

# EL ROL DEL FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PASTURAS DE LA REGIÓN PAMPEANA

Dr. Fernando O. García. 2006. INPOFOS Cono Sur.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Fertilización pasturas](#)

## INTRODUCCIÓN

En las condiciones agroecológicas de la región pampeana argentina, el pasto es el forraje más económico. Un primer paso para la intensificación productiva debería pasar por producir mayor volumen de forraje utilizándolo eficientemente y reduciendo de esta forma los costos fijos por kg de materia seca. La fertilización balanceada de pasturas y verdes es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera y, consecuentemente, la producción animal. La mayor disponibilidad de nutrientes también mejora 1) la eficiencia del uso del agua y de la radiación, 2) la calidad forrajera, 3) la duración del período de utilización, 4) la persistencia de leguminosas en pasturas consociadas y el aporte de nitrógeno (N) por fijación biológica, y 5) la producción agrícola al finalizar el período bajo pastura, ya que se recuperan las propiedades físicas y biológicas del suelo.

La inclusión de la práctica de fertilización en sistemas ganaderos debe ser decidida una vez que otros factores de manejo del rodeo y de los recursos forrajeros ya han sido considerados. Entre los factores de manejo de los recursos forrajeros deben evaluarse: la composición de la pastura, su productividad y distribución estacional, la sanidad (plagas y enfermedades), el estado nutricional del forraje y el sistema de pastoreo empleado.

En este artículo se discuten específicamente algunos aspectos relacionados con el manejo del fósforo (P) en la producción de pasturas de la región pampeana argentina.

## 1.- REQUERIMIENTOS DE FÓSFORO Y OTROS NUTRIENTES DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

Las especies forrajeras presentan diferentes requerimientos de nutrientes. En las Tablas 1 y 2 se indican requerimientos promedio de 12 nutrientes esenciales para algunas especies forrajeras obtenidos de numerosas referencias bibliográficas.

El balance de nutrientes de las pasturas, definido como la diferencia entre la cantidad extraída y aportada al sistema, depende en gran medida de la forma de aprovechamiento de los recursos forrajeros. En el caso de los sistemas de producción de forraje para corte, la extracción de nutrientes es muy importante, ya que se está cortando toda la planta y llevando ese material fuera de la pastura. Por ejemplo, la confección de 4 ton/ha de rollos de alfalfa extrae entre 100 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, alrededor de 9 a 14 kg P ha<sup>-1</sup> y de 72 a 100 kg K ha<sup>-1</sup>.

El aprovechamiento por pastoreo directo resulta en una menor extracción de nutrientes del sistema. Por ejemplo, para una producción de carne de 400 kg/ha, la extracción de P es del orden de 3 kg/ha (Tabla 3). Sin embargo, en sistemas intensivos de producción de carne o leche, el balance de nutrientes puede ser negativo si las dosis de aplicación de P son bajas. Por otra parte, en estos sistemas, el balance de P es afectado por los traslados de fertilidad fuera de la pastura: los nutrientes concentrados en las heces se acumulan en aguadas, callejones, e instalaciones del tambo (Díaz Zorita y Barraco, 2002). Los balances negativos de P en sistemas agrícolas y agrícola-ganaderos han resultado en la disminución de los niveles de P disponible en los suelos de la región pampeana (García, 2001; Díaz Zorita y Barraco, 2002).

Tabla 1. Requerimientos de macronutrientes y nutrientes secundarios expresados en kg/ton materia seca

Especie	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Calcio	Magnesio
	kg/ton MS					
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	25-30	2.2-3.3	18-25	2.5-5	11-12.5	2-3.7
Trébol Rojo ( <i>Trifolium pratense</i> )	22	2.7-3.2	27	5-6		
Trébol Blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	35	3.4	19			
Pasto Ovillo ( <i>Dactylis glomerata</i> )	25	3.6	23-25	2.2		2.2
Festuca ( <i>Festuca arundinacea</i> )	19	3.5-4	24-28	2	4.6	2
Raigrás ( <i>Lolium sp.</i> )	20-35	2.4-3.7	24-28	2-3	5-6	2

Tabla 2. Requerimientos de micronutrientes expresados en g/ton materia seca

Especie	Zinc	Boro	Cobre	Manganeso	Hierro	Molibdeno
	----- g/ton MS -----					
Alfalfa	15	25-30	7	25	30-50	0.1-1
Trébol Rojo		21-45	10-12			0.45
Festuca	26		14	62		0.7
Gramíneas		10-50	5-12			0.2-0.7

Tabla 3. Remoción de nutrientes en productos animales. (Mathews et al., 1996).

