

**ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN MEDIANTE EL USO DE MICROELEMENTOS Y
FOSFITOS EN MAÍZ TARDÍO
INTA EEA PERGAMINO
CAMPAÑA 2015/16**

Ing. Agr. (Msc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

El maíz tardío es considerado un cultivo estable y con baja respuesta a la fertilización. La posibilidad de implantar el cultivo luego de un prolongado barbecho permite la acumulación de agua y nutrientes en el perfil de suelo, a la vez que las temperaturas elevadas durante la etapa de mayor demanda favorecen la mineralización de la materia orgánica. Por este motivo, es fertilizado con dosis reducidas y por lo general inferiores a las que recibe el maíz tradicional, lo que constituye un factor adicional para limitar sus rendimientos.

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto sobre sanidad y rendimiento de la aplicación complementaria de fertilizantes y fosfitos en maíz tardío. Hipotetizamos que: 1. En cultivos de siembra tardía son frecuentes las limitaciones nutricionales, por lo que la aplicación de macro y microelementos incrementa los rendimientos, y 2. Es posible integrar estrategias de nutrición y protección foliar mediante el uso conjunto de fertilizantes y fosfitos, permitiendo efectos aditivos entre ambas tecnologías.

Palabras clave: *maíz, nutrición balanceada, protección, interacciones positivas, tratamientos foliares.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Se implantó un experimento de campo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I; IP=85. El ensayo se sembró el día 16 de Diciembre, y fue espaciado a 0,7 m entre hileras, a una densidad de 78000 pl/ha. El cultivar sembrado fue Arvales 2155 HxRR. El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con 3 repeticiones y 5 tratamientos, los cuales se detallan en la Tabla 1. Todo el sitio fue fertilizado con 100 kg MAP ha⁻¹, 100 kg Sulfato de calcio ha⁻¹ y 200 kg Urea ha⁻¹.

El diseño del ensayo correspondió a bloques completos al azar con 4 repeticiones y 10 tratamientos. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 1 y el análisis de suelo del sitio en la Tabla 2.

Tabla 1: *Tratamientos de fertilización foliar aplicados en el experimento. Campaña 2015/16.*

Tratamiento	Fuente	Dosis (g - ml ha ⁻¹)	Estado aplicación
T1	Control		-----
T2	Fertideg Max	2000 ml	V10
T3	Fertideg Max	3000 ml	V10
T4	Fertideg Max	4000 ml	V10
T5	Fertideg Max Borodeg	4000 ml 500 ml	V10
T6	Fertideg Max Fosfito de K y Cu	4000 ml 500 ml	V10
T7	Fertideg Max Fosfito de K y Mn	4000 ml 500 ml	V10
T8	Fertideg Max Fosfito de K y Mn concentrado	4000 ml 500 ml	V10
T9	Fertideg Plus NS	3000 ml	V10
T10	Fertideg Plus NS	4000 ml	V10

V10 (estado de diez hojas expandidas), de acuerdo a la escala de Ritchie & Hanway, 1982.

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm	Zinc
	agua 1:2,5	%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹	ppm
0-20 cm	5,6	3,6	0,180	20,5	18,2	92,8	13,2	0,82
20-40 cm					10,1			
20-40 cm					7,4			

Las aplicaciones fueron realizadas el día 31 de Diciembre con mochila manual de presión constante, impulsada por CO₂. La misma cuanta con un botallón aplicador de 4 boquillas de cono hueco 80015, espaciadas a 0,50 m, que a una presión de 4 bares asperja un volumen de 100 l ha⁻¹. En el estado V12 se determinó la intensidad de verde medida por Green seeker. En la floración se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor, cobertura, altura de plantas e índice verde por Spad. A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

RESULTADOS

Descripción climática de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) para Pergamino. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con la anterior campaña, y con el ciclo 2013/14 caracterizado por sus elevadas marcas térmicas. Las precipitaciones fueron favorables y bien distribuidas, con una pausa durante enero e inicios de febrero (Figura 1). Por su parte, las temperaturas fueron superiores en comparación con la campaña anterior, determinando un menor coeficiente fototermal (Figuras 2 y 3). Asimismo, se registraron precipitaciones sobreabundantes durante noviembre y en menor medida en febrero, las cuales no causaron excedentes por la posición del sitio, alto y con pendiente.

