

Número 21 | Abril 2015

» **La importancia del Zinc
en nuestros cultivos.**

Realización

Ing. Agr. Mirta Toribio | Ing. Agr. Federico Moriones
Departamento de Investigación y Desarrollo Profertil

INTRODUCCIÓN

La fertilización con micronutrientes es una práctica poco difundida en la Argentina, a diferencia de otros países de alta producción agrícola unitaria (*Melgar et al, 2001*). No obstante, el aumento de los rendimientos como resultado del mayor uso de fertilizantes e híbridos o variedades de mayor potencial de rendimiento en la última década, hacen que cada vez sea más frecuente encontrar respuesta al agregado de estos elementos menores (*Andrade et al, 2000*).

En la actualidad, existe un creciente interés por incrementar la concentración de micronutrientes, por ejemplo, en los granos de los cereales. Dicho interés no sólo responde al objetivo de incrementar los rendimientos, sino también para subsanar deficiencias nutricionales, particularmente en las poblaciones rurales de ciertos países subdesarrollados (*Zhao y McGrath 2009*). Así, la Organización Mundial de la Salud, en su reporte del año 2002 (*WHO, 2002*), menciona que más de la mitad de la población mundial se encuentra afectada por deficiencias de Fe, Zn, Se e I. Paralelamente, se ha



observado que los incrementos en los rendimientos de los cultivos en los últimos 40 años han estado acompañados por una disminución en la concentración mineral en granos (*Fan et al, 2008*).

ÁREA AFECTADA EN CRECIMIENTO

Contando solo los cultivos extensivos, cerca de 12 millones de hectáreas estarían afectadas por deficiencias de los principales micronutrientes: Boro, Zinc y Cobre (*Tabla 1*). El área cultivada conocida con deficiencias de Boro alcanza 6.5 millones de hectáreas. Las áreas deficientes de Zinc son también extensas y no solamente restringidas a los cultivos pampeanos como Maíz, sino también cultivos regionales como Arroz, legumbres secas, y cítricos (*Melgar R., 2005*).

Los suelos de texturas más arenosas, propias del Oeste Bonaerense, La Pampa y Sur de Córdoba están asociados a niveles más bajos de materia orgánica (MO), el factor más importante asociado a una buena dotación de micronutrientes cationes, como Zinc y Cobre, ya que son ligados por los grupos carboxílicos de ésta, tornándose muy estables en el suelo (*Melgar R., 2005*).

Tabla 1: Estimación del porcentaje de área total afectada con algunos micronutrientes.

CULTIVO	B %	Zn %	Cu %
Soja	30	20	0
Girasol	50	20	0
Maíz	5	30	0
Alfalfa	30	10	0
Trigo	5	5	5
Pasturas	10	5	5
Porotos	50	50	0
Arroz	0	30	5



Fuente: Adaptación Ing. Agr. Ricardo Melgar. Uso de Micronutrientes en cultivos de Gruesa - Proyecto Fertilizar - INTA Pergamino.

DIAGNÓSTICO

Una estrategia de fertilización apropiada requiere de un diagnóstico preciso, una aplicación adecuada y un cultivo con elevada potencialidad de respuesta. En la actualidad, se han dado diversas condiciones que permiten realizar un diagnóstico más certero acerca de las expectativas de respuesta a la fertilización con microelementos. Estas incluyen Análisis de Suelo y tejido (Martens y Westermann, 1991), la observación de

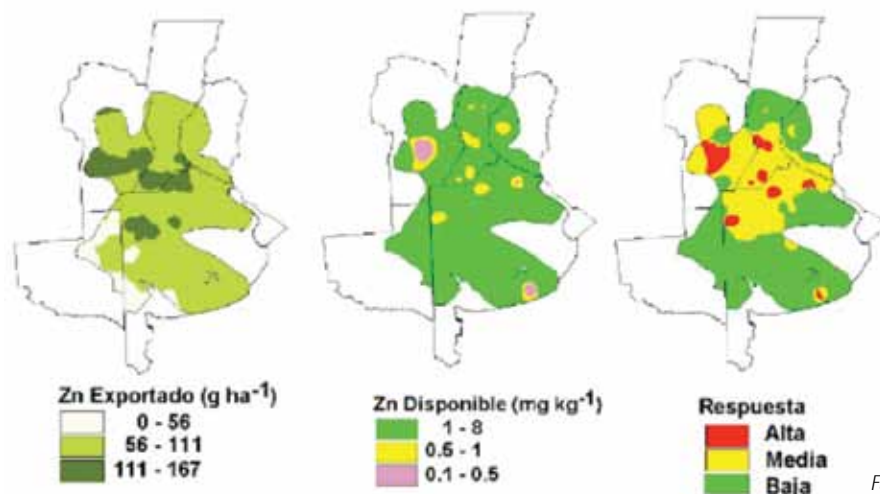
síntomas visuales a campo y un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris et al., 2007), acompañado de notables avances acerca del rol de los nutrientes en la respuesta de las plantas a condiciones de estrés (Yuncaí et al., 2008) y herramientas de medición, que permiten detectar pequeñas diferencias de rendimiento a nivel de campo (Reetz, 1996; Mallarino et al., 1998).

ZINC

Durante el 2006, Rivero y colaboradores, llevaron a cabo mapas tentativos de S, Zn y B en el suelo y necesidades de reposición por exportación en granos en distintos cultivos de la Región Pampeana. En el Gráfico 1 se observan los mapas de Zinc.