Nutriente	Carne	Leche
	g nutriente/kg carne	g nutriente/kg leche
Nitrógeno	27.2	0.6
Fósforo	6.8	1.0
Potasio	1.5	1.2
Azufre	1.5	0.4
Calcio	12.8	1.1
Magnesio	0.4	0.01

## 2.- EL FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PASTURAS

El P es absorbido del suelo como fosfato mono o diácido en solución y en la planta compone muchas enzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos. Como componente de los ácidos nucleicos participa de los procesos de transferencia genética. Como integrante del ADP y del ATP, participa en el almacenamiento y transferencia de energía en la planta. Posee un alto grado de recirculación interna, por lo que los órganos en proceso de senescencia poseen un menor contenido relativo de este elemento.

El fósforo es un nutriente fundamental para las pasturas consociadas porque afecta especialmente la producción de las leguminosas, que aportan N al sistema, y a las gramíneas que las acompañan. La producción y calidad de las pasturas está fuertemente asociada a la presencia de leguminosas, siendo muchas veces su desaparición la causante de la roturación de las praderas por baja productividad. Las leguminosas presentan, en general, una mayor demanda de P y respuesta a la fertilización que las gramíneas. El equilibrio entre ambos grupos de especies depende en gran medida de la disponibilidad de este elemento. Entre las leguminosas, la alfalfa, la especie forrajera de mayor área de implantación en la región pampeana, es altamente demandante en P (Berardo, 1996).

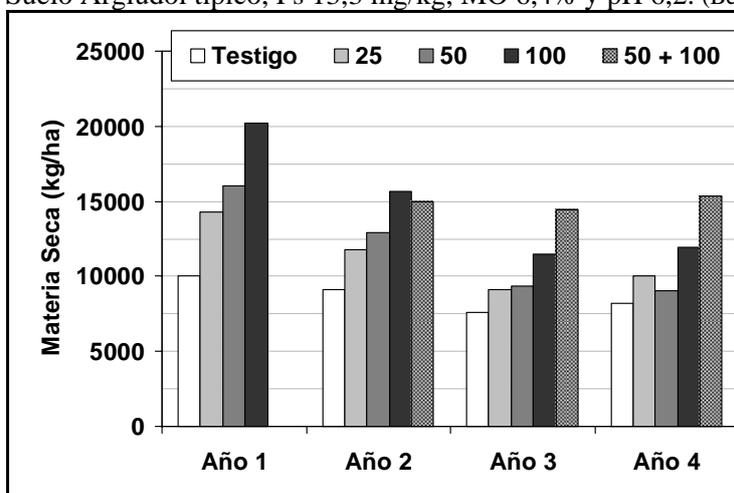
Numerosos ensayos realizados en los últimos años han demostrado que en suelos deficientes en P, las respuestas a la fertilización son elevadas y altamente rentables (Tabla 4) (ver revisión de García et al., 2002). A modo de ejemplo, las Fig. 1 y 2 muestran la producción de materia seca en ensayos realizados en alfalfa en el sudeste de Buenos Aires y en pasturas consociadas en Entre Ríos con distintos niveles de fertilización fosfatada a la siembra y con refertilizaciones anuales (Berardo y Marino, 1999; Quintero et al., 1995 y 1997).

Tabla 4. Eficiencia agronómica de uso del P aplicado en ensayos de fertilización realizados en la región pampeana argentina.

