

FERTILIZACIÓN CON ZINC BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE FERTILIDAD NITROGENADA EN MAÍZ DE SIEMBRA TEMPRANA INTA EEA PERGAMINO

CAMPAÑA 2014/15

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹ (MSc) y Fabio Prats²

1.INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino 2.Compo Argentina SA

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura y la falta de rotaciones con pasturas han producido una notable disminución de los niveles de MO de los suelos de la región pampeana, los que en algunas zonas representan solo el 50% del nivel original (Lavado, 2006). Esto junto con la escasa o nula reposición de microelementos podría generar deficiencias de diferentes nutrientes.

El Zinc (Zn) es uno de los trece elementos considerados esenciales (Marschner, 1992). Su función principal es la de activador enzimático, catalizando innumerables reacciones en procesos metabólicos como la respiración, la síntesis de clorofila y proteínas. Es además precursor del triptófano y el ácido indol acético (Fancelli, 2006). La deficiencia se asocia con la presencia de suelos arenosos de baja CIC, primaveras frías y dosis elevadas de fertilizante fosforado en la línea de siembra, al presentar un antagonismo a nivel de superficie radicular con este elemento (Scheid López, 2006). Se identifica por la aparición de bandas longitudinales blanquecinas. En casos severos, pueden aparecer plantas más pequeñas, entrenudos cortos y agrupamiento de hojas formando una roseta en la porción terminal (Fancelli, 2006). El cultivo de maíz presenta requerimientos totales de Zn que casi duplican al de los restantes cultivos, siendo la especie que ha mostrado respuestas positivas a su agregado con mayor frecuencia. De este modo, el Zn en el área de estudio se ubica como el cuarto elemento en importancia para la nutrición del maíz, luego de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

Considerando solamente los cultivos extensivos, cerca de 11,9 millones de hectáreas estarían afectadas por deficiencias de Zn y Cu (Melgar, 2005). Moralejo y Acebal (2010) observaron que en suelos del sudoeste bonaerense los tenores de Zn disponible se encuentran cercanos a los límites inferiores propuestos por Lindsay (1997). Hace ya muchos años Ratto de Míguez y Fatta (1990) reportaron que en la zona norte de la región pampeana el 30 % de las muestras de suelo tuvieron al Zn debajo del rango de suficiencia. Recientemente, en un relevamiento de los niveles de Zn y B en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana, Sainz Rozas et al. (2012) determinaron que los niveles de Zn bajo agricultura han disminuido notablemente (65 al 74%, respecto de la condición prístina), encontrándose cercanos a los umbrales de deficiencia mencionados en la bibliografía.

El objetivo de este trabajo es 1. Evaluar los efectos sobre los rendimientos y otros parámetros de cultivo de la aplicación de dosis crecientes de Zn por vía foliar en maíz, en comparación con tratamientos al suelo y 2. Estudiar la interacción entre Zn y Nitrógeno (N). Hipotetizamos que 1. El Zn y otros microelementos incrementan los rendimientos de maíz en sitios con baja disponibilidad, siendo las aplicaciones foliares más eficientes por su escasa retención y 2. Existe interacción Zn x N, siendo mayor la deficiencia (y la respuesta a su aplicación) con altos niveles de fertilización nitrogenada.

Palabras clave: *maíz, interacción zinc x nitrógeno, tecnología de aplicación.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Se implantó un experimento de campo en la localidad de General Gelly, sobre un suelo Serie Peyrano, ArgiudolVértico(USDA- SoilTaxonomy V. 2006), capacidad de uso: II; IP=77. El ensayo se sembró el día 22 de Setiembre, y fue espaciado a 0,525 m entre hileras, a una densidad de 75000 pl/ha. El cultivar sembrado fue AW 190VT3P.