En estos mapas se observa que en general la disponibilidad de Zinc promedio de la región es alta (2,15 mg kg⁻¹). Hay una zona en el Centro de Córdoba, Sur de Santa Fe, N de Bs. As. y O de Entre Ríos con probabilidad media de respuesta y dentro de esta, áreas con mayor respuesta.

Gráfico 1: Zinc exportado en granos, disponible en los suelos y respuesta probable del cultivo a la fertilización.

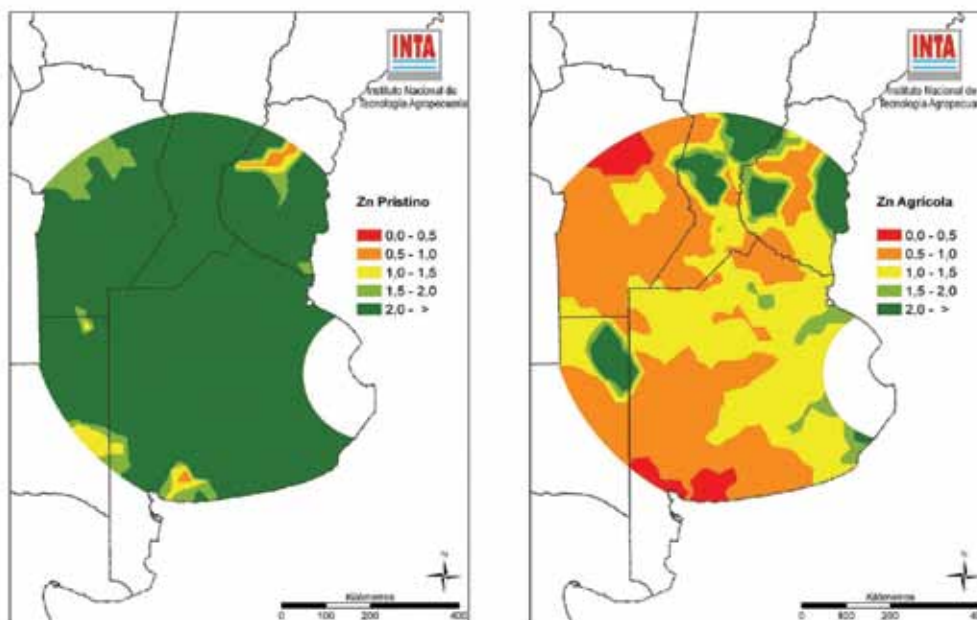


Fuente: Rivero, et al. 2006.

En el 2012 Hernán Saenz Rozas y colaboradores, presentaron un relevamiento que llevaron a cabo en suelos de aptitud agrícola de la Región Pampeana, en donde compararon los distintos niveles de MO, pH, CIC,

P Bray y formas disponibles de nutrientes en suelos prístinos versus suelos cultivados. En el *Gráfico 2*, se observa la disponibilidad de Zinc (Zn) en estos dos tipos de suelos.

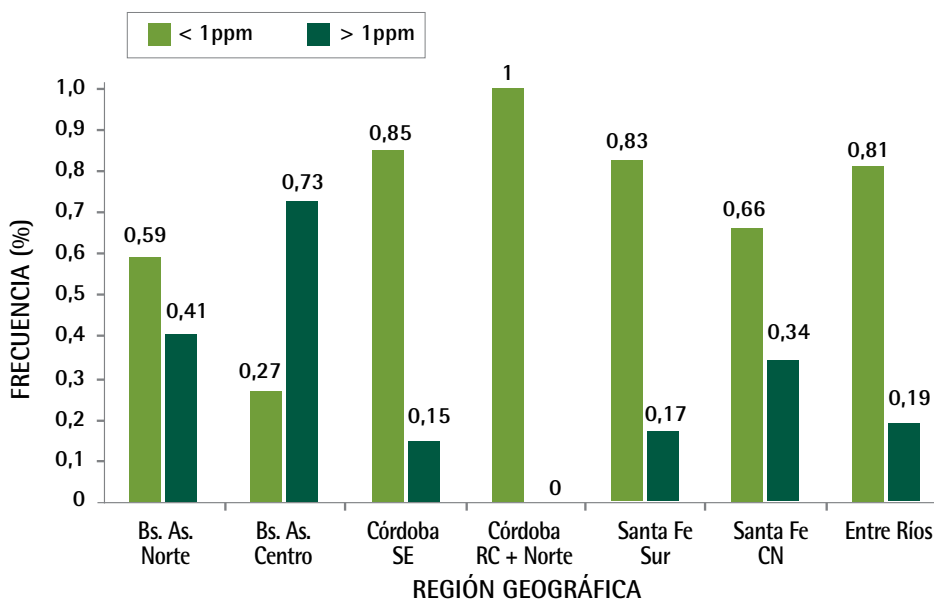
Gráfico 2: Disponibilidad de (Zn) en los suelos argentinos. Comparación de suelos prístinos vs cultivados.



Fuente: Ing. H. Saenz Rozas. 2012.

En el *Gráfico 3* se muestra una recopilación de datos de productores que llevó adelante el laboratorio SueloFértil (ACA Pergamino). En el mismo se observa la frecuencia (%) de suelos con deficiencia de Zinc (menos 1 ppm Zn) en las distintas zonas de la Región Pampeana.

