumen y aparecerá como tal en las heces.

Como se mencionara oportunamente, los rumiantes a través de la síntesis de proteína microbiana en el rumen, tienen la capacidad de utilizar diversas fuentes de nitrógeno para satisfacer al menos en parte los requerimientos proteicos del animal huésped. Esta capacidad de sintetizar proteína por parte de los micro organismos del rumen, cuando la disponibilidad de nitrógeno no es limitante depende básicamente de la disponibilidad de energía de la dieta. Un resumen de diversos trabajos de alimentación indican que el 72% de la variación observada en aporte de proteína microbiana al intestino del animal fue explicada por la disponibilidad de energía a nivel del rumen de la dietas estudiadas (Chalupa y Ferguson, 1988).

El amonio excedentario del metabolismo del rumen difunde a través de las paredes de

este y pasa al sistema circulatorio. Este amonio conjuntamente con el proveniente del catabolismo tisular del animal huésped son retirados por el hígado y metabolizados a urea para su posterior disposición vía orina y parcial reciclaje al rumen vía saliva (Owens y Zinn, 1988).

Es también importante destacar aquí que a diferencia de lo que ocurre con la energía, los animales en general y los rumiantes no son una excepción, no disponen de reservas de proteína de valor práctico de uso en alimentación, por lo que las necesidades proteicas deben ser satisfechas con mucha precisión (Stern et al, 1993).

El manejo conjunto y simultáneo de la capacidad del rumen de sintetizar proteína microbiana a partir de fuentes nitrogenadas no proteicas y el uso racional de fuentes de proteína altamente resistente a la degradación ruminal con animales de alta performance productiva, constituyen áreas de investigación actuales y en franco desarrollo en nutrición de rumiantes (Stern et al, 1993).

EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL NITROGENO

El cuadro 1 muestra en forma esquemática la partición del nitrógeno ingerido por dos categorías de rumiantes.

El cuadro 1 además muestra el efecto del tipo de categoría sobre el consumo total y la partición metabólica del nitrógeno. La producción lechera resulta ser más demandante de nutrientes por lo cual requiere un consumo total por unidad de tiempo mayor y una retención de N en producto animal vendible mayor. Sin embargo la metabolibilidad del N es siempre muy baja (7% en engorde y 17% en lactación) y la vía preferente de eliminación es la orina (78% en engorde y 76% en lactación).

Las elevadas proporciones de nitrógeno reciclado vía productos de excreción en esquemas muy intensivos de producción y la mala distribución de esas deposiciones han generado la necesidad de disponer de estruc-

Cuadro 1. Ejemplo simulado de la partición del N ingerido entre productos, heces y orina en un animal en engorde (ganando 800 g/d) y una vaca lechera (produciendo 20 kg/d) para una dieta con una concentración de 0,04 g de N por kg de MS. (Adaptado de Lantinga *et al*, 1987).

Categoría	Consumo de MS kg/animal/d	N en:				% en Heces y Orina
		Consumo	Productos		Orina	
			Animales (g de N/animal/d)	Heces		
Novillo	8	320	24	64	232	93
Vaca Lechera	16	640	110	128	402	83

turas y sistemas de manejo de estos efluentes orgánicos de manera de mejorar las posibilidades de uso productivo de los mismos y disminuir sus posibles efectos contaminantes (La Manna, 1992).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CHALUPA, W. Y J.D. FERGUSON.** 1988. Recent concepts in protein use for ruminants examined. *Feedstuffs*, June 13.
- LA MANNA, A. A.** 1992. Manejo de residuos orgánicos en tambos. *Boletín de Divulgación* N° 23. INIA La Estanzuela.
- LANTINGA, E.A., KEUNING, J.A., J. GROENWOLD Y P.J.A.G. DEENEN.** 1987. Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?* H.G. Van Der Meer, R.J. Unwin T.A. Van Dijk y G.C. Ennik Eds. Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands.
- OWENS, F.N. Y R. ZINN.** 1988. Protein metabolism of ruminant animals. *In The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition.* D.C. Church Ed. New Jersey. Prentice Hall.
- STERN, M.D., M.I. ENDRES Y S. CALSAMIGLIA.** 1993. Protein concepts in ruminant nutrition. 54th Minnesota Nutrition Conference & National Renderers Technical Symposium. Bloomington, Minnesota.
- VAN SOEST, P.J.** 1982. Evolution and role of the ruminant. *In Nutritional Ecology of the Ruminant.* Ithaca, New York. Cornell University Press.
- VIRTANEN, A.I.** 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science* 153:1603.