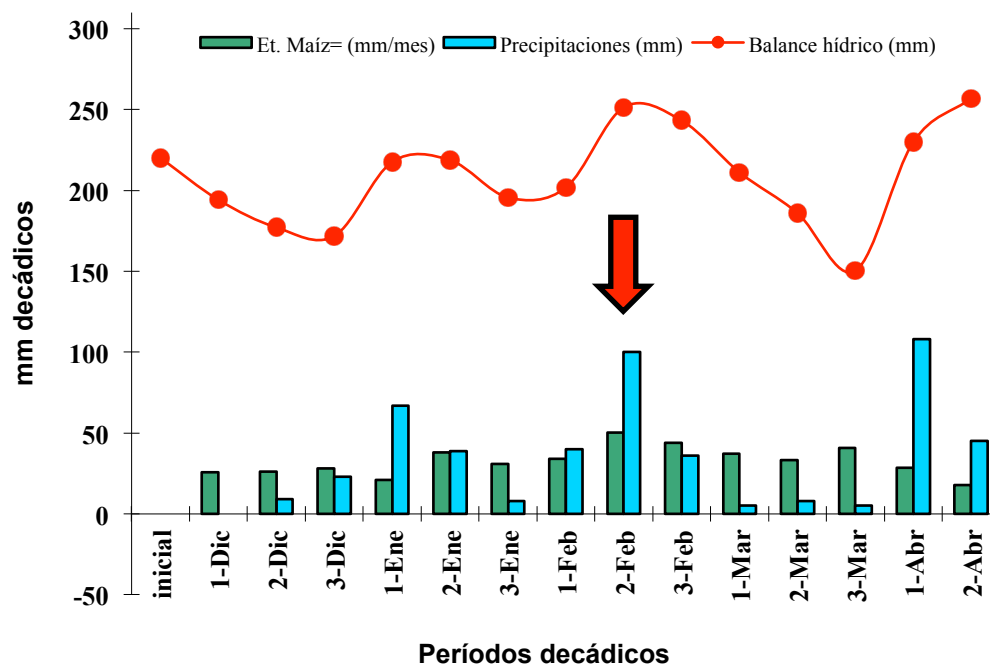


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. INTA EEA Pergamino, campaña 2015/16. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 220 mm. La flecha indica la floración. Precipitaciones totales en el ciclo 493 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm.

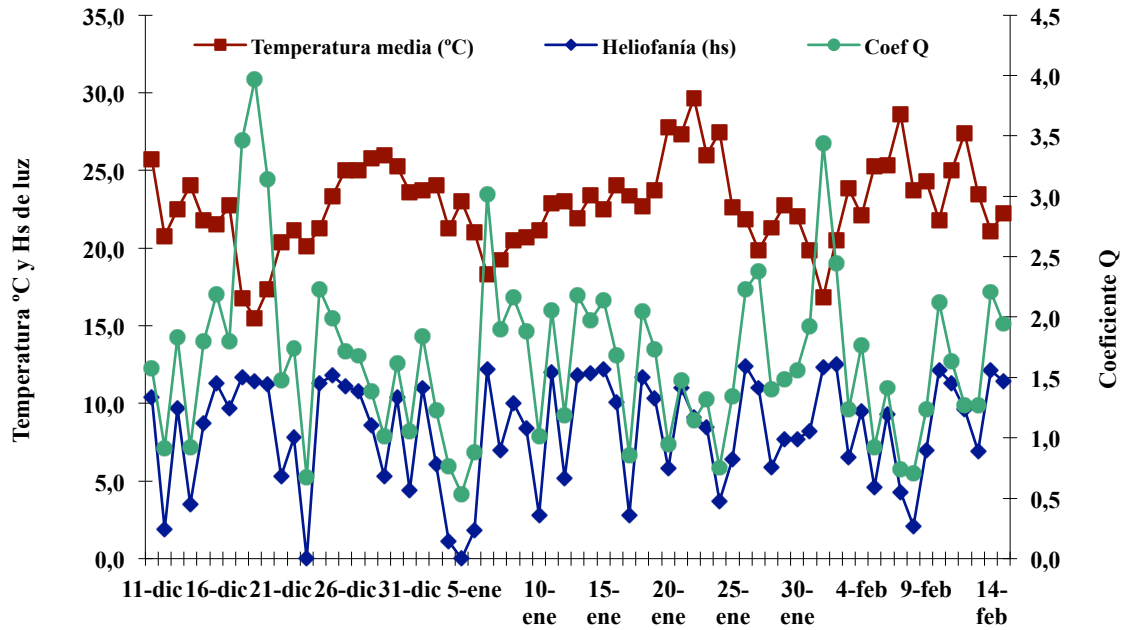


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de diciembre - 14 de febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2015/16.

