

Fertilización foliar con zinc, en trigo bajo condiciones de riego y seco.

Sr. Ciancia, Franco Nicolás

Sr. Guerrero Rivas, Martin

Sta. Picco, Evelina

Tutor: Ing. Agr. Buffa, Eduardo Volmer

AREA DE CONSOLIDACIÓN.

SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS.

AÑO 2015.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA.

INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes son esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, el Boro (B) y el Zinc (Zn) se mencionan entre los micronutrientes más a menudo citados como factibles de producir disminuciones de rendimientos en situaciones de deficiencias y, a su vez, relativamente fáciles de corregir por medio de fertilizaciones logrando aumentos económicos de rendimientos (*Melgar et al. 2001*).

La fertilización con micronutrientes no es una práctica muy difundida en la Argentina a diferencia de otros países de alta producción agrícola unitaria. Esto último se explica en parte por la buena oferta de micronutrientes del suelo, que generalmente excede los umbrales de suficiencia (*Sillanpaa, 1982*). No obstante, el aumento de los rendimientos como resultado del mayor uso de fertilizantes e híbridos de mayor potencial de rendimiento en el último tiempo, hacen que cada vez sea más frecuente encontrar respuesta al agregado de estos elementos menores (*Andrade et al. 2000*).

Ratto (2006) indica que la naturaleza del suelo juega un papel fundamental en la disponibilidad de los micronutrientes. Las tres causas de deficiencia de los micronutrientes son: a) baja concentración de un elemento en el suelo, b) presencia de una forma química que no puede ser utilizada por la planta, y c) efecto antagónico entre distintos elementos.

Se ha documentado que cerca de la mitad de los suelos en los cuales se cultivan cereales en el mundo presentan concentraciones de Zinc lo suficientemente bajas para causar deficiencias nutricionales o para limitar el rendimiento (*Alloway, 2008*).

En un relevamiento realizado en la zona norte de la Región Pampeana se determinó que el 20% de las muestras analizadas estuvieron por debajo del rango de suficiencia para Zinc y confirmaron que se encuentra entre aquellos más frecuentemente limitantes (*Ratto de Míguez y Fatta, 1990*). Esto podría deberse, también, a condiciones inducidas antes que debidas a una baja disponibilidad en el suelo. Una dosis excesiva de P limita la capacidad de la planta de absorber Zinc según *Melgar y Díaz Zorita (2000)*.

Las experiencias realizadas en la región pampeana han demostrado que los cultivos de maíz bajo riego y con mayor potencial de producción, son los que presentaron incrementos significativos en el rendimiento como respuesta a la fertilización con este micronutriente (*Salvagiotti F. et al. 2012*).

En el cultivo de Trigo, la experimentación de fertilización con Zinc, a diferencia de otros micronutrientes como el Cloro, son escasas y dispersas determinando la necesidad de una mayor evaluación. Se ha encontrado respuesta positiva en fertilización con Zinc en 4 de 19 ensayos en el sud-este bonaerense y negativa en 1 de 19 (*Sainz Rosas et al. 2003*). No obstante, *Rivero et al. (2006)* señalan que el sur-oeste de Córdoba sería la región de mayor probabilidad de respuesta a la fertilización con este micronutriente.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la respuesta del cultivo de Trigo a la fertilización foliar con Zinc, en un suelo Haplustol típico de la región central de Córdoba con diferente disponibilidad de agua (bajo Riego y Secano).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un lote de producción bajo riego por surcos, ubicado en las cercanías de la localidad de Córdoba, en la zona rural “La Carbonada” (31°33'8.83"S; 64° 4'35.81"O). Esta área pertenece al Cinturón Verde Sur de la Ciudad de Córdoba, donde el cultivo de papa es de gran importancia, lo que determina el uso de sistema de labranza convencional.

Se trabajó sobre el cultivar de trigo “Klein Roble” de ciclo corto-intermedio. Con un cultivo antecesor de soja ciclo corto-intermedio, con un rendimiento de 3.800-4.000 kg/ha. Como barbecho, previo a la siembra, se realizó una pasada de cincel y una de doble acción, sin aplicación de productos químicos. Las semillas, fueron tratadas con triadimenol, fungicida sistémico (“Baytan 15 FC”) aplicado para controlar carbón desnudo (*Ustilago tritici*) y carbón cubierto (*Tilletia caries*) del trigo. Se sembró el 5 de agosto del 2014, con una densidad de 200 kg de semilla por hectárea, a chorrillo, con una posterior pasada de un tapador de discos que forma los bordos (de aproximadamente 50 cm) Previo a la siembra se aplicó al voleo 200kg/Ha de Nitrógeno (Nitrodoble YARA: N 27 – Ca 6 – MgO 4), incorporándolo con una rastra de disco.