COMENTARIOS GENERALES SOBRE EL SEMINARIO "Nitrógeno en pasturas"

Walter E. Baethgen *

El nitrógeno (N) es el elemento que más comúnmente limita la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y agrícola-ganaderos existentes en el mundo. Muchos de los trabajos presentados en el presente Seminario confirman que esta aseveración es también válida para los sistemas productivos del Uruguay que incluyen pasturas (por ej: Ayala y Carámbula, para campo natural; Formoso, en semilleros de gramíneas, y Rebuffo, en pasturas de mezclas de gramíneas y leguminosas).

A pesar de los enormes esfuerzos realizados por equipos de investigación de diferentes partes del mundo, el manejo racional del N continúa constituyendo uno de los principales desafíos para la definición de sistemas productivos sustentables. Tradicionalmente, los trabajos de investigación en N estaban fundamentalmente orientados a definir estrategias de uso y manejo de este nutriente que optimizaran los resultados económicos en el uso de insumos (fertilizantes, leguminosas, etc.). Más recientemente, la comprobación de napas de agua contaminadas con nitratos, la eutricación de lagos y lagunas, y el efecto de óxidos de N sobre la reducción de la capa de ozono en la atmósfera, han llevado a incluir también un marcado componente ambiental en la investigación internacional sobre el N. Es muy probable que este componente ambiental comience también a aparecer en el corto plazo en las líneas de trabajo desarrolladas en Uruguay, especialmente si la sustentabilidad continúa transformándose en un tema prioritario para el sistema de investigación nacional.

Una de las razones de la complejidad en los estudios sobre la dinámica del N, la cons-

tituye su enorme dependencia de los procesos biológicos que ocurren en el suelo. La presentación de A. Morón enfatiza la importancia de dichos procesos en el ciclo del N bajo diferentes sistemas productivos. Esta dependencia de los procesos biológicos del suelo, y sus complejas interacciones con las condiciones climáticas y las prácticas de manejo, hacen que la dinámica del N en sistemas productivos sea tan difícil de evaluar y predecir.

En el caso particular de los sistemas que incluyen o se basan en pasturas, la complejidad aumenta aún más por la necesidad de considerar a los animales que aprovechan dichas pasturas. Los trabajos presentados por Y. Acosta y A. Morón, demuestran la enorme ineficiencia de los rumiantes para la utilización del N que consumen en las pasturas. Ambos trabajos mencionan que más del 70% del N consumido por los rumiantes retorna al suelo como orina o heces. Dada la alta concentración del N así devuelto, éste permanece sujeto a numerosos procesos de pérdida que pueden resultar en balances negativos para este nutriente en el sistema.

Este tipo de conceptos deberían llevar por un lado a cuestionarnos conceptos tradicionalmente aceptados en cuanto a la dinámica del N en sistemas bajo pasturas pastoreadas. Por otro lado, deberían también orientarnos a considerar al animal como uno de los factores más importantes, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, para los estudios sobre dinámica de N en sistemas productivos con pasturas.

* Ph.D., M.Sc., Research and Development Division, International Fertilizer Development Center, EEUU.