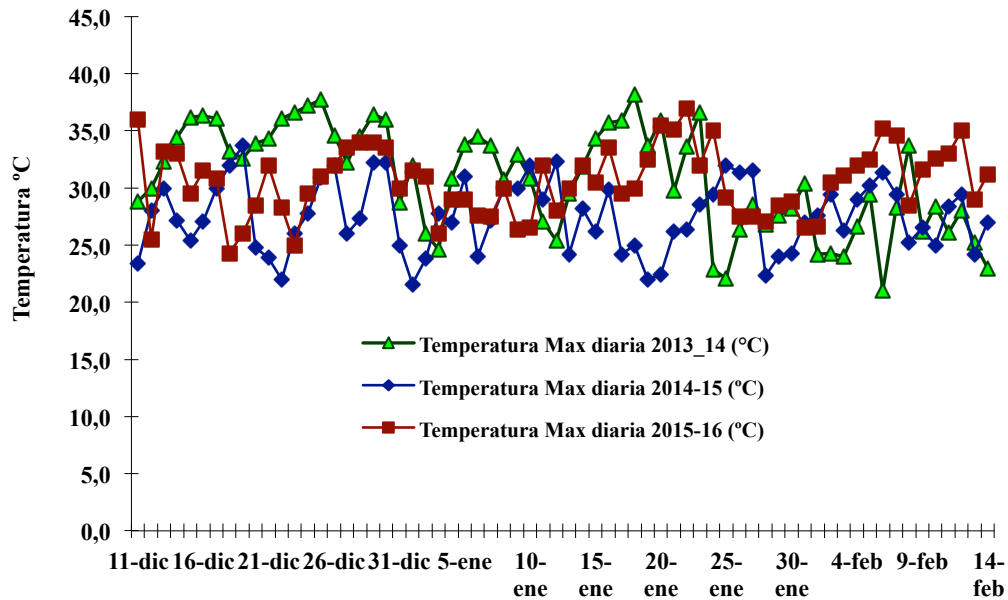


Figura 3: Temperaturas máximas diarias durante las campañas 2013/14, 2014/15 y 2015/16. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2015/16. Nótese el incremento de temperaturas en 2015/16, en comparación con la temporada anterior.

B) Resultados del experimento:

En la Tabla 3 se presenta la valoración de parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en la Figura 4 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

Tabla 3: Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento: N° de hojas activas en R1, Altura de plantas, interceptación de radiación en floración, Intensidad de verde determinado mediante Spad y NDVI por Green seeker, vigor, rendimiento y sus componentes numéricos. Experimento con tratamientos foliares en Maíz. Wheelwright, campaña 2015/16.

Tr	Descripción	N° Hojas activas	Altura planta(cm)	Cobertura R1 (%)	Spad R1	Green seeker V10
T1	Control	10	trazas	84,3	46,9	0,68
T2	Fertideg Max 2000	10	trazas	91,7	47	0,70
T3	Fertideg Max 3000	10	trazas	84,5	47,2	0,72
T4	Fertideg Max 4000	10	trazas	91,7	47,2	0,73
T5	Fdeg Max 4000 + Bdeg 500	10	trazas	92,4	47,1	0,73
T6	Fdeg Max 4000 + Phi KCu	5	trazas	93,2	47,2	0,72
T7	Fdeg Max 4000 + Phi KMn	7	trazas	94,1	48	0,73
T8	Fdeg Max 4000 + Phi KMn	7	trazas	91,45	47,5	0,72
T9	Fdeg Plus NS 3000	10	trazas	93,9	47,3	0,73
T10	Fdeg Plus NS 4000	10	trazas	94,5	47,9	0,75
		0,37	0,09	0,55	0,48	0,74
Tr	Descripción	ISN	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		NG/m ²	PG (g)
T1	Control	0,94	9764		3328,7	293,3
T2	Fertideg Max 2000	0,96	10426		3538,1	294,7
T3	Fertideg Max 3000	0,97	10522		3784,9	278,0
T4	Fertideg Max 4000	0,98	11562		4061,6	284,7
T5	Fdeg Max 4000 + Bdeg 500	0,98	11277		3897,5	289,3
T6	Fdeg Max 4000 + Phi KCu	0,97	11530		3985,2	289,3
T7	Fdeg Max 4000 + Phi KMn	0,99	11792		4221,4	279,3
T8	Fdeg Max 4000 + Phi KMn	0,98	10519		3820,3	275,3
T9	Fdeg Plus NS 3000	0,98	10813		3994,9	270,7
T10	Fdeg Plus NS 4000	1,00	12210		4289,1	284,7
		0,76			0,87	0,01
Sign. Est (P=)			0,004			
CV (%)			4,39			