Gráfico 3: Nivel actual de Zinc en Suelos de la Región Pampeana argentina.



Fuente: Tecnoagro, R. Rotondaro y A. Herrera. 2010.

FUNCIÓN Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

La función principal del Zn es la de activador enzimático, catalizando innumerables reacciones en procesos metabólicos como la respiración, la síntesis de clorofila y proteínas.

La deficiencia de Zn suele ocurrir temprano en el ciclo de crecimiento particularmente cuando los suelos están muy fríos. Esto se debe al lento crecimiento radicular comparado con el crecimiento de la parte aérea de la planta. El sistema radicular creciendo lentamente no puede absorber suficiente Zn para satisfacer las

necesidades de tallo y hojas. En algunas ocasiones las plantas parecen controlar estas deficiencias a medida que crecen, pero el daño ya se ha hecho y los rendimientos se reducen significativamente. La mayor parte del Zn en el suelo esta asociado con la Materia Orgánica (MO) que se acumula en los primeros 20 cm. Y su deficiencia se asocia con baja MO, la presencia de suelos arenosos de baja CIC, primaveras frías y dosis elevadas de fertilizante fosfatado en la línea de siembra, al presentar un antagonismo a nivel de superficie radicular con este elemento (Scheid López, 2006).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE ZINC EN DISTINTOS CULTIVOS:

MAÍZ: 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 respuesta positiva a su agregado con mayor frecuencia (Ferraris et. al., 2010).

ARROZ: Uno de los primeros síntomas es la presencia de plantas pequeñas que resultan de la escasez de reguladores de crecimiento. En casos de severas deficiencias de Zn, el macollamiento se reduce y puede detenerse completamente y el tiempo hasta la madurez puede prolongarse. Las nervaduras, en especial las cercanas a la base de las hojas jóvenes, se tornan cloróticas. En ocasiones aparece una línea blanca a lo largo de las nervaduras de la hoja. El crecimiento de la planta se estanca y se reduce el tamaño de las hojas.

TRIGO: Como el Zn se mueve poco en las plantas, los síntomas aparecen primero en las hojas que están en el medio de la planta (tanto en hojas viejas como nuevas). Las rayas cloróticas y necróticas, que aparecen a ambos lados de la nervadura central son típicas en deficiencia leves. En algunos casos, los bordes de las hojas aparecen con tonalidades rojas o cafés.



*Síntomas de deficiencia de Zn en el cultivo de Maíz.
Fuente: Depto. I+D Profertil.*



*Síntomas de deficiencia de Zn en el cultivo de Trigo.
Fuente: IPNI (archivo agronómico).*

SOJA: Los síntomas pueden ser: plantas verde claro; moteado internerval de las hojas más maduras que pasan a necrosis bronceada, nervaduras verdes. También produce internudos cortos y tallos rígidos y rectos afectando el desarrollo de la planta.



*Síntomas de deficiencia de Zn en el cultivo de Soja.
Fuente: gentileza del Ing. Gustavo Ferraris.*

RESPUESTA EN CULTIVOS

MAÍZ

La fertilización del Maíz con micronutrientes debe considerarse una técnica suplementaria o mejor aún complementaria de un Programa de Fertilización, utilizándola en periodos críticos de crecimiento, en momentos de demanda específica de algún nutriente, para corregir deficiencias indicadas por síntomas visuales o en casos de situaciones adversas del suelo que comprometan la nutrición de las plantas.

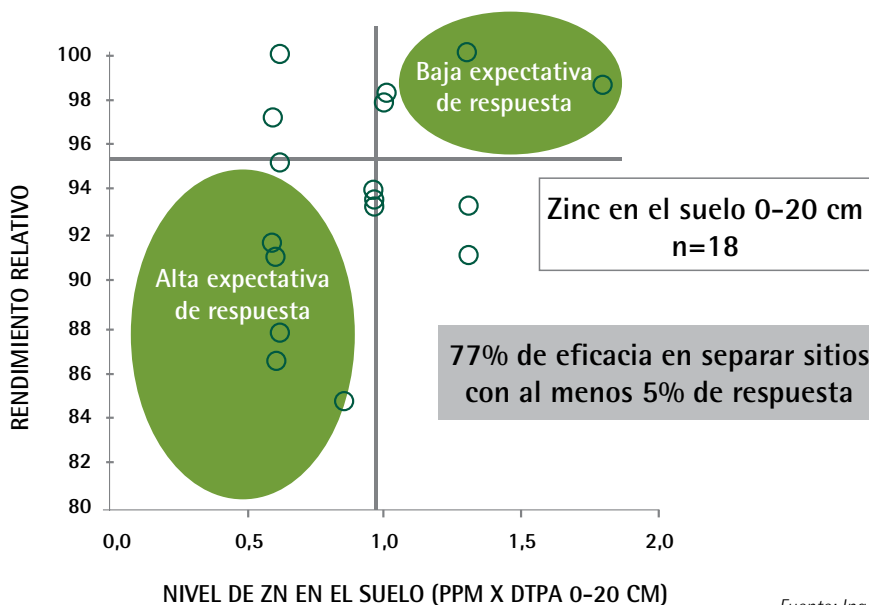
Las aplicaciones foliares de micronutrientes con tratamientos de fungicidas son más compensatorias en términos de costo, pero debe tenerse cuidado de que las mezclas no lleven a la ineficiencia de uno o más productos. Las soluciones para la aplicación deben contener menos de 1% de cada una de las fuentes, mientras que las soluciones con más del 3% de concentración pueden causar fitotoxicidad en las plantas.