Un segundo elemento fundamental a considerar en el estudio del N en sistemas con pasturas lo constituye la inclusión de leguminosas. Este es sin dudas el componente de entradas de N más importante en las pasturas del Uruguay. Trabajos como el presentado por J. García et al son esenciales para la cuantificación de estas entradas, y para la estimación de balances de N en los sistemas productivos del país. La metodología empleada por García et al es también la indicada para poder analizar el efecto de factores genéticos, climáticos y de manejo sobre la capacidad de fijación biológica de N por las leguminosas, factores también fundamentales para la estimación y predicción de balances de este nutriente en diferentes sistemas de producción.

La enorme cantidad de factores que intervinen en la dinámica del N en sistemas con pasturas, y la complejidad de sus interacciones requieren de un cuidadoso planteo en el enfoque para su investigación. El tipo de investigación empírico, de prueba y error, consistente en instalar numerosos experimentos e intentar obtener recomendaciones con mayores probabilidades de éxito, no aparece como el más indicado para enfocar el tema del N en pasturas. Es muy posible que este enfoque produjera resultados demasiado lentos y lo que es peor aún, erráticos. Parecería más razonable orientar la investigación hacia el logro de una mejor comprensión de los procesos e interacciones involucradas en la dinámica del N. Esto incluye por un lado, estudios

que permitan identificar los procesos más importantes para dicha dinámica. Por otro lado, requiere una precisa cuantificación de las entradas, transformaciones y salidas de este nutriente en diferentes sistemas, utilizando metodologías actualizadas.

Particularmente para las condiciones de Uruguay, aparece como obvia la necesidad de continuar trabajando en la cuantificación de la fijación biológica de N para diferentes especies y bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo, y de comenzar a evaluar precisamente las pérdidas de N del suelo por volatilización de amoníaco, denitrificación y lavado de nitratos. Parece también fundamental el estudio de la descomposición de residuos vegetales (*litter*), particularmente en los sistemas bajo campo natural, ya que es la otra gran vía de reciclaje de nutrientes. Finalmente, aparece como necesaria la cuantificación de la capacidad de los suelos para suministrar N a través de la mineralización de la materia orgánica bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo.

Este enfoque de investigación probablemente resultará en una mejor comprensión de los mecanismos involucrados, y una mayor capacidad para la cuantificación y aún la predicción de la dinámica del N bajo diferentes producciones. Esto a su vez permitirá la definición de sistemas productivos con estrategias de manejo racional del N, tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

CONSIDERACIONES SOBRE USO DEL NITROGENO EN PASTURAS

Diego F. Rizzo *

Según se ha discutido, el suministro de nitrógeno por el suelo (cuando agua y temperatura no son limitantes) es el principal factor en controlar el crecimiento de pasturas y en consecuencia la producción total de forraje, particularmente en el caso de dominancia por gramíneas. En general una pradera o cultivo forrajero, se utilizan varias veces a lo largo de su ciclo vegetativo, por lo que los requerimientos de nitrógeno para altos rendimientos, son elevados e incluso mayores que en cultivos agrícolas.

En este sentido (a diferencia de lo que ocurre en la agricultura, en que la mayor proporción de los nutrientes se retira en la cosecha) y de acuerdo a lo presentado, es muy importante el rol que desempeñan los animales y el manejo que se practique, ya que parte del nitrógeno removido por ellos no es fijado en productos finales sino que se reincorpora al suelo bajo forma de deyecciones (heces y orina), junto con los restos vegetales, aunque de manera ineficiente.

Para los ecosistemas pratenses (mejorados y naturales) de Uruguay, con suelos mayoritariamente deficientes en fósforo y Nitrógeno, la atmósfera es la gran y casi exclusiva proveedora de nitrógeno a través de lo que sea posible fijar del nutriente, por lo que tanto la producción primaria como la secundaria dependerán de la eficiencia con que se cumpla ese proceso y el ciclo en general. En este sentido y excepto para verdeos, hace ya muchos años que en el país se ha adoptado mayoritariamente el criterio de corregir los niveles de fósforo por fertilización, para posibilitar el establecimiento de las leguminosas, como vía de aporte de nitrógeno y dinamización de su ciclo.