El diseño de los ensayo correspondió a bloques completos al azar con 2 repeticiones y 28 tratamientos que surgen de la interacción de 2 factores: 7 tratamientos de fertilización complementaria y 4 niveles de N. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con igual dosis de fósforo (P) y azufre (S). Los tratamientos se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados de la interacción entre Dosis de N (4) y tratamientos de fertilización complementaria con N y Zn en maíz. General Gelly. Campaña 2014/15.*

Nº	Tratamientos de fertilización	Dosis	Estadío de aplicación	Dosis de Nitrógeno Inicial			
				N0	N100	N150	N200
T1	Testigo (MAP)	77 kg ha ⁻¹		X	X	X	X
T2	MesZ	100 kg ha ⁻¹	Siembra	X	X	X	X
T3	MAP + Basfol 10 N	77+0,3 kgN	Siembra + foliar V5	X	X	X	X
T4	MAP + Basfoliar Zn	77+0,2kgZn		X	X	X	X
T5	MAP + Basfoliar Zn	77+0,4kgZn		X	X	X	X
T6	MAP + Basfoliar Zn	77+0,6kgZn		X	X	X	X
T7	MAP + Basfoliar Zn	77+0,8kgZn		X	X	X	X

V5(estado de cincohojas expandidas), de acuerdo a la escala de Ritchie&Hanway, 1982.

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

Sitio	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-40) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
G. Gelly	5,8		2,43	0,121	11,1	16,2 – 8,1	73,6	7,4
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zn	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
G. Gelly	195	469	1461	0,51	44,4	1,37	55,9	0,5

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 100 l ha⁻¹. En la floración se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor e intensidad de verde medida por Green seeker. A cosecha de 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, evapotranspiración y balance hídrico del sitio durante el ciclo de cultivo. Las temperaturas fueron extremadamente altas al inicio del ensayo junto a, pero las lluvias primero escasas mostraron una rápida recuperación hacia enero, y fueron

históricamente elevadas en febrero. El cultivo soportó estos eventos extremos gracias a que el sitio ocupaba posiciones altas en el relieve. La abundante nubosidad y su consecuente caída en la Heliofanía y cociente fototermal de febrero no pareció afectar los rendimientos (Figura 2).

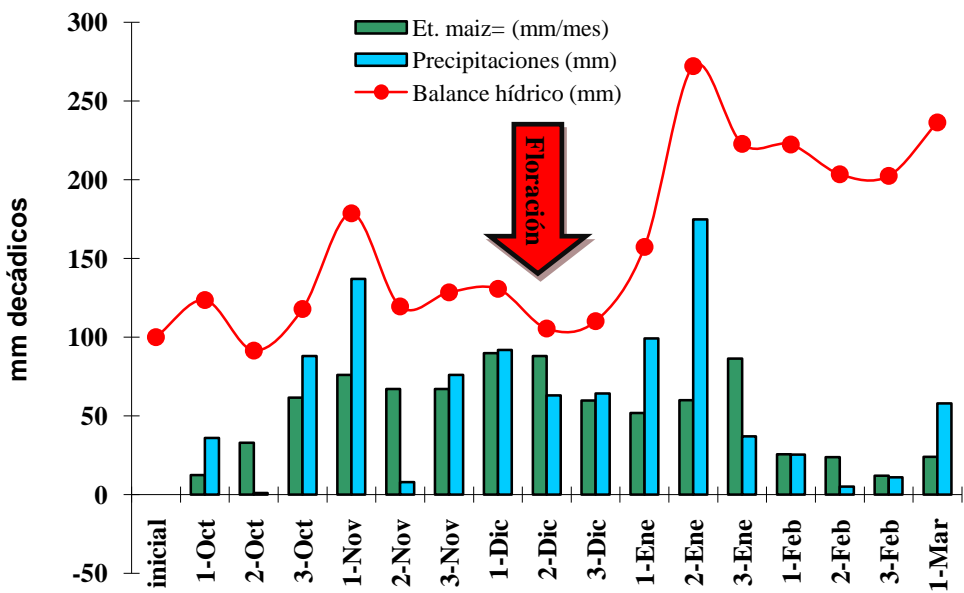


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. General Gelly, Santa Fe. Agua disponible inicial en el suelo (140 cm) 100 mm. La flecha indica la floración. Precipitaciones totales en el ciclo 901,7mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0mm.