Se utilizó un arreglo factorial completo aleatorizado con cuatro repeticiones, ordenado en un diseño de bloques al azar, dando un total de 16 parcelas, de 3 bordos de ancho (E-O) por 3 metros de largo (N-S), tanto bajo riego como en secano (separados por dos bordos) dando un total de superficie trabajada de 192 m². Se establecieron tratamientos de dosis crecientes de Zn: 0, 125, 250 y 500 g de ZnSO₄.7H₂O (Sulfato de Zinc Heptahidratado), con cuatro repeticiones. La fertilización se realizó por vía foliar, en la fase fenológica de pleno macollaje (2-3 macollos), el día 25 de Octubre. La aplicación se realizó con un pulverizador manual a razón de 200 ml por parcela, medidos previamente con probeta y con el correspondiente lavado del material entre aplicaciones con agua destilada. Se monitoreó a lo largo del ciclo insectos, malezas y enfermedades, realizando una aplicación de azoxistrobina con tebuconazole, fungicida sistémico (“Ykuto”), para el control de la roya anaranjada (*Puccinia recóndita*). El ensayo recibió un primer riego de 24 hs para asentar la tierra inmediatamente después de la siembra, antes de la aplicación del fertilizante recibió uno más de 6-8 hs. Una vez fertilizado, se cerraron los surcos de la parcela de Secano; mientras que el tratamiento bajo Riego recibió dos riegos más de 6-8 hs aproximadamente a lo largo del ciclo del cultivo.

A la madurez fisiológica, se realizó la cosecha manual del cultivo cortando y recolectando las espigas de un área correspondiente a dos bordos de cada parcela (3 m²), el día 17 de diciembre del 2014. El material se embolsó y rotuló. Luego se procedió a la trilla de las espigas con una máquina estática tipo experimental del Campo Escuela de la Facultad de Cs. Agropecuarias de la UNC (pérdidas que rondan el 8%), obteniéndose así los granos que luego de un acondicionamiento (limpieza) se pesaron con balanza de precisión obteniendo el Peso de Granos, expresado en gramos.

Luego de la siembra se realizaron 3 muestreos de suelo a las profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 y 60-80 cm, para determinar Materia Orgánica (MO), pH, Conductividad Eléctrica (C.E) y disponibilidad de Zinc (Zn).

Por otro lado, se tomaron 3 muestras compuestas de muestras simples en los espesores 0-5 cm y 5-10 cm para determinar niveles de Zinc, Materia Orgánica, pH y Conductividad Eléctrica.

La extracción de Zinc se realizó con 1 volumen de suelo seco y 2 volúmenes de ácido dietilentriamino penta acético (0,005 mol.l⁻¹ de DTPA + 0,1 mol.l⁻¹ de TEA Trietanolamina + 0,01 mol.l⁻¹ de CaCl₂, ajustado a pH 7,3) (Lindsay y Norvell, 1978). Las muestras se midieron en un espectrofotómetro de absorción atómica PinAAcle 900, Perkin Elmer Inc. Del laboratorio de suelos de INTA Manfredi.

El pH se determinó en suspensión suelo: agua 1:2 y el Carbono Orgánico a través del método de combustión húmeda (Walkley y Black 1982) y luego se lo multiplicó por el factor 1,72 para obtener el dato de Materia Orgánica.

El contenido de sales solubles totales fue estimado por Conductividad Eléctrica en suspensión suelo: agua 1:2 (Delavalle, 1992) con un conductímetro Hanna.

El contenido de Fósforo se obtuvo por método Olsen (1954) con extractor Bicarbonato de sodio 0,5 N, pH 8,2, relación de suelo-solución: 1 g en 20 ml y un Tiempo de agitado de 30 min. La reacción color fue Azul de Fosfo-Molibdato con lectura de absorbancia a 882 nm.