Más allá de los problemas de estabilidad de las pasturas cultivadas, el aporte directo

(por volumen y especialmente calidad de forraje) e indirecto (fijación de nitrógeno) de las leguminosas a la productividad final de praderas y mejoramientos, es decisivo, considerándose que se debería seguir en esa línea, aunque buscando mejorar la eficiencia del proceso.

No obstante los importantes niveles de Nitrógeno que, con variaciones estacionales y anuales pueden fijar las principales leguminosas empleadas en nuestras pasturas cultivadas (deberá cuantificarse igualmente la situación en mejoramientos y para nuevas spp.), para el logro de altos rendimientos en condiciones muy intensivas ó en casos particulares y con carácter estratégico (establecimiento de pasturas mezcla, períodos críticos en praderas graminosas, etc.) la fertilización nitrogenada puede resultar muy interesante, según lo presentado.

Sin lugar a dudas, la utilización de verdeos productivos va en estrecha relación con la posibilidad de aplicación de Nitrógeno, particularmente en suelos de escaso potencial productivo o desgastados por procesos agrícolas previos. El logro de respuestas eficientes, será a su vez altamente dependiente del manejo practicado y las condiciones climáticas particulares.

Del mismo modo, la política de uso de Nitrógeno en semilleros de gramíneas forrajeras, es factor determinante de altos rendimientos de semilla.

Por otra parte, en las actuales áreas ganaderas tradicionales, es perentorio mejorar la base forrajera para aumentar el producto animal actual a niveles compatibles con las exigencias presentes y seguramente futuras.

Al respecto, una herramienta interesante sería el manejo controlado y la fertilización

* Ing. Agr. MSc., Pasturas. INIA Tacuarembó

(NP) estratégica de campo, de acuerdo a la vegetación predominante. En los casos de presencia de componentes invernales interesantes, mejorando la producción invernal y total anual por aplicaciones de otoño y primavera. En tapices con gran dominancia de estivales, por aplicaciones de primavera, para transferir ese excedente como forraje conservado (en la medida que la relación costo-beneficio lo permita, considerando especialmente la baja calidad obtenida).

El establecimiento de leguminosas y eventualmente gramíneas invernales productivas en el tapiz, constituyen sin dudas, tecnologías decisivas para dinamizar el proceso de producción. En estos dos últimos casos también, el empleo estratégico de nitrógeno contribuirá al logro de altos rendimientos de forraje.

Sin embargo, deberá tenerse en cuenta no perder una situación hoy privilegiada, derivada del carácter preponderantemente extensivo que hasta unos años atrás presen-

taba el modo de producción pastoril del país y que en la actualidad tiene gran relevancia en el mundo desarrollado, que se relaciona a la sostenibilidad de los sistemas productivos y los riesgos de contaminación ambiental por empleo continuado de niveles más o menos elevados de fertilizantes nitrogenados.

Otro aspecto relevante, hace al rol del nitrógeno en la producción secundaria y a aquellos factores que inciden sobre la eficiencia de utilización y conversión de las proteínas vegetales en producto animal. En este sentido por ejemplo, deberá promoverse el aprovechamiento de características que presentan naturalmente algunas especies, como *L.corniculatus*, *L.pedunculatus*, etc. con presencia de taninos, que al formar complejos con las proteínas, impiden su degradación en el rumen, posibilitando su absorción a nivel intestinal, con mayor eficiencia de conversión y consecuentemente mejor valor nutritivo y menores pérdidas por eliminación y posterior volatilización, lixiviación, etc.

Este libro se imprimió en los Talleres Gráficos de
Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.
Montevideo - Uruguay

Edición amparada al Art. 79. Ley 13.349
Depósito Legal 295.566/94
C 4595