

Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de *Festuca arundinacea* Schreb. (sudeste bonaerense, Argentina): crecimiento y eficiencia en el uso de recursos

Marino, M.A.¹; Agnusdei, M.²

¹ Departamento Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Email: mmarino@copetel.com.ar

² Departamento Producción Animal, Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce, Argentina. Email: magnusdei@balcarce.inta.gov.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de la fertilización con nitrógeno (N) sobre el crecimiento estacional de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y la eficiencia estacional de uso de algunos recursos del ambiente (como radiación, nitrógeno y agua). El ensayo fue establecido en Balcarce, Argentina (37° 45' Lat. Sur, 58° 18' Long. Oeste) sobre un Argiudol Típico. Se emplearon cuatro niveles de N: 0, 75, 150 y 225 kg N ha⁻¹ (como urea). Los momentos de fertilización evaluados fueron: otoño (OT, 09/05/06), finales del invierno (PI, 15/08/06), primavera temprana (PII, 15/09/06) y primavera tardía (PIII, 15/10/06). Se cuantificó la acumulación de forraje (AF, kg MS ha⁻¹), el índice de área verde (IAV, superficie de área verde/unidad de superficie de suelo), la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAint, Mj m⁻² s⁻¹) y las eficiencias de uso de la RFAint (EUR) y del N aplicado (EUN). No obstante que las precipitaciones fueron escasas, principalmente en OT y PIII, la fertilización nitrogenada permitió aumentar significativamente la AF aún bajo condiciones climáticas desfavorables. Esto podría asociarse con el generalizado incremento en los IAV y en la RFAint por la aplicación de N, y también de la EUR en PI, PII y PIII. Las EUN fueron afectadas por las condiciones ambientales y el estado de crecimiento de la pastura, siendo mayores para PII y PI, menores para PIII y mínimas en OT.

Palabras clave: aplicación estacional de nitrógeno, crecimiento, festuca alta, eficiencia de uso de radiación, eficiencia de uso de nitrógeno.

Abstract

The effects of nitrogen (N) fertilization on tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seasonal growth and resource use efficiency were analyzed. The experiment was established in Balcarce, Argentina (37° 45' Lat. Sur, 58° 18' Long. Oeste) on a Typic Argiudol. Four N levels were used: 0, 75, 150 y 225 kg N ha⁻¹ (as urea). Fertilization moments evaluated were: autumn (OT, 09/05/06), end of winter (PI, 15/08/06), early spring (PII, 15/09/06) and late spring (PIII, 15/10/06). Forage accumulation (AF, kg MS ha⁻¹), canopy green area index (IAV, canopy green surface/soil surface unit), photosynthetically active radiation intercepted (RFAint, Mj m⁻² s⁻¹) and RFAint use efficiency (EUR) and nitrogen applied use efficiency (EUN) were quantified. Precipitations were scarce, mainly in OT and PIII. N fertilization significantly increased AF even under unfavorable climatic conditions. This could be associated with the generalized increase in the IAV and in the RFAint for the N application, and also of the EUR in PI, PII and PIII. NUEs were affected by the growth stage of the pasture, being higher for PII and PI, lower for PIII and minimum for OT.

Key words: seasonal nitrogen application, growth, tall fescue, radiation use efficiency, nitrogen use efficiency.

Introducción

Con frecuencia la disponibilidad edáfica de nitrógeno (N) no es suficiente para abastecer los requerimientos de las pasturas por lo que la producción de forraje resulta inferior al potencial para un ambiente determinado. Pasturas sin deficiencias nutricionales utilizarían más eficientemente los recursos del ambiente (como radiación y agua) que aquellas con restricciones en la disponibilidad de nutrientes (Akmal y Janssens, 2004). Cuando no existen deficiencias de otros nutrientes, los principales factores que afectan la respuesta a la aplicación de N son: la temperatura (Lemaire y Salette, 1982; Bélanger, 1992) y la disponibilidad de agua (Gonzalez-Dugo *et al.*, 2005). Variaciones estacionales en las condiciones ambientales así como cambios en el requerimiento de N de las plantas según la etapa de crecimiento modificarían la eficiencia de uso del fertilizante aplicado en distintas épocas. Si bien la respuesta a la fertilización nitrogenada en la producción de forraje ha sido ampliamente demostrada, la información sobre

su variación estacional (según la demanda nutricional de las plantas y las condiciones ambientales) no abunda (Bélanger, 1992). El conocimiento de las respuestas estacionales en el crecimiento de las pasturas a la fertilización nitrogenada permitiría ajustar dosis y momentos de aplicación para aumentar la eficiencia de su uso. Esto minimizaría los riesgos de perjuicio ambiental y contribuiría en la sustentabilidad de los sistemas productivos. El objetivo del trabajo fue analizar el crecimiento y la eficiencia de uso de recursos en una pastura de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) para fertilizaciones con N en otoño tardío o en distintos momentos de la primavera.

