



RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE AVENA Y RAIGRÁS

Pautasso, Juan M.^{*12}; Juan E. Quinodoz², Lucrecia Lezana¹², Rubén M. Isaurralde¹², Yamil Peltzer², Matías Giordano², César Quintero², Esmeralda Zufiaurre² y Jonathan Ojeda².

1. EEA INTA Paraná. 2. FCA UNER. * INTA. pautasso.juan@inta.gob.ar

RESUMEN: Los verdeos tienen la capacidad de ofrecer altas producciones de forrajes en períodos relativamente cortos de tiempo, siendo un complemento de las pasturas permanentes. La demanda de nutrientes está estrechamente asociada con la producción de forrajes por lo que, para alcanzar elevados niveles productivos se debe recurrir al agregado de los mismos. Si bien la fertilización en pasturas es una tecnología conceptualmente reconocida, en general, no se hace una correcta aplicación de esta práctica. Los máximos beneficios de la fertilización se logran si se consideran las particularidades de cada sistema productivo, entre las que se encuentra las especies forrajeras utilizadas. En la costa oeste de Entre Ríos la información sobre producción e impacto de la fertilización con nitrógeno (N) en raigrás y avena es escasa en sistemas reales de producción, a pesar de ser los principales verdeos de invierno utilizados. Con el objetivo de cuantificar para las condiciones de Entre Ríos las diferencias de rendimiento y el impacto de la fertilización con N en verdeos de raigrás y avena se revisaron una serie de ensayos realizados en diferentes campañas y con diferentes metodologías de evaluación de la disponibilidad de forraje (método directo y método indirecto). En condiciones similares de crecimiento, la avena y el raigrás tuvieron diferente respuesta a la fertilización con N y diferente (eficiencia de uso de nitrógeno) EUN. El ajuste entre el rendimiento relativo y la disponibilidad de N (ND: suelo + fertilizante) fue significativo, llegando a la meseta con 111 kg ha⁻¹ de ND en raigrás y 76 kg ha⁻¹ en avena. La respuesta de materia seca al N fue lineal, produciendo 18 kg MS kg ND⁻¹ y 15 kg MS kg ND⁻¹ el raigrás y la avena, respectivamente. Así, el raigrás fue más eficiente en el uso del N que la avena.

PALABRAS CLAVE: verdeos, disponibilidad de materia seca, nitrógeno disponible.

INTRODUCCION

Los verdeos invernales tienen la capacidad de ofrecer altas producciones de forraje en períodos relativamente cortos de tiempo (50-90 días), siendo un complemento de las pasturas permanentes (Marino y Berardo, 2014), pero para lograr elevados potenciales productivos se debe cubrir la demanda de nutrientes de los mismos. En general la oferta de nutrientes desde el suelo resulta insuficiente para satisfacer los requerimientos de las especies forrajeras. En nuestros sistemas productivos los nutrientes que mayormente limitan la productividad son el fósforo (P) y el nitrógeno (N) (García y col., 2002). La demanda de nutrientes está estrechamente asociada con la producción de forrajes por lo que, para alcanzar elevados niveles productivos se debe recurrir al agregado de los mismos (Agnusdei y col., 2010).

Sin embargo, en los planteos ganaderos de Argentina, la aplicación de fertilizantes está menos difundida que en las actividades agrícolas, por lo que frecuentemente las deficiencias nutricionales restringen la capacidad productiva de cada ambiente (Marino y Berardo, 2014). Por otro lado, cultivos forrajeros mal nutridos no sólo producen menos que los fertilizados, sino también aportan menos carbono, generan menor calidad nutritiva e inician procesos de degradación de los suelos (Sheaffer y col., 2006; Marino y Berardo, 2014).

Para obtener los máximos beneficios de la práctica de la fertilización es imprescindible considerar las particularidades de cada sistema productivo, entre las que se encuentran las especies forrajeras utilizadas. Las respuestas al agregado de nutrientes suelen ser mayores

Organizado por:



Ministerio de
Producción
Gobierno del Pueblo del Chaco

en los verdeos de invierno que en los de verano, ya que su ciclo se desarrolla en un período de menor temperatura, cuando la disponibilidad de los nutrientes es mínima por una menor mineralización de la materia orgánica (Echeverría y Bergonzi, 1995).

