

# Dosis y momento de aplicación de fósforo por zonas de manejo en maíces tardíos del sur de Córdoba

R. Naville\*, C. Cerliani, G. Balboa, G. Martínez Bologna, y G. Espósito

Facultad de Agronomía y Veterinaria, Univ. Nac. de Río Cuarto

\*Contacto: rafael\_naville@hotmail.com; Rioja 1280 (5800) Río Cuarto, Córdoba

## INTRODUCCIÓN

La región Pampeana Argentina ha sufrido un progresivo deterioro en la fertilidad de sus suelos a lo largo de su historia agrícola. Para los rendimientos obtenidos, la extracción realizada por los cultivos de grano, según García (2000) arrojan un balance de nutrientes en términos físicos y económicos negativo. Este resultado adquiere singular importancia en el caso del fósforo (P), ya que prácticamente la fertilización es su única vía de entrada al sistema (Vázquez, 2002). Adicionalmente, es un nutriente de elevada residualidad (Berardo, 2003), y baja eficiencia de recuperación cuando es agregado vía fertilización (Gutiérrez Boem et al., 2002).

Los suelos de la región Pampeana, presentan diferencias marcadas en cuanto a sus propiedades físicas y químicas (Alesso et al., 2012). Por esta razón, se considera que para ser eficientes en el manejo de los recursos y producir a gran escala, es necesario caracterizar ambientes dentro de un lote o un establecimiento. La Agricultura de precisión (AP) contribuye de diversas maneras a dicha eficiencia y a la sustentabilidad de la agricultura (Bongiovanni, 2001).

La fertilización con dosis variables de N es una de las aplicaciones que más ha despertado interés a nivel productivo, comercial y de investigación. Por el contrario, la aplicación de P tradicionalmente se realiza con una dosis única y uniforme en todo el lote. Considerando la alta variabilidad de P que se puede encontrar en la mayoría de los suelos agrícolas, las aplicaciones uniformes pueden tender a sobre-fertilizar algunas áreas y sub-fertilizar otras (Bermudez, 2011).

En la actualidad existen diversos trabajos de la respuesta del cultivo de maíz a fertilización fosforada a escala de lote (Andrade et al., 1996; Fontanetto, 1993; García et al., 1997; Melgar y Caamaño, 1997; Gutiérrez Boem et al., 2010; Ferraris et al., 2008) pero es escasa la información disponible a escala sitio específico. Por otro lado considerando el creciente interés en técnicas de manejo de cultivo para “maíces tardíos”, es

necesario incrementar los estudios de respuesta al P en siembras tardías (Bert y Satorre, 2012).

Finalmente, debido a la importancia de generar información actualizada sobre el cultivo de maíz en la región de Río Cuarto, se plantea esta línea de estudio con el objetivo de evaluar la respuesta del maíz tardío a la aplicación de P en distintos momentos y por zonas de manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en la campaña 2012-13, uno se ubicó en cercanías de la localidad de Chaján (Córdoba) sobre un lote con relieve plano con suelo serie El Yará; el otro se condujo en cercanías de la localidad de Cuatro Vientos (Córdoba) sobre un lote con relieve ondulado con suelo serie La Aguada en la loma y La Invernada en el bajo. La siembra de los ensayos se realizó a mediados del mes de diciembre en secano, sobre un antecesor de soja de primera, bajo siembra directa con surcos distanciados a 0.525 m y densidad de 54 000 pl ha<sup>-1</sup>. utilizando el híbrido DK 190 MG RR2 en ambos sitios. Los cultivos se mantuvieron libre de plagas, malezas y enfermedades. El diseño experimental fue en parcelas divididas, donde el factor principal fue la dosis de P en voleo anticipado (0 y 30 kg ha<sup>-1</sup> P), y el factor secundario fue la dosis de P a la siembra (0,16, 32 y 48 kg P ha<sup>-1</sup>) aplicada debajo y al costado de la semilla, ambos casos bajo la forma de fosfato diamónico (FDA, 18-20-0). Cada tratamiento se dispuso, cruzando zonas de manejo (ZM), de 8.4 metros de ancho por 720 m de largo. Todos los tratamientos fueron fertilizados con 50 kg ha<sup>-1</sup> de N como nitrato de amonio calcáreo (CAN, 27-0-0) en el estadio V6 (Ritchie y Hanway, 1982).