Materiales y Métodos

El ensayo fue establecido en la EEA INTA Balcarce (37° 45' Lat. Sur, 58° 18' Long. Oeste, 130 msnm) en un Arriudol Típico, sobre una pastura establecida de festuca alta con cobertura rala. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones y arreglo en parcelas divididas (parcela mayor = fecha de fertilización, subparcela=dosis de N, 3 m²). El 08/05/06 se efectuó un corte de homogeneización y se fertilizó con 20 kg P ha⁻¹ (SFT, 20% P) para evitar limitaciones en el crecimiento por deficiencias en la nutrición fosfatada. Los tratamientos de fertilización nitrogenada (bajo la forma de urea, 46% N) fueron: 0, 75, 150 y 225 kg N ha⁻¹ (N0, N75, N150 y N225) aplicados en otoño tardío - debido a la falta de precipitaciones al inicio del otoño - (OT, 09/05/06) o a fines de invierno (PI, 15/08/06) o en primavera (PII, 15/09/06) o en primavera tardía (PIII, 15/10/06).

La acumulación de forraje (AF, kg MS ha⁻¹) para cada época de fertilización se cuantificó a partir de la cosecha con motosegadora automotriz del metro central de cada parcela a 5 cm de altura. Posteriormente, se estimó la biomasa presente por debajo de la altura de corte de la motosegadora a partir de una muestra (0,1 m²) del material de cortada con tijera a nivel del suelo, separada en material vivo y muerto, secada en estufa a 60°C y pesada para expresar su valor en kg MS ha⁻¹.

Muestras del forraje cosechado se pesaron, se secaron en estufa a 60°C y se volvieron a pesar en seco para calcular el porcentaje de materia seca. Semanalmente se determinó el índice de área verde de la cubierta (IAV, superficie verde de la cubierta/unidad de superficie de suelo) y la RFAint (Mj m⁻² s⁻¹) utilizando un equipo LICOR-2000. Los promedios de cada tratamiento se analizaron estadísticamente con PROC GLM, SAS (p=0,05) y se compararon utilizando la mínima diferencia significativa (p=0,05). A partir del forraje acumulado en cada período se estimó la eficiencia aparente de uso del N aplicado (EUN = (kg MS ha⁻¹ de tratamiento fertilizado – kg MS ha⁻¹ N0)/kg N ha⁻¹ aplicado). Se estimaron las EUR como la pendiente de la regresión lineal entre la RFAint acumulada y la AF (ordenada = 0) y fueron comparadas mediante variables Dummy (p=0,05).

Resultados y Discusión

Los promedios mensuales de las temperaturas medias diarias del aire y la radiación fotosintéticamente activa incidente durante el período experimental se presentan en el Cuadro 1. Las precipitaciones para cada período fueron: 176, 123, 115 y 53 mm en OT, PI, PII y PIII, respectivamente, valores que resultaron inferiores a los promedios históricos 1970-2000 para cada etapa. Esto determinó balances hídricos negativos (precipitaciones - ETP Penman) principalmente en OT y PIII (Figura 1).

Cuadro 1. Promedios mensual de temperatura media diaria (°C) y de radiación fotosintéticamente activa incidente (Mj m² s⁻¹) y precipitaciones mensuales acumuladas (mm) durante el período experimental y para los promedios históricos 1970-2000 (Fuente: Servicio de Agrometeorología Estación Experimental INTA Balcarce).