Recurso Forrajero	Zona	Comentarios	Dosis (kg P/ha)	Producción (kg MS/ha)	Eficiencia de Uso (kg MS/kg P)	Referencia
Pradera	Azul (Bs. As.)	Festuca y T. Rojo	16		294	Marchegiani y Satorre, 1981
Pastura	Oeste Entre Ríos	Base alfalfa L.corniculatus y festuca	0	4094		Quintero et al., 1995
			32	7321	100	
Pastura	Entre Ríos	Refertilización	0 16+8	9708 13371		Quintero et al., 1997
Pastura	Balcarce (Bs.As.)	3 años	0	9200		Berardo, 1996
			22	12970	171	
			44	17039	178	
Pastura	Balcarce (Bs. As.)	3 años 0 N con 100N	0	17792		Berardo, 1998
			50	24432	133	
			50	34743	274	
Alfalfa	Balcarce (Bs. As.)	Primer año Residual Año 2 Residual Año 3 Total 3 años	100		97	Berardo, 1998
					62	
					34	
					194	
Pastizal Natural	Cnel. Vidal (Bs.As.)	Fertilización en cobertura	20		70	Costa y García, 1997
Trébol rojo	Este Entre Ríos	20 meses	30		238	De Battista y Costa, 1998
			60		144	
Pastura	Este La Pampa	18 meses	0	17589		Duarte y Díaz Zorita, 2003
			67	23187	84	

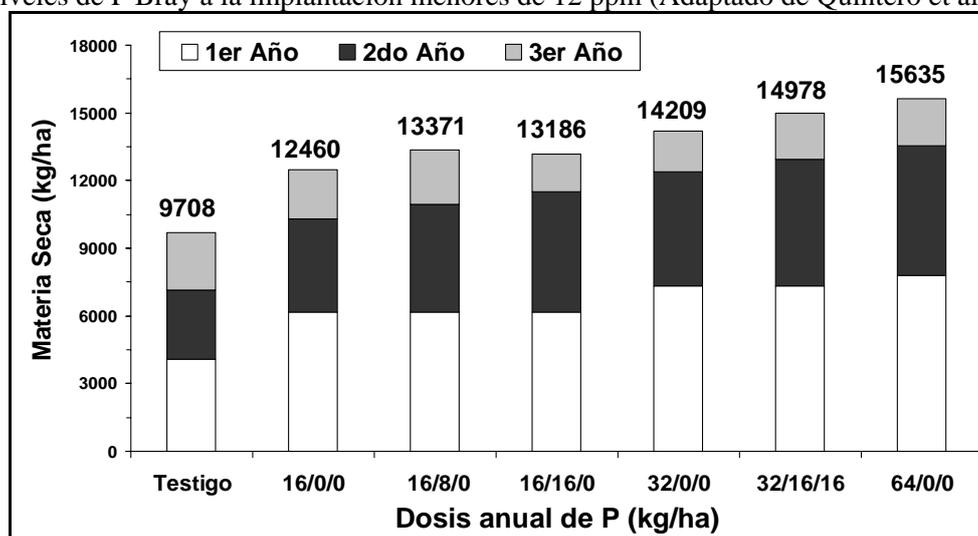
En alfalfa, la eficiencia de uso del P aplicado, acumulada para los 4 años, fue de 410, 246, 243 y 74 kg MS/kg P para los tratamientos de 25, 50 y 100 kg/ha de P a la siembra y el tratamiento con 50 kg/ha de P a la siembra y 100 kg/ha de P cada año, respectivamente (Fig. 1). Estos estudios permitieron estimar el umbral crítico de respuesta para la fertilización fosfatada de alfalfa en 26 ppm de P Bray 1, nivel similar a los encontrados en numerosas referencias de la bibliografía internacional. En este ensayo, la refertilización del tratamiento de 50 kg P/ha mejoró la producción respecto de la dosis de 50P, pero recién en el tercer año la refertilización del tratamiento de 50 kg P superó al de 100 kg P, mostrando un importante efecto residual del P aplicado.

Fig. 1. Producción de materia seca de alfalfa para 4 dosis de fertilización fosfatada a la siembra y una refertilización anual sobre el tratamiento de 50 kg P a la siembra (50+100) durante cuatro años en el Sudeste de Buenos Aires. Suelo Argiudol típico, Ps 13,3 mg/kg, MO 6,4% y pH 6,2. (Berardo y Marino, 1999).



En pasturas consociadas (base alfalfa o lotus y festuca) de Entre Ríos, la eficiencia de uso del P aplicado, acumulada en 3 años de evaluación, varió de 82 a 172 kg MS/kg P según las dosis de fertilización y refertilización (Fig. 2). Quintero et al. (1995) indican que, en estas condiciones, se debe alcanzar un nivel de P Bray en suelo de 23 ppm para lograr el 90% de la producción máxima de materia seca.