TABLA 1 a). Análisis químicos de Muestras Compuestas de suelo para dos profundidades 0-5 y 5-10, con sus respectivas propiedades químicas: pH, Conductividad Eléctrica, Carbono Orgánico, Materia Orgánica, Fósforo y Zinc.

PROFUNDIDAD (cm)	PROPIEDADES QUÍMICAS						
	pH	CE 1:2 (dS/m)	CE sat (dS/m)	CO (%)	MO (%)	P (ppm)	Zn (ppm)
0-5	5,39	0,24	1,92	1,22	2,11	51,03	1,50
5-10	5,59	0,12	0,99	1,24	2,13	50,53	1,53

TABLA 1 b). Análisis químicos de las muestras de suelo de los perfiles promedio a diferentes profundidades (0-80 cm), con sus respectivas propiedades químicas.

PROFUNDIDAD (cm)	PROPIEDADES QUÍMICAS				
	MO (%)	CE 1:2 (dS/m)	pH	P (ppm)	Zn (ppm)
0-10	1,96	0,11	6,54	49,7	1,12
10-20	1,59	0,11	6,58	42,4	1,13
20-40	1,33	0,07	6,78	30,9	1,14
40-60	0,87	0,06	7,17	21,3	1,17
60-80	0,53	0,1	7,53	9,4	0,62

Las muestras de tejido vegetal se extrajeron en dos momentos del ciclo: A los 15 días de la emergencia y cuando el cultivo estaba próximo a floración, el día 28 de Octubre. Se extrajeron 3 muestras compuestas, formadas por 3 sub-muestras de 10 hojas sanas o con poca incidencia de roya anaranjada recogidas al azar fuera de los límites del ensayo.

Las muestras de planta secadas al aire y en estufa a 70 °C, fueron molidas en molino de acero inoxidable. Una alícuota de cada muestra se llevó a cenizas en mufla a 600 °C durante 4 horas. Las cenizas se disolvieron en 2 ml de HCl 2N y se diluyeron a 25 ml con agua destilada.

El análisis del material de suelo y planta se realizó en el Laboratorio de Suelos y Agua de INTA Manfredi, con un espectrofotómetro de absorción atómica PinAAcle 900, Perkin Elmer Inc.

Los datos fueron analizados con ANAVA y Regresión (InfoStat 2010). Para la comparación de medias en Peso de Granos se utilizó el test LSD de Fisher con un nivel de significación del 1%. También se realizaron regresiones lineales explicando el comportamiento del Zinc, según Materia Orgánica, pH y Conductividad Eléctrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los rendimientos obtenidos como Peso de Grano (g) en las diferentes dosis que se obtuvieron tanto en riego como en secano.

TABLA 2. Peso de Granos (g) obtenidos, bajo riego y secano según las diferentes dosis de Zn.

DOSIS Zn (g)	Peso de Granos (g/m ²)	
	RIEGO	SECANO
0	166,1 a	187,7 a
125	185,3 a	190,2 a
250	186,2 a	184,8 a
500	168,1 a	181,6 a

El análisis estadístico no arroja diferencias significativas en ninguno de los dos tratamientos. Se observa que la Dosis de 125 y 250 generan mayores Pesos de Grano bajo condiciones de Riego, mientras que para condiciones de Secano los rendimientos son más parejos.

En diversos trabajos como el de *Espósito et al. (2009)* se obtuvieron respuestas significativas a la fertilización con zinc en trigo en el ambiente más productivo en la localidad de Río Cuarto en la campaña 2008/09 en un año húmedo, con una concentración de Zinc en el suelo de 0,67 mg.kg⁻¹ extraído con DTPA. Sin embargo en la campaña 2009/10, fue un año seco en el que no obtuvieron respuesta y cabe destacar que se realizó fertilización fosforada y azufrada en ambos ensayos, por lo cual no deben descartarse efectos interactivos entre los nutrientes. *Melgar et al. (2001)* obtuvieron respuesta significativa a la fertilización de Zinc en maíz en la zona maicera núcleo, a razón de 1,09 quintales de maíz por kilogramo de Zinc, pero sólo en 5 de 14 ensayos realizados en suelos con más de 1 mg.kg⁻¹ de Zinc para el extractante Mehlich 3 en relación 1:20. *Salvagiotti et al. (2012)* lograron incrementos significativos en el rendimiento a la aplicación foliar de Zinc en trigo en el estadio de macollaje en la EEA de INTA Oliveros, en un suelo argiudol típico.