Hay que tener precaución cuando aplicamos más de un nutriente; algunos no son compatibles. Por ejemplo, la urea aumenta la absorción de Zn y otros micronutrientes por las hojas. En cambio, el Ácido Bórico y los boratos son incompatibles con el Zn y el Cu, y las sales de Zn son incompatibles con las sustancias oleosas.

En el *Gráfico 4*, se observa la expectativa de respuesta al Zinc en el cultivo de Maíz, según el Análisis de Suelo. Cuando el mismo arroja menos de 1 ppm de Zn, hay altas expectativas de respuesta.

Estos datos están basados en ensayos del Ing. Ferraris *et al*, Ing Ventimiglia *et al*; Ing Salvagiotti *et al* y los Ings Castillo y Eposito.

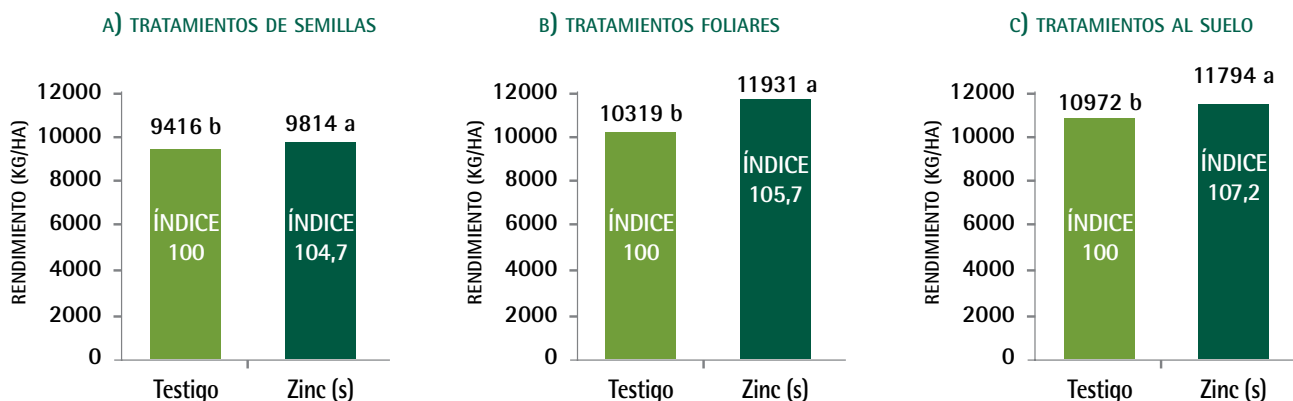
Gráfico 4: Expectativas de respuesta del cultivo de Maíz a la fertilización con Zinc según resultado de Análisis de Suelo.



Fuente: Ing. G. Ferraris *et al*. 2012.

El Ing. G. Ferraris y colaboradores condujeron una red de 32 ensayos en las localidades de Pergamino, San Antonio de Areco, Arrecifes, 9 de Julio y La Trinidad, donde evaluaron tratamientos sobre semilla (12 experimentos), siendo la dosis aplicada de 0,1 a 0,2 kg Zn ha⁻¹, aplicaciones foliares (16 experimentos) en estadios vegetativos (V₅ a V₇) a dosis de 0,3 a 0,5 kg Zn ha⁻¹ y aplicaciones al suelo (4 experimentos) entre V₀ y V₆ usando como vehículo soluciones nitrógeno-azufradas, siendo la dosis de 0,4 a 3,5 kg Zn ha⁻¹. Todos los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar, con 3-4 repeticiones (Gráfico 5).

Gráfico 5: Respuesta porcentual a la aplicación de Zn en Maíz bajo distintas formas de aplicación.



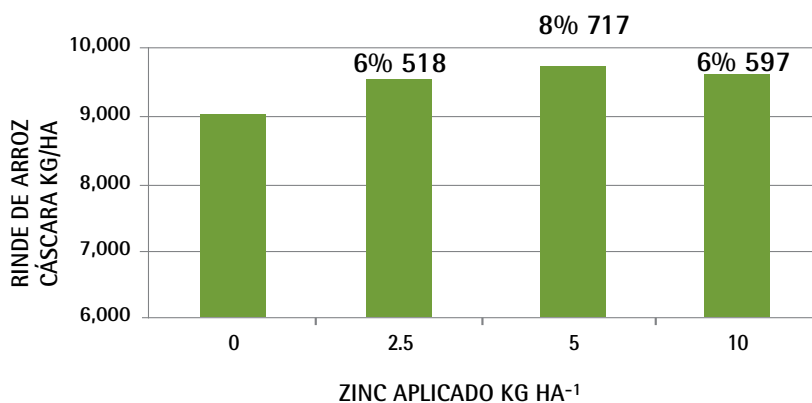
Fuente: Ferraris et al., 2010.

Los tratamientos aplicados al suelo, si bien fueron evaluados en menor número, permitieron alcanzar la máxima respuesta sobre el testigo (p=0,003; cv=1,2%), de 7,2 % (Figura 9.c).