Para verdeos invernales como raigrás y avena se han reportado incrementos en la producción de forrajes con la aplicación de P y N (Fernández Grecco y Agnusdei, 2005; Borrajo y col., 2006; Marino y Castaño, 2013) o de N con P no limitante (García y col., 2002), con eficiencias de uso del N entre 7 y 42 kg de materia seca (MS) por kilogramo de N agregado, en este rango se ubicaron ambas especies.

En la costa oeste de Entre Ríos la información sobre producción e impacto de la fertilización con N en raigrás y avena es escasa en sistemas reales de producción, a pesar de ser los principales verdeos de invierno utilizados.

La producción de MS de forraje se puede evaluar mediante cortes en una superficie conocida o utilizando estimadores calibrados basados en la altura y densidad del pasto como el pasturómetro o plato de levante. La estimación de la disponibilidad de MS de verdeos con pasturómetro comparado con cortes es satisfactoria (Ojeda y col.; 2018).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el impacto de la fertilización con diferentes niveles de N en raigrás y avena implantados en siembra directa y fertilizados con P

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre los años 2005 y 2018 se instalaron 19 ensayos de fertilización nitrogenada en campos de productores ubicados en Entre Ríos, en los departamentos Diamante, Paraná y Nogoyá; y en Santa Fe en el departamento Castellanos. En 13 ensayos se aplicó la metodología de cortes y en 6 la del pasturómetro para estimar disponibilidad de forraje.

Al momento de la siembra se realizaron muestreos de suelos 0-20 cm en cada ensayo. El nitrógeno disponible (ND) se calculó como la sumatoria de los kilogramos derivados del N de los nitratos del suelo y el nitrógeno agregado con la fertilización.

En los ensayos con corte, el diseño fue en BCA con tres repeticiones y unidades experimentales de 2 metros de ancho por 5 de largo. En estos ensayos, la estimación de la disponibilidad de materia seca se realizó de manera directa a partir del corte de cuarto metro cuadrado de cada parcela, secado en estufa a 65°C durante 48 horas y pesaje.

En los 6 ensayos donde se usó el método del pasturómetro se realizaron entre 25 y 50 mediciones en cada una de las franjas fertilizadas con diferentes dosis. Este método indirecto estima la cantidad de materia seca a partir de las variables altura y densidad de la biomasa (Fulkerson y Slack, 1993; Sanderson et al. 2001).

Las mediciones se realizaron previamente al momento de inicio del pastoreo con el ganado. Para el cálculo de los umbrales de N, se utilizó rendimiento relativo (RR), calculado como el cociente porcentual entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento obtenido con la dosis máxima de N en cada ensayo. La respuesta del rendimiento de los verdeos se evaluó a partir de la diferencia de cada tratamiento fertilizado frente al testigo y la EUN fue el cociente entre la respuesta y los kilogramos de N agregados.

Para el cálculo de ANOVA se utilizó el programa InfoStat versión 2017 y para establecer si las series de datos (umbrales, respuestas y EUN) podían combinarse y representarse como una sola población o dos poblaciones diferentes (avena y raigrás), se probó un test de F (Mead et al., 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 resume información sobre tratamientos, sitios y años experimentales, variables de suelos y promedios de producción obtenidas.

La fertilización nitrogenada de verdeos invernales tuvo en todos los casos una respuesta positiva y con alta significancia (sólo en un ensayo de trece el agregado de N no tuvo un efecto significativo), confirmando que esta tecnología es una herramienta con alta seguridad de respuesta, entre otras cosas por desarrollarse estos cultivos en una época del año donde las bajas temperaturas limitan la mineralización de la materia orgánica del suelo y por la tanto la disponibilidad de N (Echeverría y Bergonzi, 1995).

La respuesta promedio fue de 1346 kg de MS ha⁻¹, (1183 kg de MS ha⁻¹ y 1570 kg de MS ha⁻¹, para avena y raigrás, respectivamente; p=0,19). Las respuestas fueron muy similares al

Tabla 1: Características de cada ensayo y producciones obtenidas.