De acuerdo a lo propuesto por Inman et al. (2005) el ajuste de las dosis económicamente óptima puede ser determinado por zonas de manejo sectorizadas mediante análisis de la productividad espacial. Por ese motivo, se realizó una zonificación ambiental a nivel de lote en ZM, empleando para ello mapas de rendimiento de campañas

anteriores. La zonificación se realizó empleando el programa de computación Management Zone Analyst (MZA, Mizzou-ARS, 2000).

En cada lote elegido para realizar el ensayo, se tomaron muestras de suelo, dirigidas en cada ZM. Los muestreos se realizaron previo al momento en que se voleó el P, a las profundidades de 0-20 cm. En cada muestra se evaluó P extractable (Bray y Kurtz, 1945) y zinc (Zn) extractable (DTPA).

Las franjas se recolectaron con una cosechadora con monitor de rendimiento de cultivos y capacidad de georeferenciación mediante GPS, con la cual se elaboró el mapa de rendimiento, corregido a humedad comercial, de cada una de las franjas. Posteriormente, estos mapas de rendimiento se procesaron mediante el programa Quantum Gis Wroclaw (Quantum GIS Development Team, 2011).

Finalmente, el análisis estadístico del factor principal se realizó a través de un modelo que considera la variabilidad espacial mediante una función exponencial isotrópica, realizando la estimación de los parámetros por modelos lineales generales y mixtos. Para el análisis estadístico del factor secundario se utilizó el modelo de econometría espacial, que considera la estructura espacial de los datos (autocorrelación espacial y heterocedasticidad) en los modelos de regresión (Anselin, 1999). El análisis de regresión se realizó con una aplicación especializada para el trabajo con datos espaciales georeferenciados llamado OpenGeoDa 0.9.8.8 (GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, Arizona State University.).

El modelo denominado de error espacial autoregresivo (SAR), utiliza la metodología de máxima verosimilitud para la determinación de los campos de interés y parámetros estadísticos. Dicho modelo asume que la variable dependiente no está correlacionada por sí misma, sino que es el error de muestreo aleatorio el que está correlacionado. Matemáticamente se expresa según la Ecuación [1]:

$$Y=X\beta+\varepsilon \quad [\text{Ec. 1}]$$

donde Y es el vector (n por 1) de observaciones de la variable rendimiento, X es la matriz de observaciones de las variables independientes (dosis de FDA y ZM),  $\beta$  es el vector de parámetros estimados, y  $\varepsilon$  es el término de error espacial, obtenido mediante la Ecuación [2]:

$$\varepsilon=\lambda W\varepsilon+\mu \quad [\text{Ec. 2}]$$

donde  $\mu$  es el error de muestreo aleatorio que sigue una especificación autoregresiva espacial (SAR) con un coeficiente autoregresivo  $\lambda$  (lambda), corregido también por la matriz de ponderadores espaciales (W).

La respuesta del maíz al P se modeló como un polinomio múltiple de segundo grado por cada ZM (Ecuación [3]) y para cada momento de fertilización (Ecuación [4]).

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 P_f + \beta_2 P_f^2 + \beta_3 ZM + \beta_4 P_f \times ZM + \beta_5 P^2 \times ZM + \varepsilon_{ij} \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 P_f + \beta_2 P_f^2 + \beta_3 V + \beta_4 P_f \times V + \beta_5 P^2 \times V + \varepsilon_{ij} \quad [\text{Ec. 4}]$$

donde  $Y_{ij}$  es el rendimiento del maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) por cada punto  $ij$  del monitor de rendimiento,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  y  $\beta_5$ , son los parámetros de la ecuación de regresión,  $P_f$  es la dosis de FDA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), ZM y V se refieren a las variables “dummy” para cada zona de manejo y cada momento de fertilización respectivamente, y  $\varepsilon_{ij}$  es el término de error de la regresión por cada ubicación (Gregoret et al., 2011).

Para obtener en cada ZM y cada momento de fertilización la dosis óptima de FDA o la cantidad del nutriente necesario para alcanzar el máximo retorno económico a la fertilización con P (DOEP), se realizó una optimización tradicional de las ecuaciones [3] y [4] según Dillon y Anderson (1990), dando como resultado las Ecuaciones [5] y [6]:

$$DOEP = \frac{\left(\frac{P_p}{P_{maiz}}\right) - \beta_1 ZM}{2\beta_2 ZM} \quad [\text{Ec. 5}]$$