ARROZ

En Arroz también se reportan respuestas importantes a la aplicación de Zn como oxisulfato al suelo, pero el uso más frecuente es por tratamientos de la semilla de Óxido de Zn. Los óxidos son más concentrados por unidad de peso, pero mucho menos solubles que los sulfatos. En el Gráfico 6 se observa que con 5 kg ha⁻¹ de Zn hubo un aumento en el rinde del 8% (717 kg ha⁻¹) (Gráfico 6).

Gráfico 6: Respuesta promedio del cultivo de Arroz a la aplicación con Zinc al suelo, de 4 sitios entre 1998 al 2000 en el SE de Corrientes.

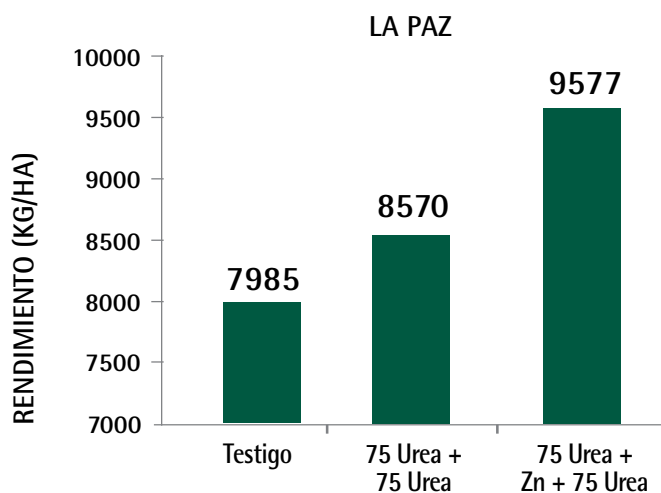


Fuente: Figueroa, 2001.

La deficiencia de Zn en Arroz se conoce por hojas blanquecinas y débiles que se quiebran. Es común observarla en Suelos Vertisoles de las arroceras en Entre Ríos, apareciendo en las zonas adonde se da la inversión de horizontes, con el subsuelo aflorante con carbonatos. El pH más alto de estos horizontes resulta en una menor disponibilidad de Zinc (Ing. Melgar, 2005).

El Depto. de I+D de Profertil, (durante la Campaña 2013/14) realizó ensayos de Arroz en distintas localidades de la Provincia de Entre Ríos, en los que se evaluó la respuesta a Zinc. Los resultados de la localidad de La Paz se observan en el *Gráfico 7*.

Gráfico 7: Evaluación del Rendimiento del cultivo de Maíz (kg ha⁻¹) bajo distintas estrategias de fertilización. Localidad La Paz. Campaña 2012/13.



Fuente: Ing. Cesar Quinteros UNER. y Dto. I+D. Profertil S.A. 2014.