Año	Ensayo	Metodología	Departamento / provincia	Cultivo	Nitratos (ppm)	P Bray (ppm)	Dosis N (kg ha ⁻¹)	Producción MS (kg ha ⁻¹)		Respuesta promedio	
								Testigo	fertilizado	(kg ha ⁻¹)	Valor p
2011	1	Corte	Diamante / ER	Avena	51,0	29,9	0 - 46 - 92	825	1083	258	0,04
2013	2	Corte	Diamante / ER	Avena	41,4	20,0	0 - 46 - 92	838	1226	388	0,21
2014	3	Corte	Diamante / ER	Avena	66,3	20,1	0 - 35 - 69 - 138	2528	2926	398	0,02
2014	4	Corte	Diamante / ER	Avena	64,2	20,5	0 - 46 - 92	2609	4135	1526	0,04
2014	5	Corte	Diamante / ER	Avena	11,6	7,0	0 - 46 - 92	1304	2528	1224	0,01
2015	6	Corte	Diamante / ER	Avena	54,3	8,8	0 - 46 - 92 - 138	2742	3945	1203	0,03
2017	7	Corte	Diamante / ER	Avena	33,8	22,3	0 - 46 - 92 - 138	1455	2815	1360	0,03
2017	8	Corte	Diamante / ER	Avena	73,5	8,1	0 - 46 - 92 - 138	1966	3959	1993	< 0,01
2017	9	Corte	Diamante / ER	Avena	73,5	8,1	0 - 46 - 92 - 138	2242	3443	1201	0,03
2017	10	Pasturómetro	Paraná / ER	Avena	35,3	22,1	0 - 40 - 80 - 120	892	2055	1163	
2018	11	Corte	Diamante / ER	Avena	43,3	4,5	0 - 46 - 92	2815	5119	2304	< 0,01
2005	1	Pasturómetro	Nogoyá / ER	Raigrás	33,0	3,1	0 - 46 - 92	1050	1926	876	
2005	2	Pasturómetro	Diamante / ER	Raigrás	37,0	45,2	0 - 46 - 92	2119	3770	1651	
2005	3	Pasturómetro	Paraná / ER	Raigrás	35,0	9,5	0 - 46 - 92	632	2478	1846	
2015	4	Corte	Diamante / ER	Raigrás	78,9	78,0	0 - 46 - 92 - 138	2126	3669	1543	< 0,01
2016	5	Corte	Diamante / ER	Raigrás	81,4	16,8	0 - 46 - 92	2758	5112	2354	< 0,01
2017	6	Pasturómetro	Castellanos / SF	Raigrás	7,4	38,2	0 - 40 - 80 - 120	875	2532	1657	
2017	7	Pasturómetro	Paraná / ER	Raigrás	14,1	25,5	0 - 40 - 80 - 120	2748	4053	1305	
2017	8	Corte	Castellanos / SF	Raigrás	17,7	23,2	0 - 46 - 92 - 138	1532	2864	1332	< 0,01

El valor p corresponde a la significancia estadística obtenida en el análisis de varianza para cada ensayo, tomando como fuente de variación las dosis de N agregadas y bloque. Con la metodología del pasturómetro, este análisis no se puede realizar ya que cada valor corresponde a la estimación de producción derivada de 25 a 50 lecturas en cada franja que arrojan un único valor promedio.

comparar metodologías de estimación de la disponibilidad: con corte 1314 kg de MS ha⁻¹ y con pasturómetro 1416 kg de MS ha⁻¹. Las EUN promedios se situaron entre 20 y 29 kg de MS por kg de N agregado para avena y raigrás, respectivamente; estos valores son inferiores a las informadas por Amigone y Kloster (2003).

Disponibilidad de materia seca y agregado de N.

Los modelos entre RR y el ND fueron todos significativos ($p < 0,01$) y con buen ajuste (Figura 1). Si bien los umbrales de ND entre verdes no fueron diferentes estadísticamente ($p = 0,46$), el umbral mayor obtenido en el raigrás (111 kg ND ha⁻¹) indica una tendencia a seguir respondiendo a mayores niveles de N, la avena tuvo su umbral en valores más bajos (76 kg ND ha⁻¹).

