

# RESPUESTA AL ZINC EN MAÍZ UTILIZANDO DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN EN LA REGIÓN CENTRO NORTE DE BUENOS AIRES

Ferraris, GN<sup>1</sup>, Couretot, LA<sup>1</sup>, Ventimiglia, LA<sup>2</sup> y Mousegne, F<sup>3</sup>

<sup>1</sup>.Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino, Buenos Aires. <sup>2</sup>.AER 9 de Julio <sup>3</sup>.AER San Antonio de Areco [nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)

## Abstract

Zinc (Zn) is an essential nutrient, ordered to catalyze numerous enzymatic reactions. The situations of deficiency of the nutrient are frequent, characterized by the presence of longitudinal white bands and plants of smaller growth. Between 2004/05 and 2009/10, 32 field Zinc experiments were made in Pergamino, Arrecifes, San Antonio de Areco, La Trinidad and 9 de Julio. The treatments were applied on seed (12), foliar (16), or to soil (4). Taken together, all fertilization technologies increased the yields, with the positive difference of 4.2, 5.7 and 7.2% for seed, foliar and soil treatments, respectively. Between technologies, soil application showed dose-response, because of the retention that exerts colloids on the cation. The magnitude of the response was independent of the year, hydric balance, location, type of soil and crop level, manifested through a larger number of grains associated with increases in initial plant growth. The Zn proved to be an important element for maize in the region.

*Key words: Zinc, corn, response, fertilization technologies.*

*Palabras claves: Zinc, maíz, respuesta, alternativas tecnológicas.*

## Introducción

En 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)

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a Zn en maíz, bajo diferentes combinaciones de dosis-momentos-formas de aplicación. Hipotetizamos que el Zn mejora diversos parámetros morfológicos y los componentes del rendimiento de maíz, impactando positivamente en la productividad final. Estos incrementos pueden ser obtenidos a través de diferentes alternativas tecnológicas, otorgando un espectro amplio de oportunidades de aplicación.

## Materiales y métodos

Se condujeron 32 ensayos de fertilización con Zinc, en las localidades de Pergamino, San Antonio de Areco, Arrecifes, 9 de Julio y La Trinidad, sobre suelos Argiudoles típicos (29) y Hapludoles énticos (3). Se evaluaron tratamientos sobre semilla (12 experimentos), siendo la dosis aplicada de 0,1 a 0,2 kg ha<sup>-1</sup>, aplicaciones foliares (16 experimentos) en estadios vegetativos (V5 a V7) a dosis de 0,3 a 0,5 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>. Todos los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar, con 3-4 repeticiones. En cada uno de los experimentos, los resultados de testigo y fertilizado son promedio de diferentes dosis de NPS, aunque en general estos elementos no fueron limitantes. En ocasiones, el rendimiento del tratamiento con Zn fue promedio de diferentes dosis.

Se analizó la respuesta en forma de rendimientos relativos (RR), calculados como (R Fertilizado / R Testigo x 100). Los efectos de tratamiento fueron separados por campaña, localidad, ambiente hídrico, nivel de rendimiento y forma de aplicación. En algunos de estos experimentos se evaluó el nivel de Zn en suelo (DTPA 0-20 cm), y se caracterizó el efecto a través de diversos parámetros morfológicos: **AP**: Altura de planta, **MSA**: Materia seca aérea, **MSR**: Materia seca radicular, **AFP**: Altura final de planta, **Spad**: Índice de verdor medido con Minolta Spad 502, **Cob**: Cobertura del cultivo en R1, **NG**: Número de granos, **PG**: Peso de los granos, **PH**: Peso hectolítrico de los granos. Los resultados fueron analizados a través de ANOVA, comparaciones de medias, análisis de regresión y contrastes ortogonales.