	Temperatura		Radiación		Precipitación	
	2006	1970-2000	2006	1970-2000	2006	1970-2000
Mayo	10,6	11,1	3,7	3,7	1	59,8
Junio	9,21	8,1	2,4	3,0	78,9	48,6
Julio	9,9	7,6	2,8	3,3	56,2	47,0
Agosto	8,9	9,0	4,1	4,5	11	43,3
Septiembre	10,8	10,6	6,1	6,3	45	58,6
Octubre	14,3	13,2	7,5	8,0	76,5	97,7
Noviembre	15,9	15,7	10,8	9,6	27,3	90,0

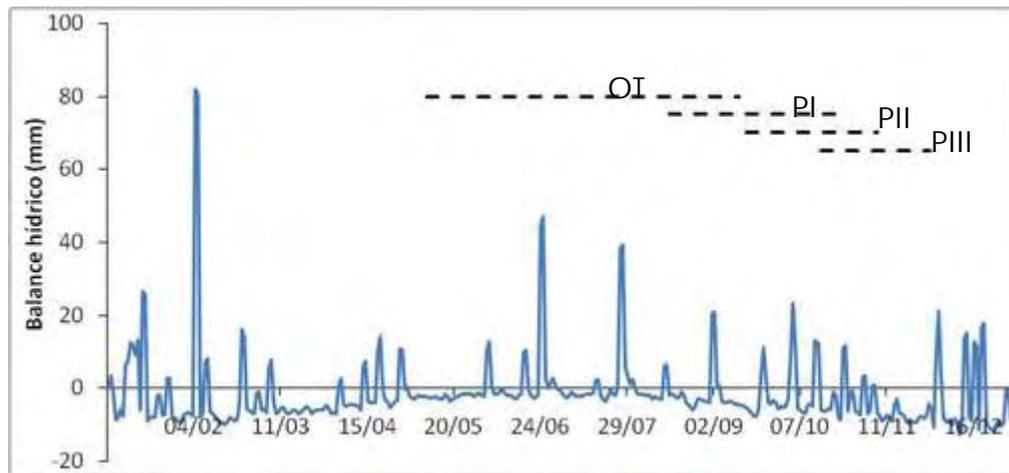


Figura 1. Balance hídrico acumulado (precipitación – evapotranspiración Penman) para el año 2006 (Fuente: Servicio de Agrometeorología Estación Experimental INTA Balcarce). Las líneas punteadas indican la longitud de los períodos evaluados (OT, PI, PII y PIII ver texto).

La AF manifestó una interacción significativa entre fechas de fertilización y dosis de N, por lo que se analizó cada período independientemente. Las mayores AF se registraron en PI y PII (Figura 2 b y c, respectivamente). Si bien la AF difirió entre los períodos evaluados, en todos ellos la aplicación de N incrementó la AF, al menos duplicando el valor alcanzado por los tratamientos testigo. Además, los tratamientos fertilizados adelantaron su máxima AF con respecto a N0 en 28, 19, 21 y más de 20 días para OT, PI, PII y PIII, respectivamente (Figura 2). Este adelantamiento en la oferta de forraje con respecto a los testigos es atribuible a las mayores tasas de crecimiento de los primeros con respecto a los últimos y concuerda con datos presentados en trabajos previos (Mazzanti *et al.*, 1997; Lattanzi, 1998). Sin embargo, comparativamente con experimentos realizados en condiciones hídricas más favorables (Bélanger *et al.*, 1992; Lattanzi, 1998) las AF fueron de menor magnitud y/o se lograron en períodos de rebrote más prolongados, particularmente en PIII y en OT (Figura 2 d y a, respectivamente). Esto podría asociarse con las escasas precipitaciones y una marcada restricción hídrica en dichos períodos.

Las diferencias observadas en la AF de cada período entre las dosis de N evaluadas sugieren una mayor eficiencia estacional de uso de las precipitaciones para las pasturas fertilizadas con respecto a los testigos. Por su parte, las EUN también variaron entre períodos, con valores mínimos en OT (entre 7 y 5 kg MS/kg N aplicado), intermedios en PIII (entre 9 y 6 kg MS/kg N aplicado) y máximos en PII (entre 27 y 14 kg MS/kg N aplicado) y en PI (entre 23 y 10 kg MS/kg N aplicado). Mientras que las mayores EUN correspondientes a PII y PI fueron coincidentes con los valores esperados para la época (Bélanger *et al.*, 1992; Marino *et al.*, 2004), los valores registrados para PIII resultaron 50% inferiores lo cual también indicaría una restricción en el crecimiento de las pasturas. Las respuestas correspondientes a OT son próximas a las mencionadas en trabajos previos (Lattanzi, 1998).