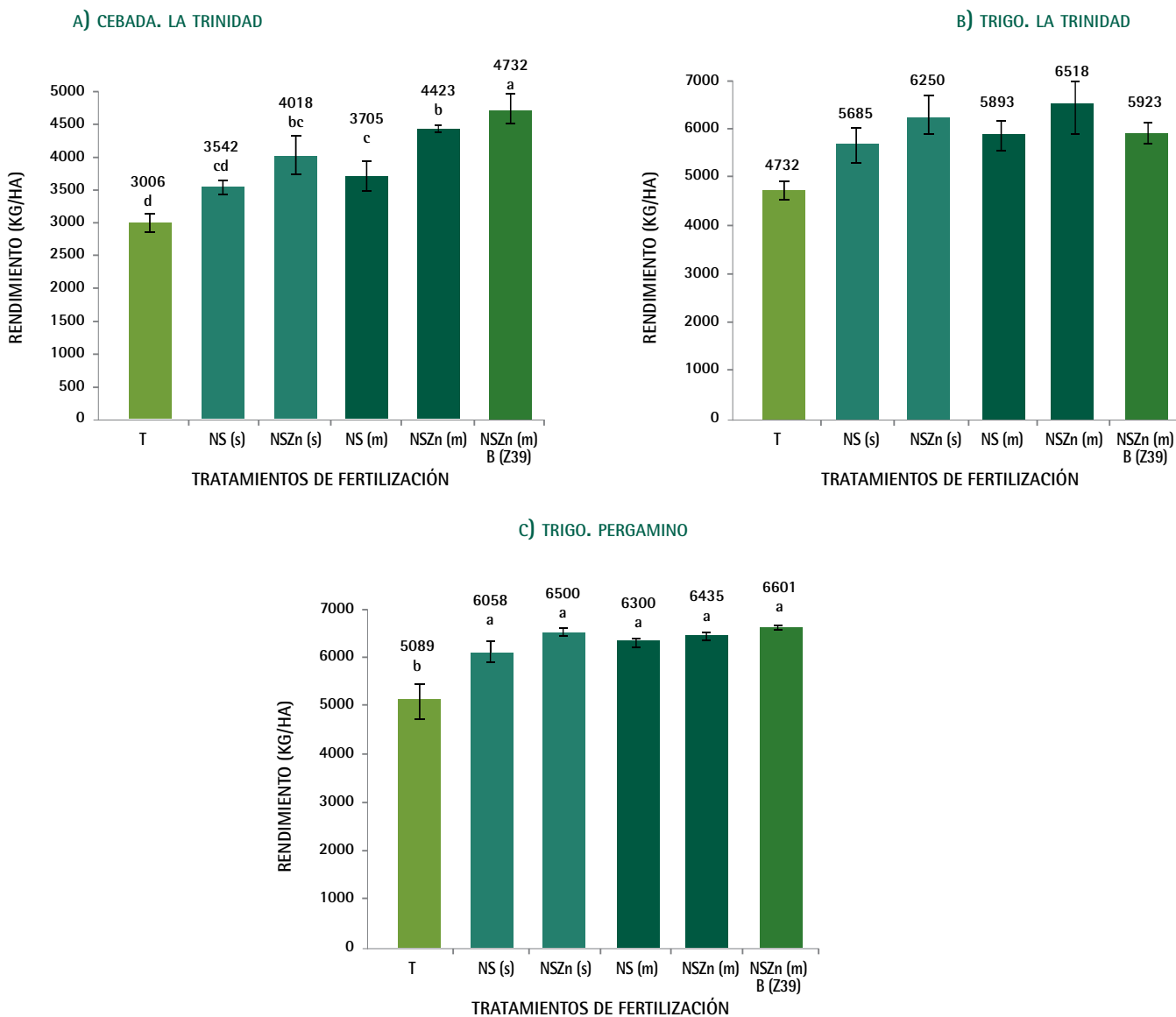
CEREALES DE INVIERNO

Durante el año 2013, el Ing. G. Ferraris y colaboradores condujeron ensayos de campo donde se evaluó la respuesta de Trigo y Cebada a la aplicación de nutrientes principales y micronutrientes. Los experimentos fueron conducidos en la EEA INTA Pergamino y la EAS Concepción G. de Unzué de La Trinidad Pcia. de Bs. As. (*Gráfico 8*).



	Curasemillas	Dosis
T1	Testigo	Testigo
T2	NS (s)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹
T3	NSZn (s)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹ Zinc 1,5 kg ha ⁻¹
T4	NS (m)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹
T5	NSZn (m)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹ Zinc 1,5 kg ha ⁻¹
T6	NSZn (m) B (f)	Nitrógeno 100 kg ha ⁻¹ Azufre 20 kg ha ⁻¹ Zinc 1,5 kg ha ⁻¹ Boro 0,4 kg ha ⁻¹

Gráfico 8: Producción media de grano de a) Cebada Cervecera b) Trigo en La Trinidad y c) Trigo en Pergamino, según estrategias de fertilización con Nitrógeno, Azufre, Zinc y Boro aplicadas a la siembra, macollaje y hoja bandera. La Trinidad – Pergamino, 2013.



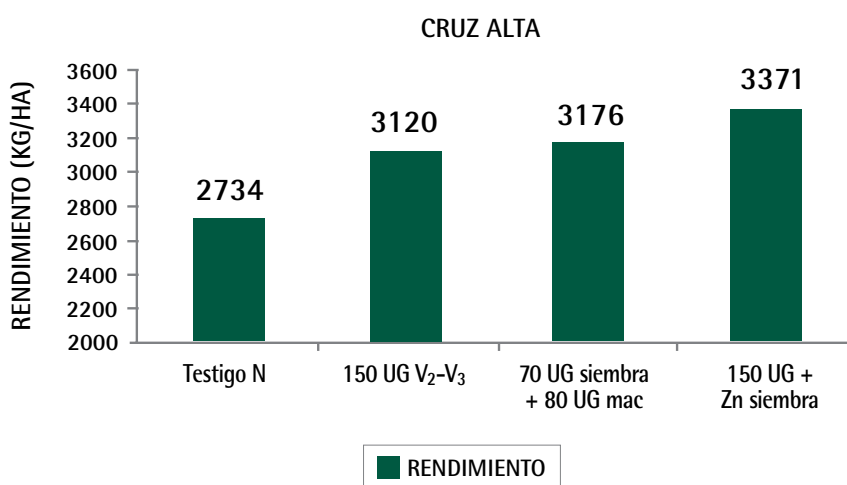
Fuente: Ing. Ferraris, 2013.

Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0,05$).
Las barras de error indican la desviación estándar de la media.

Como se muestran en el Gráfico 8 (a, b y c), todos los experimentos evidenciaron visualmente un mejor comportamiento de las aplicaciones de NS y Zn a la siembra, sin embargo los rendimientos finales mostraron equidad entre momentos de aplicación. Aún más, se pudo observar una ligera ventaja no significativa a favor de aplicaciones en macollaje, especialmente en el ensayo de Cebada.

En ensayos realizados por el Depto. de I+D (Profertil) en el Sur de Santa Fe, se encontró respuesta en el cultivo de Cebada al agregado de Zinc con diferencias de unos 250 kg/ha (Gráfico 9).

Gráfico 9: Evaluación del Rendimiento en el cultivo de Cebada (kg ha^{-1}) bajo distintas estrategias de nutrición. Localidad de Cruz Alta (Santa Fe).



Fuente: Elaboración propia, Dto. I+D. Profertil S.A.

FUENTES DE ZINC

Hay diversas fuentes de Zinc en el mercado, las mismas pueden aplicarse con la semilla, al suelo o foliar.

Las aplicaciones en superficie al voleo pueden requerir entre 10 a 20 kg ha^{-1} de Zn. y pueden durar entre 4 a

5 años. Las aplicaciones en superficie en banda puede requerir solamente entre 2 a 4 kg ha^{-1} , las dosis dependen de los análisis de contenido de Zinc en el suelo. En suelos de pH alto en donde se espera una alta inmovilización del Zinc, se puede aplicar en forma foliar con dosis de 0,5 a 1 kg ha^{-1} de Zn.