$$DOEP = \frac{\left(\frac{P_p}{P_{maiz}}\right) - \beta_1 V}{2\beta_2 V} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde,  $P_{maiz}$  es el precio del maíz a obtener por un productor agrícola de la zona de Río Cuarto al momento de cosecha según cotización de la Bolsa de Cereales de Rosario, estimado en  $0.115 \text{ US\$ kg}^{-1}$ ,  $P_p$  es el precio del FDA puesto en campo según precio comercial de la zona de Río Cuarto, estimado en  $0.74 \text{ US\$ kg}^{-1}$ . DOEP es la dosis óptima económica de P según ZM. La

relación de precios entonces quedó establecida en 6.43 kg de maíz para comprar 1 kg de producto FDA (equivalente a 32.15 kg de maíz para comprar 1 kg de P elemento).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Zonas de manejo

Mediante la zonificación realizada se establecieron dos zonas de manejo claramente diferenciadas en ambos sitios experimentales (**Figura 1**), alta producción (AP) y baja producción (BP). El muestreo de suelos indicó que en Chaján el P extractable (0-20 cm) fue de 7.35 y 11.25 mg kg<sup>-1</sup> y el nivel de Zn fue 0.18 y 0,22 mg kg<sup>-1</sup>. en AP y BP respectivamente. En Cuatro Vientos el análisis de suelo indicó un P extractable de 9.35 y 5.90 mg kg<sup>-1</sup> y Zn de 0.93 y 0.67 mg kg<sup>-1</sup> en AP y BP respectivamente. Estos resultados indican que la disponibilidad de P y Zn es muy baja en ambos sitios y ZM, principalmente el Zn en Chaján.

No obstante, para los ensayos realizados en este estudio no se detectó efecto de la ZM sobre el rendimiento de maíz (**Tabla 1**, significancia de los parámetros  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  y  $\beta_5$ ), esto podría explicarse por la fecha de siembra empleada ya que estudios previos realizados en la región indican que el efecto que produce las ZM sobre el rendimiento solo se detecta en siembras tempranas (Espósito et al., 2012; Martínez Bologna et al., 2014; Cerliani et al., 2014).

### Efecto de la fertilización fosforada sobre el rendimiento de maíz.

En ambos sitios experimentales se observó respuesta a la aplicación de P independientemente del momento y forma de aplicación (**Tabla 2**). Este tipo de respuesta varió en función de los distintos sitios y formas de aplicación del fertilizante fosforado (**Figura 2 a y b**).

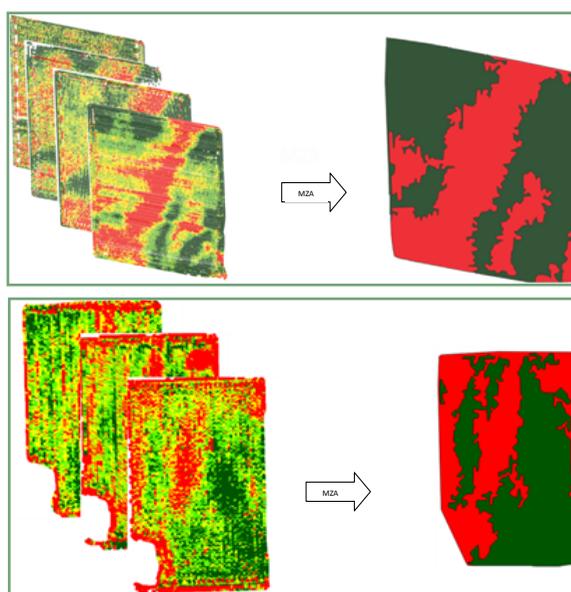


Figura 1. Mapas de Rendimiento (izquierda) y Zonificación mediante MZA (derecha) de los sitios Cuatro Vientos (arriba) y Chaján (abajo).

Tabla 1. Parámetros obtenidos del análisis estadístico de cada ensayo en los dos sitios para verificar la respuesta a ZM

	Chaján				Cuatro Vientos			
	Voleado		Bandas		Voleado		Bandas	
	Parámetro	SE	Parámetro	SE	Parámetro	SE	Parámetro	SE
$\beta_0$	7993.77	**	6952.86	**	6995.57	**	6679.9	**
$\beta_1P$	-3.58	ns	0.941	ns	15.52	**	5.292	*
$\beta_2P^2$	0.0079	Ns	-0.017	*	-0.053	**	-0.0061	ns
$\beta_3ZM$	82.77	Ns	-29.67	ns	3.819	ns	163.89	ns
$\beta_4ZMP$	0.7	ns	-0.128	ns	0.769	ns	-0.429	ns
$\beta_5ZMP^2$	-0.006	ns	-0.001	ns	-0.004	ns	0.0001	ns
Lambda	0.7	**	0.899	**	0.92	**	0.86	**
R <sup>2</sup>	0.6		0.83		0.929		0.78	

$\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , parámetros medios de la ecuación de regresión 3.  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  y  $\beta_5$ , corrimiento de los parámetros para cada zona de manejo. SE, nivel de significancia estadística. \* y \*\*, diferencias estadísticas al 5 y al 1 % de probabilidad. ns, no significativo. Lambda, coeficiente auto regresivo espacial (Anselin et al., 2011).