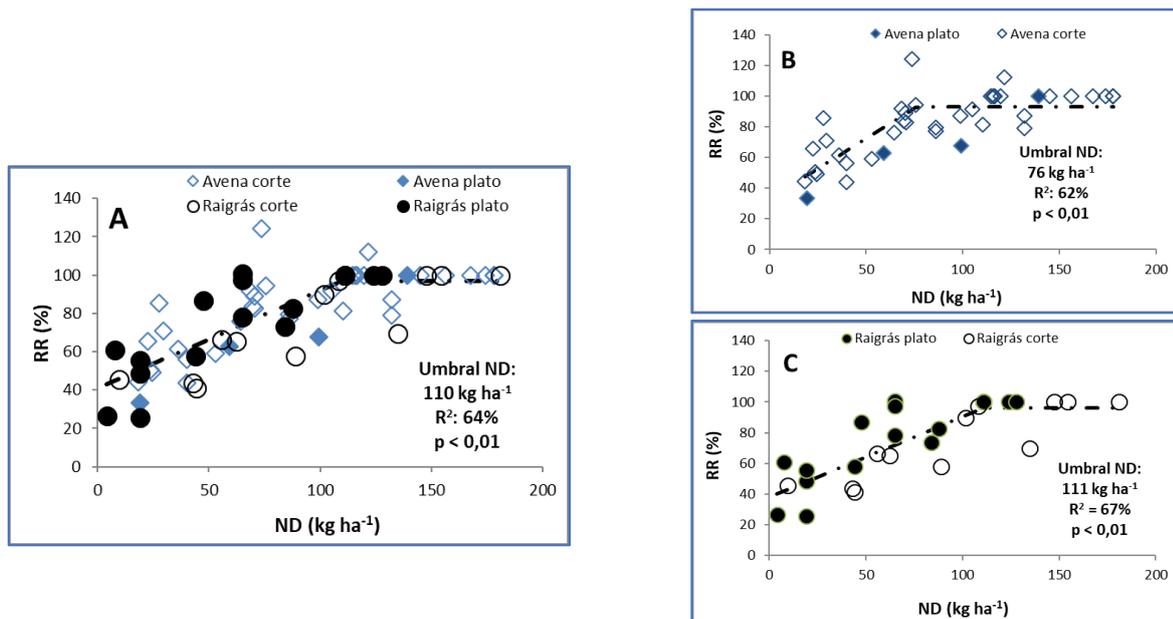


Figura 1: Rendimiento relativo en función del ND (0 – 20 cm); A: ambos cultivos; B: avena; C: raigrás.

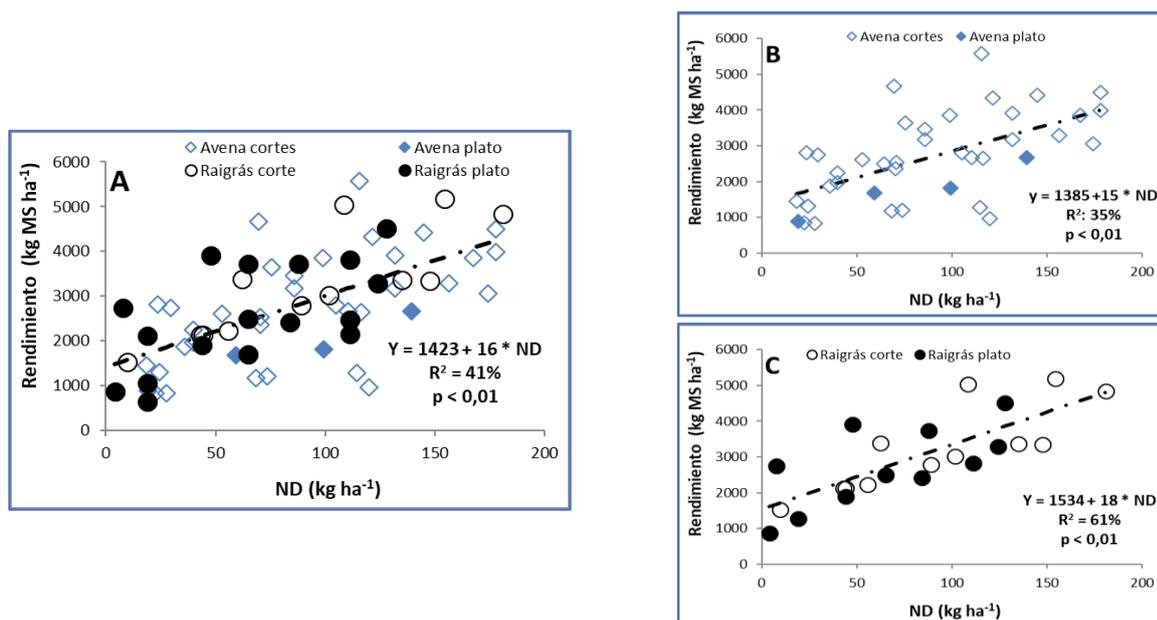


Figura 2: Rendimiento absoluto en función del ND (0 – 20 cm); A: ambos cultivos; B: avena; C: raigrás.