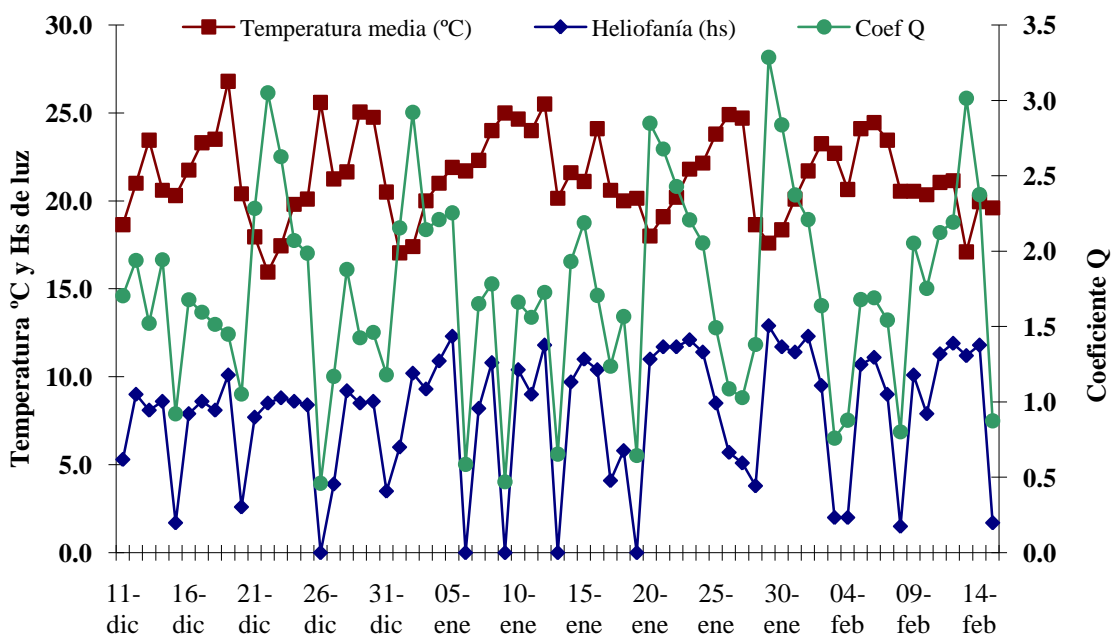


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de Diciembre – 10 de Febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración y buena parte del

llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2014/15.

B) Resultados del experimento

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

Tabla 3: Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: hojas fotosintéticamente activas, índice de vigor, intercepción, intensidad de verde determinado mediante Green seeker y componentes numéricos del rendimiento. Tratamientos de aplicación foliar con fuentes desarrolladas y experimentales en Maíz, Pergamino, campaña 2014/15.