En cuanto al efecto del P aplicado como FDA al momento de la siembra sobre el rendimiento, el mismo presentó respuesta negativa en el sitio Chaján, observándose un efecto aditivo del P

voleado invernal (Tabla 3, significancia del parámetro  $\beta_3$ ) y, siendo éste un 11.6% superior con respecto al tratamiento en bandas a la siembra (Figura 2).

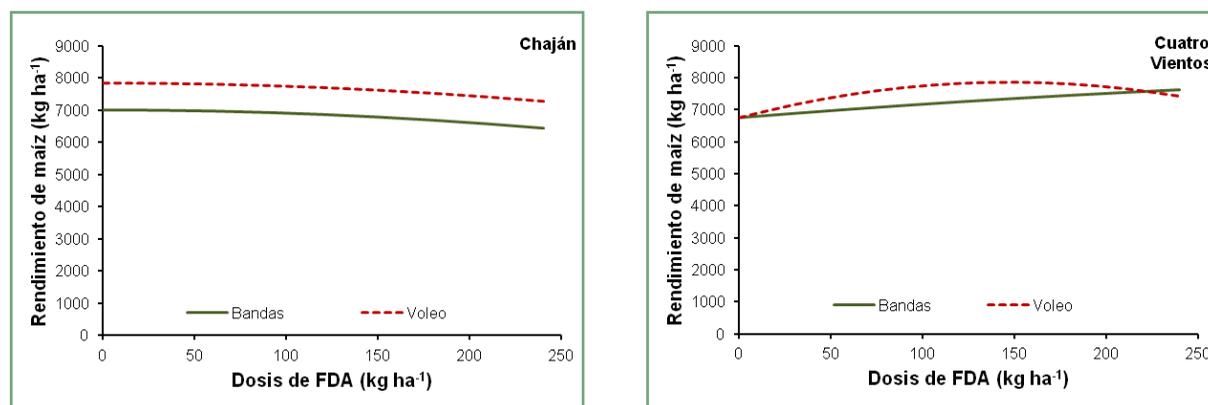


Figura 2. Rendimiento del maíz, en función de distintas dosis de FDA aplicada a la siembra para los tratamientos voleado en invierno (línea punteada) y en bandas a la siembra (línea llena).

Tabla 2. Rendimiento de maíz en kg ha<sup>-1</sup> según aplicación de P voleado en el invierno y en bandas a la siembra.

Voleo anticipado, kg ha <sup>-1</sup> P	Bandas a la siembra, kg ha <sup>-1</sup> P	Rendimiento, kg ha <sup>-1</sup>	
		Sitio Cuatro Vientos	Sitio Chaján
0	0	6471	7019
	16	7090	6957
	32	7244	6878
	48	7627	6454
30	0	6741	7836
	16	7628	7773
	32	7823	7695
	48	7418	7271

Tabla 3. Parámetros obtenidos del análisis estadístico de cada ensayo en los dos sitios para verificar la respuesta al Voleo y la interacción con FDA a la siembra.  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , son parámetros medios de la ecuación de regresión 3.  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  y  $\beta_5$ , corrimiento de los parámetros para el factor voleo. SE, nivel de significancia estadística. \* y \*\*, diferencias estadísticas al 5 y al 1 % de probabilidad. ns, no significativo. Lambda, coeficiente auto regresivo espacial (Anselin et al., 2011).