Fig. 2. Producción de materia seca acumulada en tres años en pasturas consociadas en Entre Ríos con diferentes tratamientos de fertilización fosfatada a la siembra y refertilización al segundo o tercer año. Promedios de 9 ensayos con niveles de P Bray a la implantación menores de 12 ppm (Adaptado de Quintero et al., 1995 y 1997).



### 3. DIAGNÓSTICO Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

La información generada en los ensayos de fertilización permite orientar la recomendación de aplicación de P en alfalfa, pasturas consociadas y gramíneas según nivel de P Bray 1 en el suelo, tal como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Recomendaciones orientativas de fertilización fosfatada para alfalfa, pasturas consociadas y gramíneas según nivel de P Bray 1 en el suelo.

Nivel P Bray ppm	Valoración agronómica	Alfalfa	Pasturas consociadas	Gramíneas
		----- kg P/ha -----		
< 5	Muy bajo	100 – 125	75 – 100	50 – 75
6 – 10	Bajo	75 – 100	50 – 75	25 – 50
11 – 15	Medio bajo	50 – 75	25 – 50	10 - 25
16 – 20	Medio alto	25 – 50	10 - 25	-
21 – 30	Alto	10 - 25	-	-
> 30	Muy alto	-	-	-

Las fertilizaciones fosfatadas presentan un importante efecto residual, manifestándose sus efectos sobre la producción de la pastura por un período mínimo de dos a tres años (Berardo, 1996 y 1998; Duarte y Díaz Zorita, 2003). Este efecto residual se debe a las características de la dinámica del P en el sistema suelo - planta y a su baja movilidad, y varía según el tipo de suelo (contenido de arcilla, mineralogía, materia orgánica) y sistema de manejo (rotación, especies, pastoreo o cortes).

La refertilización de pasturas en años siguientes a la implantación debe decidirse teniendo en cuenta los efectos residuales de fertilizaciones previas, el nivel de P disponible en el suelo y la composición botánica y número de plantas de la pastura. En suelos de baja disponibilidad de P, las aplicaciones de altas dosis a la siembra suelen resultar en mayores eficiencias de uso del P aplicado con respecto a la misma dosis de aplicación dividida en 2 ó 3 años. Un buen ejemplo de esta situación se ve en la Fig. 2 donde el tratamiento con 32 kg de P a la siembra superó a la fertilización de 16 kg de P en el primero más 16 kg de P en el segundo año. Similares resultados encontraron Bono et al. (1997) en pasturas consociadas de alfalfa, festuca y cebadilla en el este de La Pampa.

Para decidir las dosis de refertilización, se pueden utilizar niveles críticos de P disponible en el suelo inferiores en 2-3 ppm a los considerados en fertilizaciones a la implantación debido a que las plantas ya tienen su sistema radicular desarrollado lo que les permite absorber P de un volumen mayor de suelo (Bordoli, 1998).

En lo que hace a fuentes de P, en suelos de pH mayor de 6, se recomienda usar fuentes de P solubles tales como superfosfato triple (SFT) o fosfatos mono y diamónico (FMA y FDA) ya que las rocas fosfóricas son de

muy baja solubilidad a estos niveles de pH del suelo. En suelos con pH menor de 6, la comparación de fuentes solubles (SFT, FMA, FDA) con rocas fosfóricas de menor solubilidad demuestra que, en general, la eficiencia de uso es mayor para los fertilizantes solubles durante el primer año, pero el efecto residual de la roca es más prolongado por su menor solubilidad (Berardo y Marino, 2000).

En cuanto a la forma de aplicación, con dosis bajas de fertilización y/o niveles de P en suelo bajos, la aplicación al voleo a la implantación es menos eficiente que la aplicación en bandas a la siembra, pero esta diferencia desaparece a medida que se incrementan las dosis y/o la disponibilidad de P en suelo (Marchegiani y Satorre, 1981). En refertilizaciones, la eficiencia de la aplicación al voleo es generalmente adecuada porque la uniforme distribución superficial de raíces facilita la absorción de P.

#### 4. INTERACCIÓN DE P CON OTROS NUTRIENTES

El plan de fertilización debe considerar todos los nutrientes, a fin de lograr una nutrición balanceada. Una vez cubiertas las necesidades de un nutriente, otro nutriente puede presentarse como deficiente. De allí, la importancia de efectuar el análisis completo de suelos, el seguimiento del cultivo y, en muchas ocasiones, el análisis foliar.