Fuente de Zn	Formula	%Zn	Solubilidad en agua	Aplicación
Óxido de Zinc	ZnO	78 - 80	Insoluble	Coated - Polvo fino
Sulfato básico de Zinc	ZnSO ₄	55	Soluble	Apto para fertirriego
Oxisulfato de Zinc	ZnSO ₄ ·4Zn(OH) ₂	40 - 55	Parcialmente soluble	No apto para riego
Sulfatos de Zinc hidratados	ZnSO ₄ ·nH ₂ O	23 - 36	Soluble	Apto para fertirriego
Cloruro de Zinc	ZnCl ₂	28	Soluble	
Fosfato Amónico de Zinc	Zn(NH ₄)PO ₄ ·H ₂ O	34	Soluble	
Quelatos de Zinc	Zn-EDTA	3.7 - 14	Totalmente soluble	Apto para foliar y fertirriego
Complejos Orgánicos de Zinc:	Zn-DTPA	5 - 10	Muy soluble	Foliar y fertirriego
Citrato de Zn				
Sales de Zn y aminoácidos				
Glucosheptanato de Zinc				
Humato de Zinc				
Lignosulfonato de Zinc				
Sucrato de Zinc				
Zinc NTA				

Fuente: Melgar et al, 2012. Guía 2012 de Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales.

Un fertilizante de Zinc debe tener entre 40 y 50% de solubilidad en agua. La apariencia del material puede dar indicios de su solubilidad:

- » Si es blanco, es altamente soluble en agua.
- » Si es gris u oscuro, su solubilidad no se sabe.



Fertilizante de Zinc con alta solubilidad.

BIOFORTIFICACIÓN CON ZINC

El creciente uso de los fertilizantes en los cultivos agrícolas ha aumentado la producción por unidad de superficie, incrementando la oferta total de alimentos y contribuyendo a su vez a la calidad de los mismos y a su contenido de elementos trazas (micronutrientes) esenciales.

La misión de la agricultura es mucho más que producir alimentos básicos; es suministrar alimentos que nutran la salud humana. El uso de fertilizantes refuerza esa misión (Bruulsema et al, 2013).

Los fertilizantes contribuyen tanto a la cantidad como a la calidad de los alimentos producidos.

BIOFORTIFICACION es el proceso por el cual se obtienen alimentos provenientes de cultivos ricos en elementos necesarios para la nutrición. Estos cultivos fortificados tienen una alta carga de minerales y vitaminas en sus semillas y raíces los cuales son cosechados e ingeridos. A través de la BIOFORTIFICACION se puede proveer a la población con alimentos que naturalmente reducen los problemas en salud (Salomón et al, 2005).

requisito ser ampliamente consumido por la población de riesgo (Salomón et al, 2005).

Este procedimiento debe tener en cuenta las características y costumbres de la población a la cual se desee aplicar. El alimento BIOFORTIFICADO debe reunir como principal

Se ha encontrado una buena respuesta entre la fertilización con Zinc y el Zinc en grano de los cultivos de Arroz y Trigo. Shivay et al 2008, encontró que aplicaciones al suelo de Zinc como Sulfato de Zn o de Urea recubierta con Zinc no solo incrementaron el rendimiento sino también la concentración en el grano de Arroz y Trigo (Tabla 3). Por lo tanto la adecuada fertilización de los cultivos podría ayudar parcialmente a la toma de Zn para la seguridad alimentaria de la población.

Tabla 3: Evaluación del contenido de Zinc en grano de Arroz y Trigo bajo distintas dosis de Zinc aplicado al suelo.

Aplicación de Zn (kg ha ⁻¹)	Arroz (mg kg ⁻¹)	Trigo (mg kg ⁻¹)
0	27.1	38.1
2.6	32.7	41.3
5.2	39.0	43.8
7.8	42.3	47.3

Fuente: Shivay et al. 2008.



COMENTARIOS FINALES

La respuesta en rendimiento de los distintos cultivos a micronutrientes como el Zinc está comprobada. Esta respuesta la podemos encontrar cuando tenemos lotes con niveles bajos de Zinc (Análisis de Suelo), por condiciones climáticas (suelos fríos) o por antagonismo producido con otro elemento (P/Zn).

A su vez, también está comprobado que aumentando el nivel de Zn en la planta, podemos aumentar los niveles de este elemento en el grano. Esto hace que la fertilización

tenga un rol fundamental a la hora de evaluar qué tipo de alimentos queremos producir.

Por lo tanto, no hay duda que la fertilización con Zinc es clave para el buen desarrollo de un cultivo de alta calidad nutricional, por lo que se espera que bajo el concepto de trabajar con las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) en la fertilización para una Intensificación Productiva Sustentable, esta tecnología se adopte rápidamente en los próximos años.