Al igual que para la AF, el IAV y la RFAint manifestaron interacciones significativas entre fechas de fertilización y dosis de N aplicado por lo que se analizó el impacto de la fertilización en cada período. En todos ellos se registró un incremento significativo del IAV y de la RFAint en respuesta a la aplicación de N (Cuadro). En coincidencia con lo observado para las AF, los mayores IAV se cuantificaron en PI y PII, con valores inferiores en PIII y mínimos en OT (Cuadro). En cambio, las diferencias entre períodos en las RFAint fueron de menor magnitud que las registradas para AF e IAV (Cuadro). En OT la máxima proporción de RFAint (menor a 80%) se alcanzó con las mayores dosis de N y 1200°Cd acumulados y fue aproximadamente el doble de la intercepción de N0. Sólo en PI y PII con N150 se alcanzó el IAV crítico (RFAint aproximada a 90 %) a los 814 y 619 °Cd acumulados, respectivamente, mientras para N0 fue inferior al 70% en ambos períodos. En PIII con 443°Cd acumulados las RFAint fueron próximas a 80% y 40% para los tratamientos fertilizados y N0, respectivamente (Cuadro).

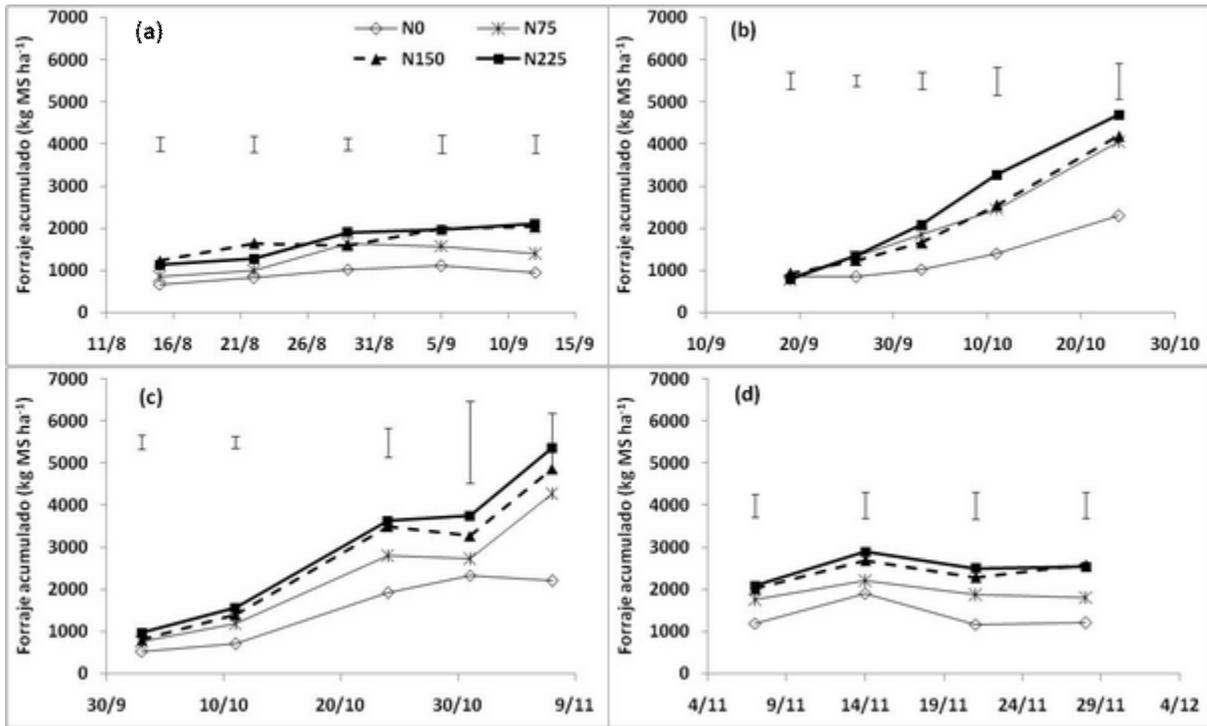


Figura 2. Crecimiento de festuca alta para cada tratamiento de fertilización nitrogenada según la fecha de aplicación: otoño tardío (a), o a fines de invierno (b), o en primavera (c), o en primavera tardía (d). Barras indican la mínima diferencia significativa entre tratamientos para cada fecha.