	Voleo			
	Chaján		Cuatro Vientos	
	Parámetro	SE	Parámetro	SE
$\beta_0$	7428.163	**	6741.35	**
$\beta_{1P}$	0.2938	ns	9.95	**
$\beta_{2P^2}$	-0.009810	*	-0.027	**
$\beta_{3V}$	408.219	**	142.37	ns
$\beta_{4VP}$	-0.197	ns	5.26	**
$\beta_{5VP^2}$	0.0046	ns	-0.023	**
Lambda	0.84	**	0.97	**
R <sup>2</sup>	0.812		0.899	

En el sitio Cuatro Vientos se detectó interacción entre el momento de aplicación y la dosis empleada del P sobre el rendimiento (**Tabla 3**, significancia de los parámetros  $\beta_4$  y  $\beta_5$ ). En este sentido, la respuesta a la aplicación de FDA fue de tipo óptimo para el tratamiento voleado mientras que para la aplicación en bandas la respuesta fue lineal y positiva con menores valores de producción en dosis medias y similares rendimientos en las dosis extremas (**Figura 1b**).

Estas diferencias encontradas entre sitios, en cuanto al tipo de respuesta a la fertilización fosforada, podrían deberse a los diferentes niveles de Zn determinado al momento de la siembra. En ambos experimentos los niveles de este nutriente (0.2 y 0.8 mg Zn kg suelo<sup>-1</sup> para Chaján y Cuatro Vientos, respectivamente) son inferiores a valor crítico en maíz de 1 mg Zn kg suelo<sup>-1</sup> (Ratto, 2006). En el sitio Chaján la deficiencia de Zn es muy probable y por lo tanto cabría esperarse que la fertilización con P incorporada al momento de la siembra usando FDA acentúe dicha deficiencia, debido a diferentes mecanismos por los cuales el P puede dificultar la absorción y el transporte de Zn en la planta (Malavolta, 2006).

### Optimización agronómica y económica de la fertilización fosforada

En el sitio Chaján, tanto la DOAP (para maximizar producción) como la DOEP (maximizar retorno económico) fueron iguales a 0. Ello se debe a que el tipo de respuesta matemática observada fue negativa. Contrariamente en el sitio Cuatro Vientos se destaca claramente que en el tratamiento sin voleo invernal la respuesta a la aplicación de FDA fue lineal (**Figura 2**) y por lo tanto la dosis óptima agronómica (DOAP) fue aquella dosis máxima evaluada, es decir 240 kg ha<sup>-1</sup> permitiendo obtener 7627 kg ha<sup>-1</sup> de maíz. Por el contrario en el tratamiento con voleo invernal la DOAP fue de 146 kg ha<sup>-1</sup> de FDA, mientras que la DOEP fue 86 kg ha<sup>-1</sup> (**Tabla 4**).

Tabla 4. Dosis óptima agronómica (DOA) y dosis óptima económica (DOE) de P como kg de FDA para dos sitios experimentales (Córdoba).

	Chaján		Cuatro Vientos	
	DOAP	DOEP	DOAP	DOEP
	kg FDA ha <sup>-1</sup>			
Bandas	0	0	240	0
Voleado	0	0	146	86

En resumen, la DOEP como FDA aplicado incorporado al momento de la siembra, fue en Cuatro Vientos de 0 y 86 kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento en bandas a la siembra y el voleado anticipado en invierno, respectivamente. Mientras que en Chaján para ambos casos fue de 0 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, es factible otro análisis económico de estas estrategias de fertilización para la relación de precios propuesta (27.74 kg maíz kg P<sup>-1</sup>). El voleo de P durante el invierno tuvo un costo de 95.7 US\$ ha<sup>-1</sup> mediante el cual se lograron incrementos significativos de rendimiento de 953 y 916 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual representa un ingreso adicional de 109.60 y 105.34 US\$ ha<sup>-1</sup>, con un margen de 13.9 y 9.54 US\$ ha<sup>-1</sup>, para los sitios Chaján y Cuatro Vientos, respectivamente. De este modo se considera que la fertilización al voleo de P fue una práctica conveniente en términos económicos.