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo. **ISN:** Índice de suficiencia de Nitrógeno (N). Valor medio de Minolta Spad y Green Seeker de un tratamiento, como fracción del tratamiento más completo del experimento. Valor <0,96 indica probable carencia de N por efecto de tratamiento.

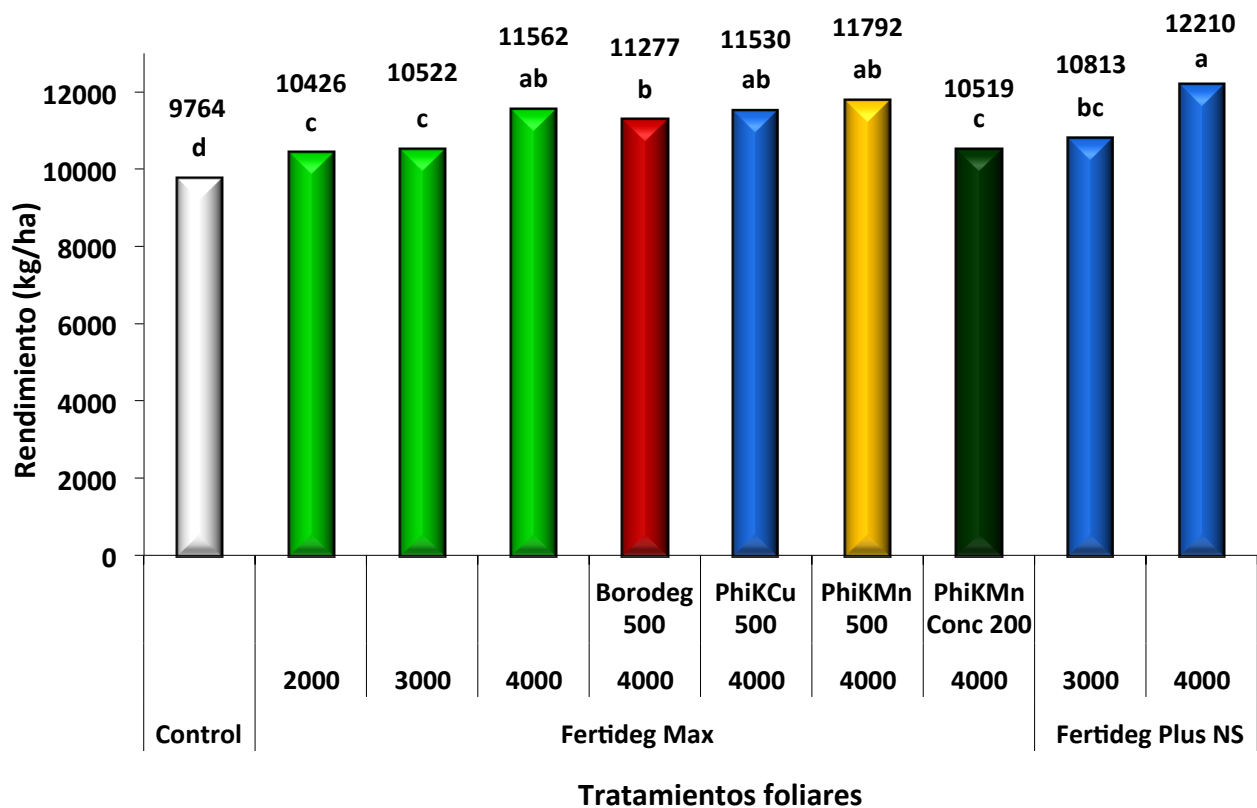


Figura 4: Producción media de maíz según tratamientos foliares con diferentes nutrientes y estimulantes fisiológicos. Wheelwright, maíz de siembra tardía, año 2015/16. Letras diferentes sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los rendimientos alcanzaron una media de 11041 kg ha⁻¹, siendo favorecidos por las abundantes precipitaciones y confortables temperaturas de la campaña.