Por otro lado, *Sainz Rosas et al. (2001)* no obtuvieron respuestas significativas al agregado de Zinc y cobre en un ensayo en el sudeste bonaerense en Trigo, debido a que la disponibilidad de dichos micronutrientes en los suelos de la zona son mayores a los valores umbrales críticos.

Todas las muestras compuestas analizadas evidencian niveles de Zinc mayores a 1 mg.kg⁻¹. *Brown et al. (1971)* y *Gupta y Mittal (1981)* determinaron un contenido crítico de 0,5 mg.kg⁻¹ en suelos neutros a moderadamente alcalinos, lo que coincide con *Sillanpaa (1982)* y está muy próximo de 0.8 mg.kg⁻¹ para maíz y 0,6 mg.kg⁻¹ para sorgo determinados por *Lindsay y Norvell (1978)* en invernáculo con suelos calcáreos y no calcáreos. *Havlin y Soltanpour (1981)* sobre suelos calcáreos y no calcáreos determinaron un valor crítico de 0,7 mg.kg⁻¹ para maíz. La información experimental nos permite inferir que, independientemente del cultivo, suelo y manejo, el límite entre deficiencia y suficiencia se ubica entre 0,5 y 1 mg.kg⁻¹ de Zinc extractable con DTPA.

Para efectuar recomendaciones de fertilización con Zinc se debe contar con un valor crítico que indique cuándo el elemento comienza a ser limitante para el desarrollo vegetal (*Ratto, 2006*).

La Tabla 1 a) muestra que todos los sitios evaluados hasta los 10 cm presentan niveles de disponibilidad mayores a los que se consideran dentro del rango referenciado como suficiente (0,5 a 1 mg.kg⁻¹). Se trata de un suelo no salino, dado que el valor que presenta el análisis de Conductividad Eléctrica es menor a 4 dS.m⁻¹ (*Richards, 1954*). Con un pH de valor promedio de 5,49, que indica un suelo moderadamente ácido. La Materia Orgánica arroja valores de niveles bajos a medianos, ya que el porcentaje ronda el 2%.

McGrath indicó que la extracción de metales por parte de la planta no depende únicamente del elevado contenido total sino también de parámetros del suelo como el pH, contenido en materia orgánica y la distribución granulométrica (McGrath, 1986).

Según Fancelli (2006) valores de pH elevado de los suelos ocasionan retención de micronutrientes, fijándolos en formas no disponibles para las plantas. El contenido de Materia Orgánica y arcilla y la actividad microbiana son otras propiedades del suelo que controlan la disponibilidad de los metales estudiados (Mengel y Kirkby, 1987).

El Zn_{DTPA} es el único que muestra diferencias significativas entre horizontes con y sin salinidad, mostrando correlación negativa y significativa con la Conductividad Eléctrica (Nuria, 2007). Esto no se evaluó en este suelo ya que no presenta salinidad.

Con los datos de la Tabla 1 b) se analizó a través de regresión lineal el comportamiento de la disponibilidad de Zinc en el suelo según Materia Orgánica y pH, representados en la Figura 2.

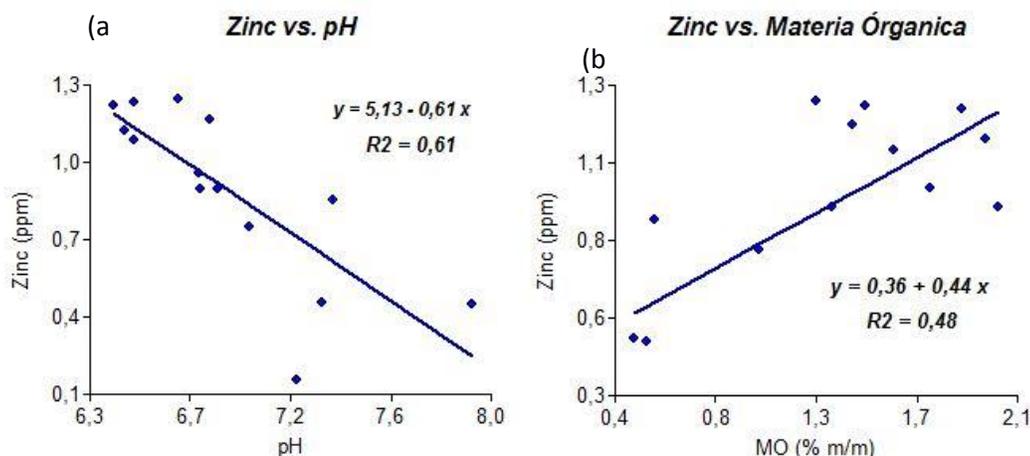


FIGURA 1. Comportamiento analizado a través de Regresión Lineal de: a) Materia Orgánica-Zinc, b) pH-Zinc