### CONCLUSIÓN

Los datos experimentales permiten concluir que realizar voleos anticipados de P es conveniente agronómica y económicamente. Por otra parte, si bien son necesarias más evidencias, la combinación de dosis altas de P en bandas a la siembra con niveles muy bajos de Zn en el suelo pueden acentuar la deficiencia del micronutriente y limitar la respuesta a P si no se corrige mediante fertilización con Zn.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alesso, C., M. Pilatti, S. Imhoff y M. Grilli.** 2012. Variabilidad espacial de atributos químicos y físicos en un suelo de La Pampa llana Santafesina. En: Ciencia del suelo vol.30 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires jul. 2012.
- Andrade, F., A. Cirilo, S. Uhart, y M. Otegui.** 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa-Dekalb Press. Buenos Aires, Argentina.
- Anselin, L.** 1999. Spatial Econometrics. Staff paper. Bruton Center, School of Social Sciences, University of Texas at Dallas, Richardson. 31 pp.
- Berardo, A.** 2003. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. En: Simposio "El Fósforo en la Agricultura Argentina". Inpofos Cono Sur, Rosario, Argentina. pp 38-44.
- Bermudez, M.** 2011. Cómo llevar a la práctica en gran escala el manejo sitio-específico de N y P. Simposio Fertilidad 2011. Rosario-Santa Fé, Argentina. p: 47-54
- Bongiovanni, R.** 2001. Agricultura de Precisión y Sustentabilidad. En: 7° Congreso Nacional del Maíz. Pergamino, Argentina.
- Bray, R., y L.T. Kurtz.** 1945. Determination of total,

organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.

**Cerliani, C., M.F. Gomez, R. Naville, G. Balboa, y G. Espósito.** 2014. Densidad de siembra optima de maíz (zea mays) ajustada por zonas de manejo. En: X Congreso Nacional de Maíz. Rosario, Argentina

**Dillon, J., y J. Anderson.** 1990. The analysis of response in crop and livestock production. Pergamon Press, New York (EUA). p: 250.

**Espósito, G., G. Balboa, C. Castillo, R. Balboa, y A. Degioanni.** 2012. Fecha de siembra y fertilización variable de maíz sobre Haplustoles de Córdoba. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino y Latino Americano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina.

**Ferraris, G., F. Mousegne, et al.** 2008. Efecto aditivo del agregado de diferentes nutrientes en maíz en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. En: IV Jornada de Maíz INTA EEA Pergamino-AIANBA. 14 pp.

**Fontanetto, H.** 1993. Efecto del método de aplicación del fertilizante fósforico en maíz a dos niveles de disponibilidad hídrica. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

**García, F., K. Fabrizzi, M. Ruffo, y P. Scarabicchi.** 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. En: VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires. Argentina.

García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Jornada de actualización técnica para profesionales "Fertilidad 2000", INPOFOS, Rosario. pp 40-43

**Gregoret, M.C., M. Díaz Zorita, J. Dardanelli, y R. Bongiovanni.** 2011. Regional model for site-specific corn nitrogen fertilization rainfed in Haplustolls of the central pampas, Argentina. *Precision Agriculture.* 12(6): 831-849.

**Gutiérrez Boem, F., J. Scheiner, L. Martín, y R. Lavado.** 2002. Respuesta del cultivo de soja a la fertilización fosforada y nitrogenada. En: XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del suelo: 16-19.

**Gutierrez Boem F., F. Garcia, y M. Boxler.** 2010 ¿Qué tan distintos son los niveles críticos de fósforo disponible para soja, maíz y trigo? En: Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Rosario, Santa Fe.

**Inman, D.J., R. Khosla, y D.G. Westfall.** 2005. Nitrogen uptake across sitespecific management zones in irrigated corn production systems. *Agron. J.* 97:169-176

**Malavolta, E.** 2006. Relación entre el fósforo y el zinc. *Informaciones Agropecuarias.*

**Martínez Bologna, G., S. Castro, C. Cerliani, G. Balboa, R. Naville, y G. Espósito.** 2014. Densidad de siembra de maíz asociada a la variabilidad espacial del suelo. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". 5 al 9 de mayo de 2014. Bahía Blanca. Buenos Aires. Argentina.

MZA. 2000. Management Zone Analyst. Version 1.0.1.

University of MissouriColumbia & Agricultural Research Service of the United States Department of Agriculture.

**Melgar R., y A. Caamaño.** 1997. Fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada. *Revista Agromercado.* Cuadernillo de Maíz. Año II N° 12, pp:14-15.

**Quantum GIS Development Team.** 2011. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

**Ratto, S.E.** 2006. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. En: *Micronutrientes en la agricultura.* Ed. Vazquez M. AAC.S.:79-112.

**Ritchie S.W., y J.J. Hanway.** 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Special Report 48. Weiss, M.; Baret, F.; Smith, G.J.; Jonckheered, I. and Coppin, P. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, part II: Estimation of LAI, errors and sampling. *Agric. and For. Met.,* 121: 37-53.

**Vázquez, M.** 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. *Informaciones agronómicas del Cono Sur.* Edición especial sobre el simposio "Enfoque sistémico de la fertilización fosforada", XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn- Chubut, Argentina. 16: 3-7. ■

[volver al índice](#)