También se obtuvieron relaciones lineales significativas entre rendimiento absoluto, como producción total de MS de los verdeos y el ND (Figura 2). Al comparar todos los datos frente a considerar cada cultivo como una población diferente, el análisis estadístico mostró que las regresiones son diferentes ($p=0,05$), con un 20% más de pendiente para el caso del raigrás (18 kg de MS kg ND^{-1} vs 15 kg de MS kg ND^{-1} en avena).

El ajuste del modelo obtenido para el cultivo de raigrás fue mayor que para el cultivo de avena, esto indica la mayor dependencia de este cultivo al agregado de N, que también es acompañado de una mayor respuesta y eficiencia de uso. Este resultado es coincidente con lo informado por Carámbula (2011) quien afirma que en general se presenta una mayor respuesta en raigrás que en avena.

Eficiencia de uso del N (EUN).

Para esta variable también se mejoró el ajuste (R^2) al analizar los datos por especie, disminuyendo el error al tomar cada cultivo por separado ($p=0,03$).

El raigrás tuvo una EUN con una pendiente y una ordenada al origen mayor que la avena (0,32 kg MS kg N^{-1} agregado vs 0,20 kg MS kg N^{-1} agregado; Figura 3).

Estos modelos también confirman la mayor dependencia del raigrás al nitrógeno que la avena. Las eficiencias calculadas están dentro de los rangos informados en la bibliografía, que las ubica entre 15 y 30 kg MS kg N^{-1} para avena y entre 20 y 45 kg MS kg N^{-1} para raigrás (De Battista y col.; 2006 Carámbula 2011).

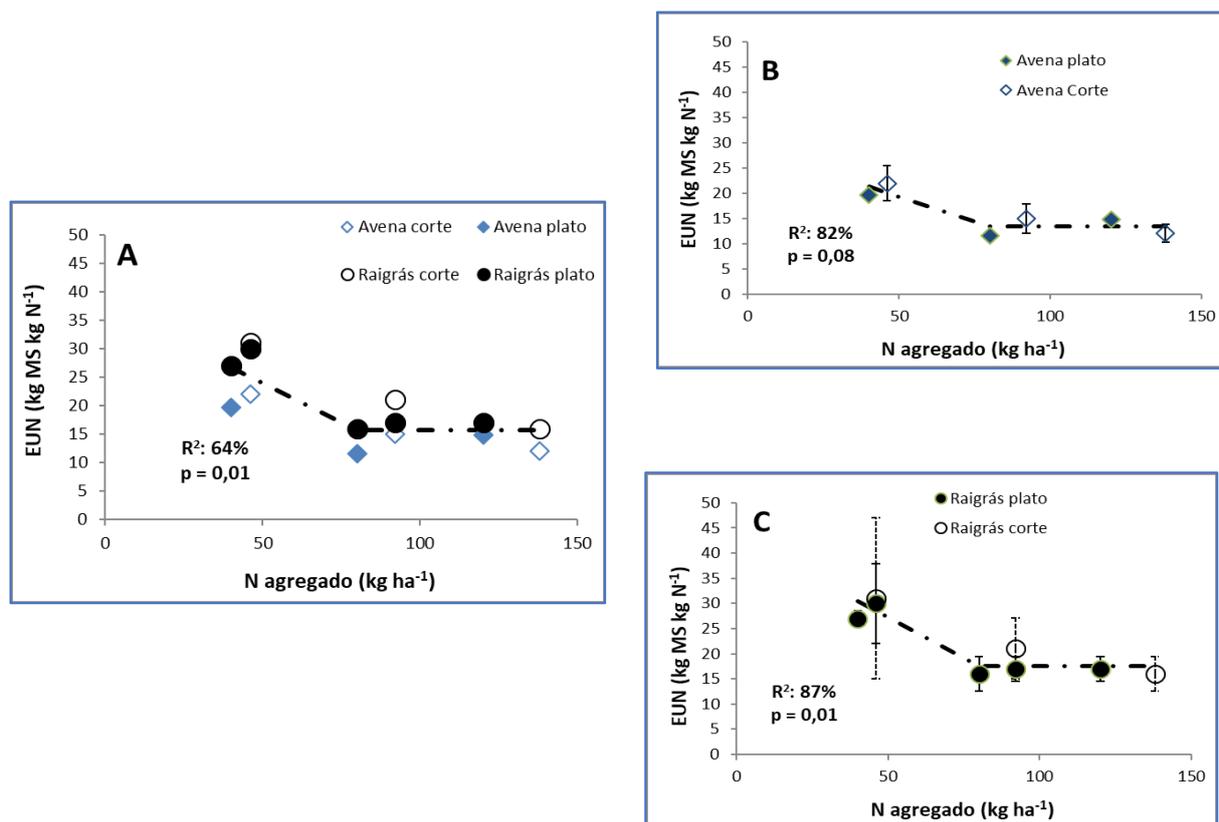


Figura 3: Eficiencia de uso del N agregado. A: ambos cultivos; B: avena; C: raigrás.