El Zinc aumenta su disponibilidad a mayor contenido de Materia Orgánica (Figura 2. a), mientras que a pH más alcalinos la disponibilidad se ve reducida (Figura 2. c)

La deficiencia de Zinc puede ser inducida o agravada por la fertilización con Fósforo, a través de la inhibición en la absorción del Zinc por enriquecimiento del fósforo soluble o mediante la reducción en el transporte a larga distancia dentro de la planta, lo cual generaría antagonismo nutricional entre el Fósforo y el Zinc (Malavolta, 2006).

Los niveles críticos del método de Olsen *et al.* (1954) indican: menos de 5 ppm: bajo, 5-10 ppm: medio, 10-15 ppm: adecuado, más de 15 ppm: alto. Estudios realizados en suelos Haplustoles énticos del área semiárida central de Córdoba, con datos obtenidos por el método de Olsen (P-Olsen), indican niveles de P-extractable en las profundidades de 0-5 cm de 23,7 ppm de P y 5-20 cm de 19,9 ppm en pos-cosecha de soja, que se hallan en el rango de contenidos calificados como "Altos". (Bachmeier, 1994).

Los niveles de Fósforo disponible en suelo que se muestran en la Tabla 1 a) revelan una cantidad de P de 51,03 ppm para la profundidad de 0-5 cm, mientras que para los 5-10 cm es de 50,53 ppm. En la Tabla 1.b de los Perfiles Promedios el suelo muestra que la concentración de P a 80 cm de profundidad sigue superando el nivel crítico.

Para descartar efectos antagónicos nutricionales en las plantas se realizaron análisis de contenido de fósforo y de zinc que se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3. Contenido de Fósforo (%) y Zinc (ppm) en diferentes momentos del ciclo

ESTADO FENOLÓGICO	P (ppm)	Zinc (ppm)
Emergencia	0,53	32,01
Cosecha	0,2	*

*Zinc en planta a cosecha no fue determinado por problemas con el extracto.

Bennett (1993) determinó una guía general para el criterio de rangos para diferentes nutrientes, en el caso de Fósforo tenemos: menos de 0.2% nivel crítico o deficiencia, 0.2-0.5% suficiencia, niveles más altos no indicarían toxicidad.

Bertola Cantarutti, R. et al. (2007) indicaron que los niveles normales de Zinc en planta se encuentran dentro del rango 20-40 mg.kg⁻¹ en los primeros estadios fonológicos.

CONCLUSIONES

La falta de respuesta al agregado de Zinc sería debido a que la disponibilidad de dicho micronutriente en el suelo es mayor al rango de valores umbrales reportados en la bibliografía internacional.

Los niveles de Zinc y Fósforo que arroja el análisis de plantas indican que las concentraciones en el tejido son normales, por lo que no se presenta antagonismo entre dichos elementos.

Los niveles de Materia Orgánica y pH, en superficie, permiten la disponibilidad del Zinc para que lo tome la planta.

Se plantea la necesidad de ampliar los estudios explorando otras condiciones ambientales para evaluar efectos sobre la fertilización con zinc y dilucidar los efectos interactivos entre los nutrientes aplicados.

AGRADECIMIENTOS

A los Sres. productores agropecuarios que facilitaron su campo para la realización del ensayo. Al Ing. Agr. Steinberg Mario, Ing. Agr. Maich Ricardo, Ing. Agr. Buffa Eduardo, profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC. Al Ing. Agr. Rampoldi Ariel y Tec. Pirtz Karen del Laboratorio de Suelo y Agua del INTA Manfredi.