Cuadro 2. Índice de área verde (IAV) e interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFAint) para las dosis de N en cada período de crecimiento.

Dosis de N	Otoño –invierno (09/05–12/09)		Primavera I (15/08–24/10)		Primavera II (15/09–07/11)		Primavera III (15/10–28/11)	
	IAV	RFAint	IAV	RFAint	IAV	RFAint	IAV	RFAint
0	0,712 c	125,2 c	1,812 c	155,0 c	2,237 b	159,9 b	0,962 b	167,7 b
75	1,617 b	179,4 b	3,397 b	202,4 b	3,452 b	215,6 a	1,547 b	237,0 a
125	2,385 a	232,2 a	4,010 ba	235,4 a	5,647 a	242,2 a	2,820 a	265,5 a
225	2,395 a	235,1 a	4,525 a	228,2 a	6,377 a	244,7 a	2,965 a	270,7 a
Pr>F	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0006	0,0057	0,0005	0,0005
M.D.S.	0,500	25,13	0,787	23,41	1,538	43,51	0,753	37,40

M.D.S.: Mínima diferencia significativa (nivel de significancia = 5%). Cifras seguidas por letras iguales no difieren significativamente (nivel de significancia = 5%).

Estos datos confirman que, aún en condiciones ambientales que restringieron el crecimiento de las pasturas (escasas precipitaciones y/o bajas temperaturas), pudo detectarse un efecto positivo de la aplicación de N con una mayor y más rápida expansión foliar y una mayor captura de radiación que los tratamientos testigo. Además, al acelerar el establecimiento de la cubierta se minimizarían las pérdidas por evaporación desde el suelo y esto explicaría en gran medida un aumento en la eficiencia de uso de las precipitaciones con respecto a los tratamientos con deficiencias nutricionales (Passioura, 2006).

En general las EUR difirieron según la época considerada, siendo mínimas en OT (Figura 3a), intermedias para PIII (Figura 3d) y máximas en PII y PI (Figura 3 c y b, respectivamente). Los datos obtenidos muestran que, a excepción del primer período, los tratamientos fertilizados presentaron EUR significativamente mayores que N0 (Figura 3 b, c y d). El incremento en las EUR en respuesta al agregado de N coincide con datos registrados en la bibliografía y, si bien las EUR estimadas en PI y PII para N225 (Figura 3 b y c) se aproximaron a los valores potenciales para pasturas templadas en primavera (Belánger *et al.*, 1992), en PIII las EUR de los tratamientos fertilizados presentaron una reducción de aproximadamente 40% con respecto a los primeros (Figura 3d). Esto último estaría asociado con una restricción en el crecimiento provocado por las escasas precipitaciones. Para OT (Figura 3a) las EUR fueron inferiores a las registradas en experimentos bajo condiciones hídricas más favorables (Lattanzi, 1998), lo que evidenciaría

que tanto las escasas precipitaciones como las bajas temperaturas habrían acentuado la disminución en la eficiencia de uso de los recursos.