CONCLUSIONES

En condiciones similares de crecimiento la avena y el raigrás tuvieron diferentes respuestas a la fertilización con N. Los testigos produjeron muy poco y similares entre cultivos, lo que refuerza la importancia de la tecnología de fertilización.

Se puede alcanzar alrededor del 95% del rendimiento máximo con 110 kg ha⁻¹ de ND tomando ambos cultivos, al separar por cultivo es similar el umbral para raigrás y más bajo para avena (76 kg ha⁻¹ de ND).

Los mayores ajustes en general encontrados para raigrás evidencian la mayor dependencia de éste al agregado de N. El raigrás demostró ser más eficiente que la avena para transformar el N en forraje.

AGRADECIMIENTOS: a los productores que generosamente han permitido realizar estos experimentos en sus establecimientos.

El presente trabajo se realizó en el marco de actividades del proyecto PID UNER 2213: Meta-análisis para la calibración y validación de un modelo matemático de respuesta a la fertilización nitrogenada de pasturas cultivadas.

BIBLIOGRAFIA

- Agnusdei M., S. Assuero, F. Lattanzi y M. Marino. 2010. Critical N concentration can vary with growth conditions in forage grasses: implications for plant N status assessment and N deficiency diagnosis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2010) 88:215–230. DOI 10.1007/s10705-010-9348-6
- Amigone, M. y A. Kloster. 2003. Capítulo II: Verdeos de Invierno; en *Invernada bovina en zonas mixtas. Claves para una actividad más rentable y eficiente*. 2da edición. Latimori, N. y A. Kloster (Editores). ISSN: 0329-0077. Páginas 55-80.
- Borrajo C, Altuve S, Barbera P y Ramírez M. 2006. Efecto de la fertilización fosforada y nitrogenada sobre la producción de forraje de *Lolium multiflorum* en Corrientes. *Revista Argentina de Producción Animal* 26(1):135-6.
- Carámbula, M. 2011. Capítulo 6. Manejo de la fertilización de verdeos puros. En *Verdeos de invierno*. Editorial Hemisferio Sur. ISBN 978-9974-8021-9-3. Páginas 63 – 79.
- De Battista J.; Diez P., Ré A., Iacopini L. y Costa M. 2006. Respuesta a la fertilización de raigrás anual en Vertisoles de E. R. *Revista argentina de producción animal*. 26 (1): 138-140.
- Echeverría H. y Bergonzi R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* N° 135. EEA INTA Balcarce, Buenos Aires. 15 p.
- Fernández Grecco, R. C y M. G. Agnusdei. 2005. Raigrás anual, siembra y fertilización nitrogenada. *Producir XXI*, Bs. As., 13 (160):36-40.
- Fulkerson, W. J., & Slack, K. 1993. Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33(7), 865-869.
- García, F., F. Micucci, G. Rubio, M. Ruffo e I. Daverede. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. Instituto de la Potasa y el Fósforo - INPOFOS Cono Sur. Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC). Marzo 2002. Pp. 72.
- Marino, M. y Á. Berardo. 2014. Pasturas y pastizales. Pp. 555-583. En: H. Echeverría y F. García (eds.). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Marino M. y J. Castaño. 2013. Producción forrajera con aplicación otoñal de fertilizantes nitrogenados en avena y agropiro. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. IAH 12 - 2013. Pág. 15-18.
- Mead R., R. Curnow and A. Hasted. 1993. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. 2nd edition, Chapman and Hall, London, 415 p.
- Ojeda, J.; Quinodoz, J.; Lezana, L. Estimación de disponibilidad forrajera de pasturas base alfalfa y verdeos invernales en el sudoeste de E. R. – RIA (en impresión). Octubre 2018.
- Sanderson, M. A.; Rotz, C. A.; Fultz, S. W. Y Rayburn, E. B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agronomy Journal*, 93: 1281-1286.

Sheaffer, C.C., J.L. Halgerson, y H.G. Jung. 2006. Hybrid and N Fertilization Affect Corn Silage Yield and Quality. *Journal of agronomy and crop science*. Volume 192, Issue 4. August 2006. Pages 278–283.