Dosis N	Trat	Descripción	Hojas activas R2	Vigor R2	Cobertura Intercepción (%)	Green seeker	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Respuesta (kg ha ⁻¹)	NG/m ²	PG (g)
N0	T1	Testigo (MAP)	9,0	2,5	80	0,80	7619	0	2721,1	280
N0	T2	MesZ 100	9,5	2,8	82	0,81	7810	191	3200,6	244
N0	T3	MAP + Basfol 10 N	10,0	2,7	81	0,82	7429	-190	3044,5	244
N0	T4	MAP + Basfoliar Zn 0,2	11,0	3,0	80	0,81	10048	2429	3971,4	253
N0	T5	MAP + Basfoliar Zn 0,4	10,0	3,2	82	0,81	9714	2095	3948,9	246
N0	T6	MAP + Basfoliar Zn 0,6	11,0	3,2	80	0,82	8857	1238	3721,5	238
N0	T7	MAP + Basfoliar Zn 0,8	10,5	3,1	81	0,82	8238	619	3404,2	242
N100	T1	Testigo (MAP)	10,0	2,8	90	0,82	8571	0	3198,3	268
N100	T2	MesZ 100	11,0	3,0	92	0,82	8952	381	3639,2	246
N100	T3	MAP + Basfol 10 N	12,0	2,9	90	0,83	10143	1572	2794,2	363
N100	T4	MAP + Basfoliar Zn 0,2	11,0	3,1	93	0,85	10952	2381	4363,5	251
N100	T5	MAP + Basfoliar Zn 0,4	12,0	3,0	92	0,82	10857	2286	4066,3	267
N100	T6	MAP + Basfoliar Zn 0,6	12,0	3,4	90	0,83	11619	3048	4271,7	272
N100	T7	MAP + Basfoliar Zn 0,8	12,0	3,3	91	0,83	11810	3239	4577,3	258
N150	T1	Testigo (MAP)	12,0	3,2	95	0,83	10286	0	3823,7	269
N150	T2	MesZ 100	11,0	3,3	97	0,83	11190	904	4069,3	275
N150	T3	MAP + Basfol 10 N	12,0	3,2	95	0,84	11000	714	3806,2	289
N150	T4	MAP + Basfoliar Zn 0,2	12,0	3,5	95	0,83	12095	1809	4366,5	277
N150	T5	MAP + Basfoliar Zn 0,4	12,5	3,4	95	0,84	12381	2095	4502,2	275
N150	T6	MAP + Basfoliar Zn 0,6	12,0	3,5	95	0,85	11476	1190	4363,6	263
N150	T7	MAP + Basfoliar Zn 0,8	12,0	3,4	96	0,85	12143	1857	4245,8	286
N200	T1	Testigo (MAP)	12,0	3,5	94	0,85	10714	0	3669,3	292
N200	T2	MesZ 100	12,5	3,5	93	0,85	13524	2810	4745,2	285
N200	T3	MAP + Basfol 10 N	12,5	3,4	95	0,86	9429	-1285	4012,2	235
N200	T4	MAP + Basfoliar Zn 0,2	12,0	3,5	95	0,85	9238	-1476	3121,0	296
N200	T5	MAP + Basfoliar Zn 0,4	12,5	3,6	96	0,86	10762	48	3871,2	278
N200	T6	MAP + Basfoliar Zn 0,6	12,5	3,7	95	0,86	11714	1000	4387,4	267
N200	T7	MAP + Basfoliar Zn 0,8	12,5	3,6	96	0,85	10524	-190	3616,4	291
Correlación (r ² vs rendimiento)			0,58	0,51	0,46	0,33			0,72	0,11
Fertilización complementaria (P=)							0,000			
Dosis N (P=)							0,000			
Interacción N x Tratamiento (P=)							P>0,10			

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

R2 Corresponde a los estados de cuajado de grano.