La interacción de N con P ha sido observada en numerosos ensayos de fertilización de pasturas consociadas (Bono et al., 1997; Berardo, 1998; Duarte y Díaz Zorita, 2003). La mayor disponibilidad de N favorece a las gramíneas sobre las leguminosas y, por el contrario, la mayor disponibilidad de P favorece a las leguminosas sobre las gramíneas.

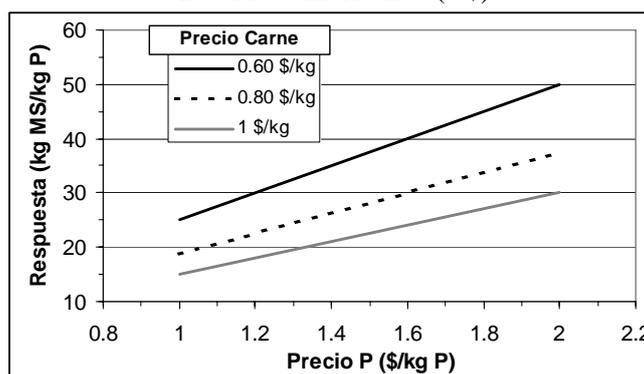
Las deficiencias de azufre (S) generalmente se presentan en suelos arenosos de bajo contenido de materia orgánica y en suelos degradados con disminuciones marcadas de la fracción orgánica. En el oeste de Buenos Aires y este de La Pampa, sobre suelos Hapludoles, se han observado respuestas significativas a la aplicación de S en pasturas consociadas y alfalfares puros (Díaz Zorita y Fernandez Caniggia, 1998; Carta et al., 2001; Duarte y Díaz Zorita, 2003). Los efectos se han observado tanto en la producción de materia seca como también, en el caso de alfalfa, en el número de nódulos de *Rhizobium*.

Entre las forrajeras, la alfalfa es el cultivo más sensible a la acidez del suelo. Se obtienen altos rendimientos cuando el pH es de 6.5 o superior ya que mejora la nodulación y se logra un mejor establecimiento, persistencia y desarrollo del cultivo. En el Centro Este de Santa Fe, se determinó una marcada interacción entre la fertilización fosfatada y la enmienda cálcica en alfalfa con respuestas en producción de materia seca de hasta 400% sobre el tratamiento testigo (Vivas, 1999). Experiencias realizadas en 9 de Julio (Buenos Aires) por Carta y colaboradores (1998), muestran respuestas del orden de 1400 a 4100 kg MS/ha con distintas dosis de cal para una pastura en el año de implantación sobre un suelo Hapludol de pH 5.8 y materia orgánica 3.4%.

#### 5. ECONOMÍA DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

A partir de los precios del insumo (fósforo), de los productos (carne o leche) y la eficiencia de conversión de la materia seca (kg materia seca por kg de carne o leche), se pueden evaluar económicamente las alternativas de fertilización en función de la probabilidad de respuesta. La Fig. 3 indica la relación entre el precio de P y la respuesta de indiferencia expresada en kg MS/kg P aplicado para distintos precios de carne. Así, si trabajamos con P a U\$1.60 por kg y carne a U\$0.80 por kg, se obtendrán márgenes de ganancia positivos si la respuesta es mayor de 30 kg MS por kg de P aplicado. Es decir, que las eficiencias agronómicas reportadas en la Tabla 4 serían altamente rentables. En este análisis, se utilizaron eficiencias de conversión de 15 kg MS por kg de carne. Los costos de aplicación de los fertilizantes pueden incluirse en el precio del P.

Fig. 3. Respuesta de indiferencia en kg MS por kg de P aplicado en función de precios variables de P y carne. La eficiencia de conversión considerada es de 15 kg MS por kg de carne. Los precios están expresados en dólares americanos (U\$).