BIBLIOGRAFÍA

- Alloway, B.J. 2008: Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA publications. International Zinc Association, Brussels.
- Andrade FH, Sadras VO. 200. Bases para el manejo de maíz, el girasol y la soja. Ed. Medica Panamericana. Pp. 207-232.
- Bachmeier, O. A. y A. A. Rollán, 1994. Fósforo extractable en un suelo Haplustol éntico del área semiárida central de Córdoba, Argentina. Comparación de dos métodos de evaluación. AGRISCIENTIA, VOL.XI:23-28 F
- Bertola Cantarutti, R., Félix de Barros, Nairam., Prieto Martinez, H. E., Ferreira Novais, R. 2007. Avaliação da Fertilidade do Solo e Recomendação de Fertilizantes. Em: Fertilidade do solo. (Novais, R. F., Alvare V, V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B. e Neves, J. C. L. eds.). SBCS, Viçosa. 1017p.
- Buffa E. V., Ratto S., 2005. Disponibilidad de cinc, cobre, hierro y manganeso extraíble con DTPA en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que la condicionan. Córdoba
- Correndo A. A. y García F. O., 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. International Plant Nutrition Institute.

- Delavalle, NB. (Ed.).1992. Determination of specific conductance in supernatant 1:2 soil:water solution. *In: Handbook of Reference Methods for Soil Analysis*. Soil and Plant Analysis Council, Inc. Athens, G.A. Pgs. 44-50.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2010. InfoStat versión 2010. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Espósito G., G. Balboa, C. Castillo, R. Balboa. Rio Cuarto 2010. Respuesta del trigo a la fertilización con zinc en Rio Cuarto.
- Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-27. En: M Vázquez (ed). *Micronutrientes en la Agricultura*. Asociacion Argentina de la Ciencia del Suelo 3(1-2): 23-29.
- Gregory J. y C.H. Frink, 1995. Phosphorus and zinc fertilization of corn grown in Connecticut soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:269-276.
- Gupta VC. 1979. Boron nutrition of crops. *Adv. Agron.* 31:273-307.
- Havlin, JL & PN Soltanepur. 1981. Evaluation of the NH₄HCO₃-DTPA soil test for iron and zinc. *Soil Sci. Soc.Am. J.* 45: 70-75.
- Lindsay, WL & WA Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42:421-428.
- Malavolta, E., G.C. Vitti, y S.A. de Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2da Ed.. rev e atual. POTAFOS. Piracicaba-SP. 319 pp.
- McGrath, SP. 1986. The range of Metal concentrations in topsoils of England and Wales in Relation to Soil Protection Guidelines. *Trace Substances in Environmental Health, A Symposium*, 2: 242-251.
- Melgar Rj., J. Lavandera, M. Torres Duggan, L. Ventimiglia. Pergamino 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz.
- Melgar, R. y M. Díaz Zorita. 2000. La fertilización de Cultivos y Pasturas. Editorial Hemisferio Sur- INTA
- Mengel, K. Y E. A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers , 1982. Phosphorus . *In: Methods of Soil Analysis* . Ed. A. L. Page. *Agronomy Vol. 9 (Part 2)*. pp . 403-430 . *Am. Soc . Agron ., Soil Sci. Soc. Am., Crop Sci . Soc. Am., Madison, WI*
- Ratto de Miguez S, Fatta N. 1990. Disponibilidad de Micronutrientes en suelos del área maicera nucleo. *Ciencia del Suelo* 8: 9-15.
- Ratto, SE. 2006. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. Pp 79-112. En: M Vázquez (ed). *Micronutrientes en la Agricultura*. Asociacion Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.
- Rivero E, GA Cruzate & R Turati. 2006. Azufre, Boro y Zinc: Mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la Región Pampeana. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunión de Suelos de la Región Andina. Salta-Jujuy.
- Sainz Rozas, H.2, H.E. Echeverría¹, P.A. Calviño³, P. Barbieri², 4 y M. Redolatti³. Buenos Aires 2001. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de zinc y cobre en el sudeste bonaerense. *Wheat response to zinc and copper addition in the southeastern of Buenos Aires province*.
- Salvagiotti, F., Castellarín, J. y Ferraguiti F.. EAA INTA Oliveros 2012. Respuesta a la fertilización con zinc y boro en el cultivo de trigo en el sur de Santa Fe.
- Sillanpaa P. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Soil. Bull.* 48.
- Walkley, A., I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science* 63: 521-263.