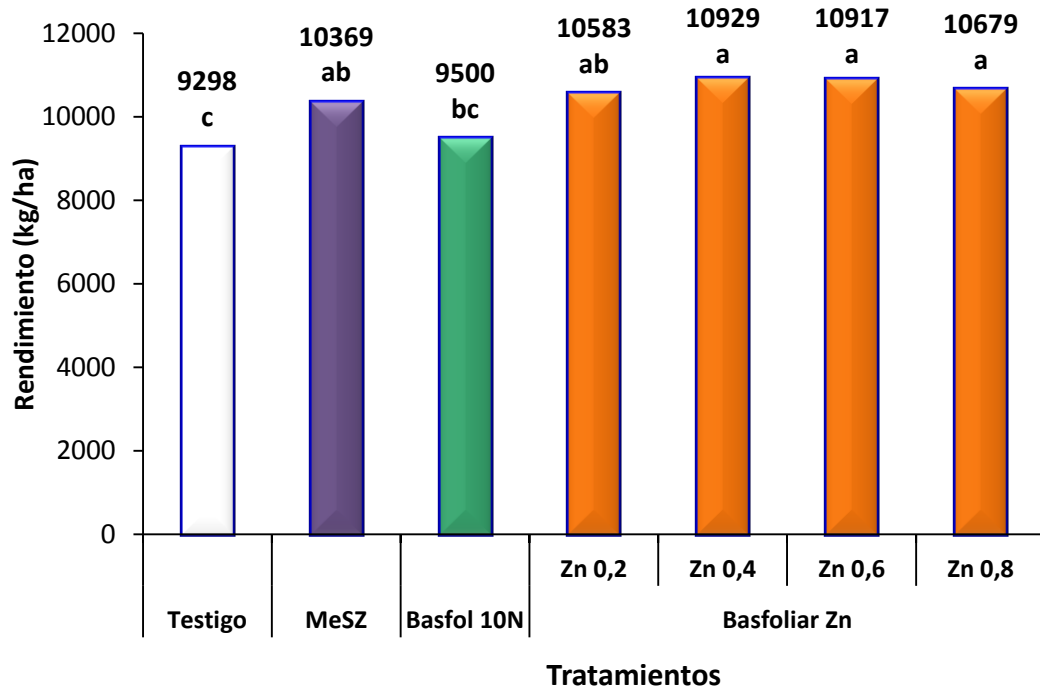


Figura 3.a

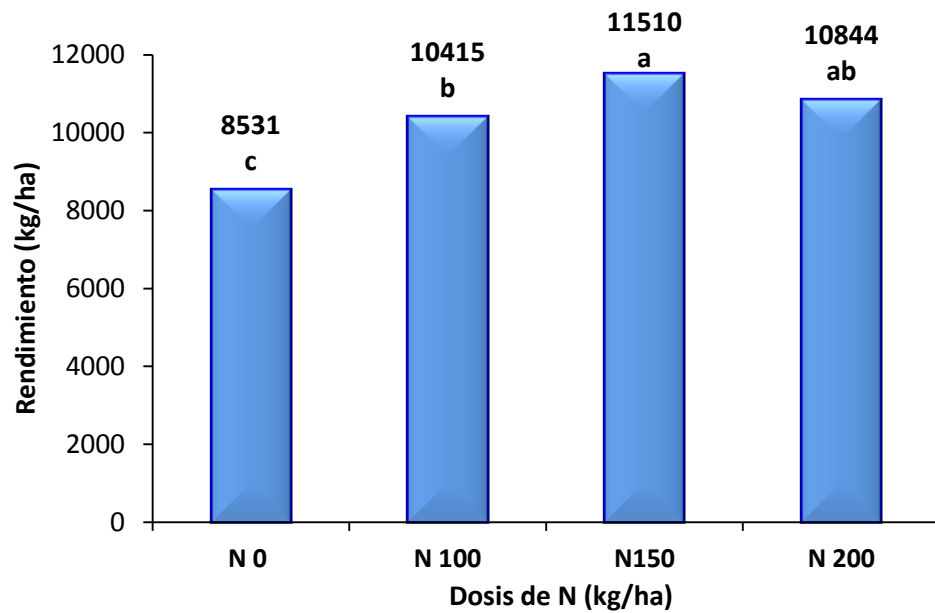


Figura 3.b

Figura 3: Producción media de maíz según a) tratamientos de fertilización foliary al suelo con Zinc. b) Dosis de N inicial aplicado al suelo. General Gelly, maíz de siembra temprana, ambiente de fertilidad media. Año 2014/15. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos.



Fotografía 1: Síntomas de carencias de Zinc en maíz temprano en General Gelly, durante la campaña 2014/15.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

*El ciclo agrícola 2014/15 se caracterizó por un escenario favorable para los maíces de fecha de siembra tradicional, que fueron acompañados por temperaturas moderadas y precipitaciones bien distribuidas.

* Los rendimientos lograron un promedio de 10325 kg ha^{-1} con un máximo de 13524 kg ha^{-1} y mínimo de 7619 kg ha^{-1} (Tabla 3). Los rendimientos medios no fueron excesivamente altos considerando el buen año climático, sin embargo la baja fertilidad del sitio y la dosis de N0 de un grupo de tratamientos resultó en una amplia brecha entre los máximos y mínimos.

* Se determinaron diferencias significativas entre dosis de N ($P=0,000$) y también entre tratamientos de fertilización complementaria ($P=0,000$). No se verificó interacción Dosis de N x Tratamientos de fertilización ($P>0,10$), aun cuando la respuesta a Zn fue superior en niveles moderados de N (N100), en comparación con los extremos (Tabla 3). En niveles muy bajos (N0), este nutriente condicionaría la respuesta a Zn. Por el contrario, cuando la dosis de N es muy elevada, la saturación disiparía las mejoras en su eficiencia de uso derivadas de una nutrición más balanceada.