## 6. CONCLUSIONES

- ◆ El fósforo es un nutriente fundamental para las pasturas consociadas porque afecta especialmente la producción de las leguminosas, que aportan N al sistema, y a las gramíneas que las acompañan.
- ◆ Entre las leguminosas, la alfalfa, la especie forrajera de mayor área de implantación en la región pampeana, es altamente demandante en P.
- ◆ Numerosos ensayos realizados en los últimos años han demostrado que en suelos deficientes en P, las respuestas a la fertilización son elevadas y altamente rentables.
- ◆ La recomendación de fertilización se decide en función del nivel de P disponible en el suelo y de las especies forrajeras a implantar.
- ◆ Las fertilizaciones fosfatadas presentan un importante efecto residual en la producción de pasturas, manifestándose el mismo por un período mínimo de dos a tres años.
- ◆ La refertilización de pasturas en años siguientes a la implantación debe decidirse teniendo en cuenta los efectos residuales de fertilizaciones anteriores, el nivel de P disponible en el suelo y la composición botánica y número de plantas de la pastura.
- ◆ El plan de fertilización debe considerar todos los nutrientes, a fin de lograr una nutrición balanceada.

## 7. REFERENCIAS

- Berardo A. 1996. La fertilización fosfatada y nitrogenada de las pasturas y sus efectos en distintos sistemas de producción. Pp. 173-182. En: Fertilización de cultivos extensivos y forrajeras. Seminario de Actualización Técnica, CPIA y SRA. Buenos Aires.
- Berardo A. 1998. Fertilización de pasturas. En 5° Seminario de Actualización Técnica CPIA-SRA. Buenos Aires.
- Berardo A. y M. A. Marino. 1999. Fertilización fosfatada de alfalfa en el sudeste bonaerense. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. No. 4:4-6. INPOFOS Cono Sur.
- Berardo A. y M. A. Marino. 2000. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense: I. Pasturas consociadas. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS. Mar del Plata, Buenos Aires.
- Bono A., D.E. Buschiazzo, P. Lescano, J. C. Montoya y F. J. Babinec. 1997. Fertilización de una pastura con nitrógeno, fósforo y azufre en un Haplustol éntico de la Pampa (Argentina). *Ciencia del Suelo* 15:95-98
- Bordoli J.M. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. En: Jornada de Fertilización en cultivos y pasturas. INTA Concepción del Uruguay, Entre Ríos.
- Carta H., L. Ventimiglia y S. Rillo. 1998. Encalado de trigo con pasturas. *Agromercado*, Año 12, No. 139, p. 68-71.
- Carta H., L. Ventimiglia y S. Rillo. 2001. Evaluación de la fertilización con fósforo y azufre en alfalfa. En L. Ventimiglia et al. (ed.). Experimentación en campos de productores, Campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina.
- Costa J.L. y García F.O. 1997. Respuesta de un pastizal natural a la fertilización con P y N en un natracuol. *RIA*, 28 (2):31-39.
- De Battista J. P. y M.C. Costa. 1998. Efecto de la fertilización fosfatada y la frecuencia de defoliación sobre la producción y calidad del trébol rojo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18 Sup. 1 p. 192-193.
- Díaz Zorita M. y M. Barraco. 2002. ¿Cómo es el balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana? *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 13:8-11. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Díaz Zorita M. y M.V. Fernandez Canigia. 1998. Azufre y nitrógeno en la implantación de pasturas perennes en la región de la pampa arenosa argentina. *Ciencia del Suelo* 16:103-106.
- Duarte G. y M. Díaz Zorita. 2003. Fertilización de pasturas en la región de la pampa arenosa. Resultados de la campaña 2001/02. *Agromercado* No. 73, Cuadernillo Forrajeras. Pp. 4-7.
- García F. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 9:1-3. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- García F., F. Micucci, G. Rubio, M. Rufo 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. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. ISBN 987-20486-0-6. 76 pag.
- Marchegiani G.J. y O.V. Satorre. 1981. Fertilización fosfórica aplicada en líneas y en cobertura en la implantación de una pastura. *Producción Animal* 8:262-269.
- Mathews B., L. Sollenberger y J. Tritschler. 1996. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures – Soil considerations. In Proceedings “Nutrient cycling in forage systems”. R. Joost y A. Craig (ed.). PPI-FAR. pp. 213-229.
- Quintero, C. N.G. Boschetti y R.A. Benavidez. Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos. 1995. *Ciencia del Suelo* 13:60-65
- Quintero C., N.G. Boschetti y R.A. Benavidez. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos. *Ciencia del Suelo* 15: 1-5.
- Vivas H. 1999. Alfalfa: Influencia del calcio en la eficiencia de la fertilización fosfatada. Departamentos Las Colonias y Capital (Santa Fe). *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. No. 4:7. INPOFOS Cono Sur.

[Volver a: Fertilización pasturas](#)