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,10$, $cv=5,01\%$)(Tabla 3). Los rendimientos más elevados se obtuvieron con Fertideg Plus NS a la dosis de 4000 ml ha⁻¹ (T10). No presentaron diferencias con este mejor tratamiento Fertideg Max 4000 ml (T4), y su combinación con Borodeg 500 ml (T5), PhiKCu 500 ml (T6), PhiKMn 500 ml (T7) y PhiKMn concentrado 200 ml. Es decir, en este experimento se observó mayor efecto por incrementar la dosis de Fertideg Plus NS y del Fertideg Max, que por el agregado de fertilizantes adicionales usados como acompañantes (Figura 4). Sin embargo, la aplicación complementaria de fosfitos logró reducir levemente la severidad de Roya común del maíz, en un contexto de baja presión de esta enfermedad (Tabla 3).

Las variables que mostraron asociación significativa con los rendimientos fueron NG ($R^2=0,87$), ISN ($R^2=0,76$), NDVI ($R^2=0,74$), intercepción en R1 ($R^2=0,55$) y Spad en R1 ($R^2=0,48$). En general se produjeron mejoras en parámetros ligados al metabolismo interno y la absorción de N, más que al crecimiento y al volumen de biomasa (Tabla 3).

Los resultados permiten aceptar la hipótesis 1, concluyendo que es posible incrementar los rendimientos mediante la aplicación de un fertilizante basado en micronutrientes -Fertideg Max o Fertideg Plus NS - mientras la dosis sea suficiente. La hipótesis 2 es parcialmente aceptada, mostrando que fertilizantes y fosfitos son compatibles, logrando bajar en algún grado la severidad de Roya y una

alta expresión de rendimiento, como en la combinación T7, Fertideg Max 4000 + PhiKMn 500. Es relevante estudiar los mecanismos a través de los cuales se mejora la productividad, ya que los incrementos de rendimiento observados no se explican por las relativamente pequeñas dosis de fertilizante agregado por vía foliar, y por el contrario serían también un estímulo fisiológico que excede los procesos habituales relacionados con la nutrición del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Barbieri, P.; H. Sainz Rozas, H. Echeverría, F. Salvagiotti, P. Barbagelata, M. Barraco, J. Colazo, G. Ferraris, H. Sánchez, R. Cáceres Díaz, N. Reussi Calvo, G. Esposito, M. Eyherabide y B. Larsen. 2015. ¿El análisis de suelo permite diagnosticar la deficiencia de zinc en el cultivo de maíz? pp 203-207. En: Actas Simposio de Fertilidad 2015. Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro. 252 pp.
- Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-27. En: M Vázquez(ed.). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.
- Gutiérrez Boem F., F. García, 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.
- Ferraris, G. 2013. Avances en micronutrientes en la región pampeana. Pp124-135. Simposio FERTILIDAD 2013. Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. IPNI Cono Sur. 314 pp.
- Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010. Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de Zn en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p.
- Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos y el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. En: Actas Simposio Fertilidad 2015. "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". 137-142.
- Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. En: Actas Simposio Fertilidad 2015. "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". 137-142.
- Ferraris, G., F. Missart y F. Prats. 2016. Fertilización con zinc bajo diferentes escenarios de fertilidad nitrogenada en maíz de siembra temprana. En: Actas Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo 2016. "Ordenamiento territorial: Un desafío para la Ciencia del Suelo". Río Cuarto, Córdoba, Junio 2016. Comisión 3. 9 pp.
- Marschner, H.E. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London/San Diego/New York/Boston/Sydney/Tokyo, 889 p.
- Melgar, R. 2005. El mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos (ed. HE Echeverría & FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 489-502.
- Moralejo M. del P. y S. G. Acebal. 2010. Determinación del contenido de Cu y Zn en suelos del sudoeste bonaerense. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas en CD, 4pp.
- 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.
- Sainz Rozas, H.R.; Echeverría H.E; Eyherabide, M.; Barraco, M.; Ferraris H.G.; Angelini H.P. 2012. Niveles de zinc disponible en suelos de la Región Pampeana Argentina. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 6 pp
- Scheid López, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. Pp 29-78. En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.