BIBLIOGRAFÍA

- » Andrade F.H.; Sadras V.O. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Ed. Médica Panamericana. Pp. 207-232. 2000.
- » Bruulsema, T. W.; Heffer, P.; Welch R. M., Cakmak, I. y Moran, K. *Fertilizar los cultivos para mejorar la salud humana: Un estudio científico. Resumen*. IPNI and International Fertilizer Industry Association. 2013.
- » Cakmak, I. and Braun, H. J. *Application of physiology in Wheat Breeding*. CIMMYT. 1999.
- » Fan, M.; Zhao F.; Fairweather-Tait S.; Poulton P.; Dunham S. and McGrath S. P. 2008. *Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years*, J Trace Elements Med Biol 22: 315-324.
- » Fancelli, AL. *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. 2007pp. 2006.
- » Ferraris G. N. *Micronutrientes en cultivos extensivos. Necesidad actual o Tecnología para el Futuro?* Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino - Buenos Aires, Argentina. 2011.
- » Ferraris G. N. *Zinc y Boro en cereales de invierno. Experiencias de la Campaña 2013/14*. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino - Buenos Aires, Argentina. 2014.
- » Ferraris, G. y L. Couretot. *Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07 (c)*. En: *Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007*. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116-122. 2007.
- » Ferraris G., Couretot, LA, Ventimiglia, LA y Mousegne F. *Respuesta al Zinc en maíz utilizando diferentes tecnologías de aplicación en la Región Centro Norte de Buenos Aires*. INTA Pergamino. Desarrollo Rural INTA E.E.A. INTA Pergamino, AER 9 de Julio y AER San Antonio de Areco. Buenos Aires. 2010.
- » Ferraris, G., Couretot L. y Urrutia J. *Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de zinc en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas*. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p. 2011.
- » Mallarino, A.P., Witty D. J.; Dousa D., and Hinz P. N. *Variable rate phosphorus fertilization: On-farm research methods and evaluation for corn and soybean*. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 4th, Minneapolis, MN. 19-22 July 1998.

ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 1998.

- » Martens, D. and D. Westermann. *Fertilizer Applications for Correcting Micronutrient Deficiencies. Micronutrients in agriculture.* Disponible on line. eprints.nwisrl.ars.usda.gov 1991.
- » Martínez F. y Cordone G. *Fertilización en soja con micronutrientes. Ensayos exploratorios.* Campaña 2004-05. INTA Casilda. 2005.
- » Melgar, R. *Uso de Micronutrientes en Cultivos de Gruesa.* Proyecto Fertilizar - INTA Pergamino. Revista Fertilizar N°1, 2005.
- » Melgar, R.; Lavandera R.; Torres Dugan M. y Ventimiglia L. *Respuesta a la Fertilización con Boro y Zinc en sistemas intensivos de Producción de Maíz.* EEA-INTA Pergamino. UEEA-INTA 9 de Julio. 2001.
- » Melgar, R.; Torres Dugan M. y Camozzi M.E. *Guía 2012 de Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales.* Fertilizar A.C. 2012.
- » Prasad Rajandra. *Zinc biofortification of food grains in relation to food security and alleviation of zinc malnutrition.* Current Science, vol. 98, N°10, 2010.
- » Ratto, S. y Miguez F. *Zinc en el cultivo de maíz. Deficiencia de oportunidad.* Boletín de Informaciones Agronómicas N°63. IPNI.
- » Reetz, H.F. *On-farm research opportunities through site-specific management.* p. 1173-1176. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int Conf. Precision Agric., 3rd, Minneapolis, MN. 23-26 June 1996.
- » Rivero, E.; Cruzate, G. A. y Turati, R. *Azufre, Boro y Zinc: Mapas de disponibilidad y Reposición en suelos de la Región Pampeana.* Instituto de Suelos-CRN-INTA. Consultor Privado. Publicado en Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I- Reunión de Suelos de la Región Andina. Salta-Jujuy. Rep. Argentina. 2006.
- » Sainz Rozas, H.; Echeverría, H.; Barbieri, P.; Eyherabide, M. *Relevamiento y determinación del contenido de MO, pH, CIC, P-Bray y formas disponibles de nutrientes en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana.* INTA Balcarce y AC Fertilizar. 2012.
- » Salomón, N; Miranda R.; Galantini J. y Landriscini M. R. *Trigos Biofortificados su relación con la calidad Industrial y Nutricional.* 2005.
- » Scheid López, A. *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. 2006.
- » Shivay, Y. S., Kumar, D and Prasad, R. *Relative efficiency of Zinc sulphate and zinc oxide coated urea in rice-wheat cropping system.* *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.*, 2008, 39, 1154-1167.
- » Shivay, Y. S., Kumar, D., Prasad, R. and Ahlawat, I. P. S. *Relative yield and zinc uptake by rice from zinc sulfate and zinc oxide coatings onto urea.* *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 2008, 80, 181-182.
- » Shivay, Y. S., Prasad, R. and Rahal, A. *Relative efficiency of zinc oxide and zinc sulphate enriched urea for spring wheat.* *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 2008, 82, 259-264.
- » Torres Dugan, M.; Rotondaro R. y Herrera A. *Niveles actuales de Zinc en los suelos de la Región Pampeana argentina.* Tecnoagro y Laboratorio SueloFertil. ACA-Pergamino. 2010
- » WHO 2000. *The world health report 2002.* Geneva. World Health Organization. 2002.
- » Yuncai, HU, Zoltan Burucs, Urs Schmidhalter. *Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity.* *Soil Science & Plant Nutrition* 54 (1):133-141. 2008.
- » Zhao, F.; McGrath, S. *Biofortification and phytoremediation.* *Current Opinion in Plant Biology* 2009, 12:373-380