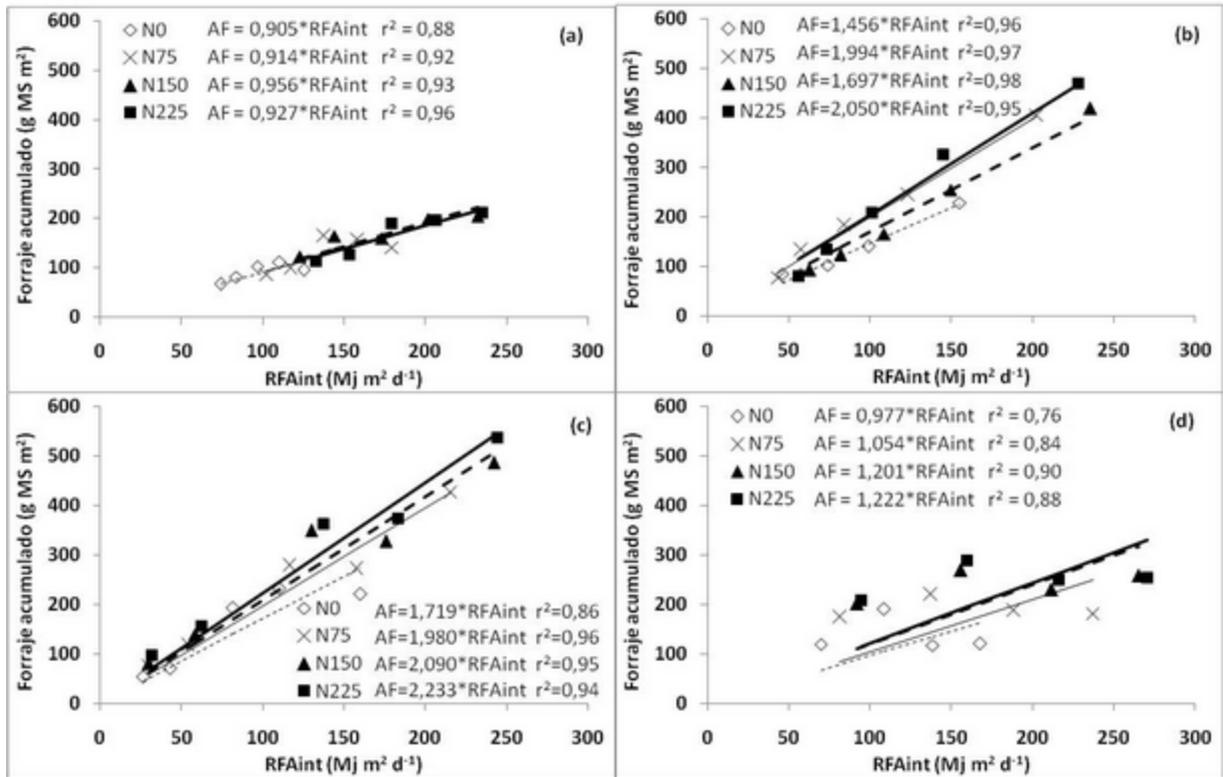


Figura 3. Eficiencia de uso de la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAint) para cada tratamiento de fertilización nitrogenada según la fecha de aplicación: otoño tardío (a), o a fines de invierno (b), o en primavera (c), o en primavera tardía (d). Barras indican la mínima diferencia significativa entre tratamientos para cada fecha.

Conclusiones

En las cuatro fechas de fertilización evaluadas pudo comprobarse un efecto positivo de la aplicación de N sobre la AF, relacionado con el incremento del área verde de las plantas y un aumento de la radiación interceptada. Esto se verificó aún cuando las condiciones ambientales habrían restringido el crecimiento y consecuentemente la demanda de nutrientes (como en OT y en PIII). Dosis superiores a 125 kg N ha⁻¹ no manifestaron ventajas significativas en ninguno de los periodos evaluados. Por otra parte, el agregado de N incrementó significativamente las EUR en los tres periodos de fertilización en primavera. En las condiciones del presente experimento las mayores eficiencias de uso de los recursos del ambiente y del fertilizante aplicado se registraron con las fertilizaciones en PI y PII. Asimismo, los datos obtenidos en secano desalientan la aplicación de N hacia el final de la primavera cuando el objetivo es aumentar la oferta de forraje en esta época. Sin embargo, ensayos en los que se controle el abastecimiento de agua permitirán avanzar en el conocimiento del impacto de la fertilización sobre la captura estacional de los recursos del ambiente.

Literatura Citada

- Akmal, M. y M.J.J. Janssens. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
- Bélanger, G., F. Gastal y G. Lemaire. 1992. Growth analysis of a tall fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. *Crop Sci.* 32: 1371-1376.
- Gonzalez-Dugo, V., J.L. Durand, F. Gastal y C. Picon-Cochard. 1005. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 1269-1276.
- Lattanzi, F.A. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de festucas de tipo templado y mediterráneo. Tesis Magister Scientiae. Curso de Posgrado en Producción Animal Facultad de Ciencias Agrarias – UNMDP – EEA INTA Balcarce. 116 p.

- Lemaire, G. y J. Salette. 1982. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effect du milie. *Agronomie* 4(5): 423-430.
- Marino, M.A., Mazzanti A., Assuero S.G., Gastal F., Echeverría H.E. y Andrade F.. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* 96: 601-607.
- Mazzanti, A., M.A. Marino, F. Lattanzi, H.A. Echeverria y F. Andrade 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* N° 143. ISSN 0522-0548.SAGPyA, INTA CERBAS EEA Balcarce.
- Passioura, J. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. *Agricultural Water Management* 80: 176-196.