* En este experimento, los componentes de rendimiento que explicaron en mayor medida la respuesta fueron NG, hojas activas, vigor y cobertura en floración (Tabla 3).

* La aplicación de Zn aumentó los rendimientos bajo diferentes formas de aplicación (Figura 3.a). Entre las aplicaciones foliares, la dosis de $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ fue suficiente para alcanzar el rendimiento máximo. La dosis de $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ no evidenció fitotoxicidad luego de la aplicación, pero tampoco contribuyó a mayores rendimientos (Figura 3.a). Las diferencias obtenidas por la aplicación de Zn se explican a partir del bajo nivel de este elemento contenido en el suelo ($0,51 \text{ mg kg}^{-1}$ en 0-20 cm) sumado a un limitado contenido de MO que limita sus aportes por mineralización durante el ciclo.

* Entre dosis de N, el rendimiento máximo se obtuvo con 150 kgN ha^{-1} .

* Los resultados obtenidos permiten aceptar parcialmente la hipótesis 1: Se observó una tendencia moderada a los tratamientos con zinc. Las aplicaciones foliares permitieron maximizar la respuesta en

dosis menores en comparación con los tratamientos al suelo, sin embargo no se verificaron diferencias significativas entre ambos sistemas. La hipótesis 2 no es aceptada. Si bien no se verificó interacción Zn x N, la respuesta máxima se obtuvo con niveles moderados de N, disminuyendo hacia los extremos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alloway, B. J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA-IFA, 2a. edición. Paris, Francia.
- Aruani, M.C., y E.E. Sánchez. 2002. Manzano, Distribución de Micronutrientes en el Suelo. Revista de la Facultad Ciencias Agrarias de Cuyo. 34: 25-30.
- Balboa, G.R.; G.P. Esposito; C. Castillo y R. Balboa. 2010. Estrategias de fertilización con boro en girasol. Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (en CD). Rosario. Actas del XX Congreso de la Ciencia del Suelo (en CD). Salta
- 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.
- 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.N. 2011a. Microelementos en cultivos extensivos. Necesidad actual o tecnología para el futuro? pp 121-133. En: Actas del Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada al Sistema de Producción". IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. 269 pp.
- Ferraris, G. 2012.a. Avances en micronutrientes en la región pampeana. Pp 124-135. Simposio FERTILIDAD 2013. Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. IPNI Cono Sur. 314 pp.
- Ferraris, G. 2012.b. Zinc y otros microelementos en Maíz. Jornada de Maíz. INTA EEA Marcos Juárez. 5 de Julio de 2012. 8pp.
- Ferraris, G., L. Couretot. 2014. Fertilización con Zinc en maíz de siembra tardía. Informe de resultados. 6 pp.
- Gupta, UC; Jame, YW; Campbel, CA; Leysdon, AJ & W Nicholaichuck. 1985. Boron toxicity and deficiency: a review. Can. J. Soil Sci. 65: 381-409.
- Lavado, R. 2006. La región Pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: Materia Orgánica "Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos" (ed. R Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. p. 1-12.
- Lindsay, WL. 1997. Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. En: Micronutrients In Agriculture. (ed. Mortvedt, Cox, Shuman & Welch). Soil Science Society of America, 677 S. Segoe., Madison, WI, USA. pp 89 111
- 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.
- Ratto de Miguez, S & N Fatta. 1990. Disponibilidad de micronutrientes en suelos del área maicera núcleo. Ciencia del Suelo. 8: 9-15.
- Raza, M., Mermut, A, R., Schoenau, J, J, and Malhi, S, S, 2002, Boron fractionation in some Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 82: 173-179,
- Ritchie, S. and J. Hanway. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. www.iastate.edu
- Rivero, E, Cruzate, GA & R Turati. 2008. Azufre, boro y zinc: mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la Región Pampeana. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. Actas en CD, 5pp.
- Sainz Rozas, H.R.; Echeverría H.E; Eyherabide, M.; Barraco, M.; Ferraris H.G.; Angelini H.P. 2012. Niveles de boro 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.