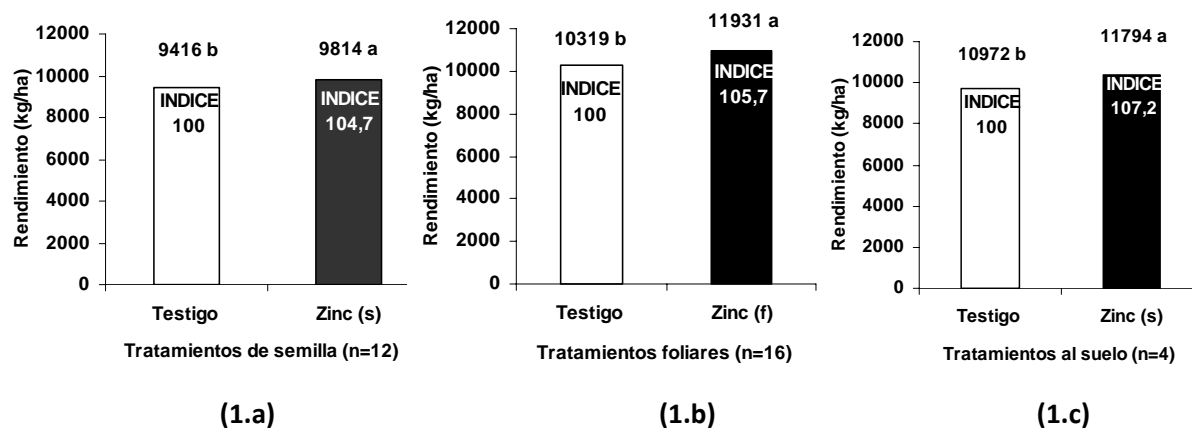
## Resultados y discusión

Los rendimientos oscilaron en un rango amplio, entre 5738 y 15313 kg ha<sup>-1</sup> en el testigo, y 6245 a 15539 kg ha<sup>-1</sup> en los fertilizados. La respuesta alcanzada osciló entre -8,4 y 15,6 %, con sólo dos experimentos con respuesta negativa. La magnitud de la respuesta no estuvo asociada a un efecto año, nivel de rendimiento, tipo de suelo, localización geográfica, o balance hídrico. Cuando se compararon grupos de experimentos en categorías en base a lo descripto, no presentaron diferencias entre sí ( $p > 0,10$ ). Asociando la respuesta a Zn con estas variables, la pendiente de la regresión no fue significativa, ( $p > 0,10$ ).

La respuesta media a los tratamientos de semilla fue significativa ( $p = 0,007$ ;  $cv = 3,0\%$ ) alcanzando un 4,7 % (Figura 1.a). Si bien la eficiencia de uso del nutriente (EUZn) fue máxima bajo esta forma de aplicación a causa de la menor dosis aplicada, la respuesta total fue inferior en comparación con otras formas de aplicación, y cuando el ambiente fue predisponente, los síntomas de deficiencia se manifestaron aún en las parcelas tratadas.

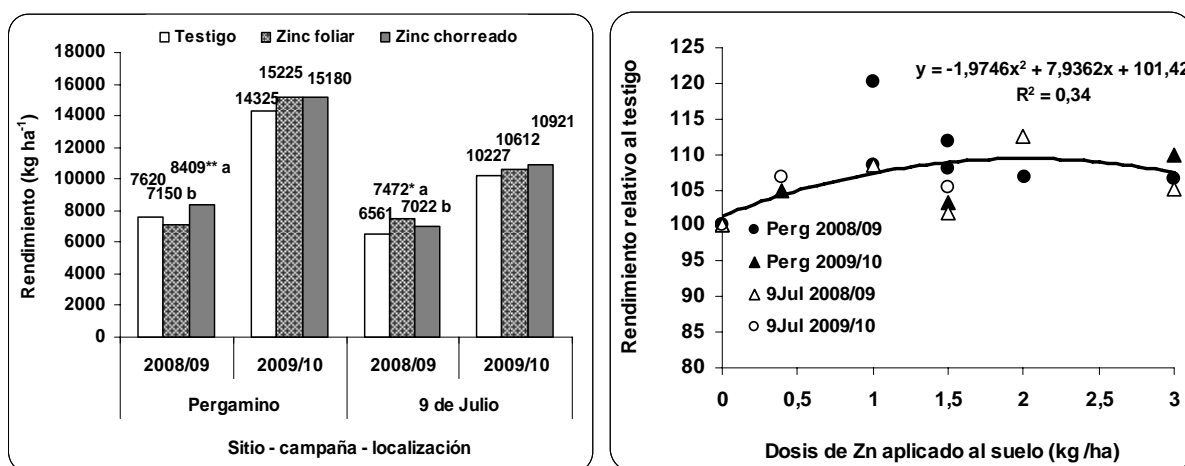
Los tratamientos de aplicación foliar incrementaron significativamente los rendimientos ( $P = 0,001$ ;  $cv = 3,9\%$ ), como media de los 16 experimentos evaluados. Las aplicaciones foliares lograron una aceptable relación respuesta-dosis. Aún cuando fueron demoradas entre 40 y 50 días con relación a la siembra para permitir suficiente expansión foliar, mediante esta variante se consiguió obtener una respuesta cercana a la máxima, de 5,7 % (Figura 1b). La aplicación de Zn por vía foliar podría realizarse de manera conjunta con otros agroquímicos destinados a la protección del cultivo, como insecticidas y herbicidas, aunque deben utilizarse fuentes de alta calidad para facilitar su absorción (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 1.c). Las dosis aplicadas fueron considerablemente superiores a las de las restantes alternativas, disminuyendo así las EUZn. Esta alternativa no requiere de labores adicionales si se consigue integrar con la aplicación de soluciones NS y, a causa del balance positivo de esta estrategia, se podrían obtener efectos residuales sobre los siguientes cultivos (Galrão, 1996).



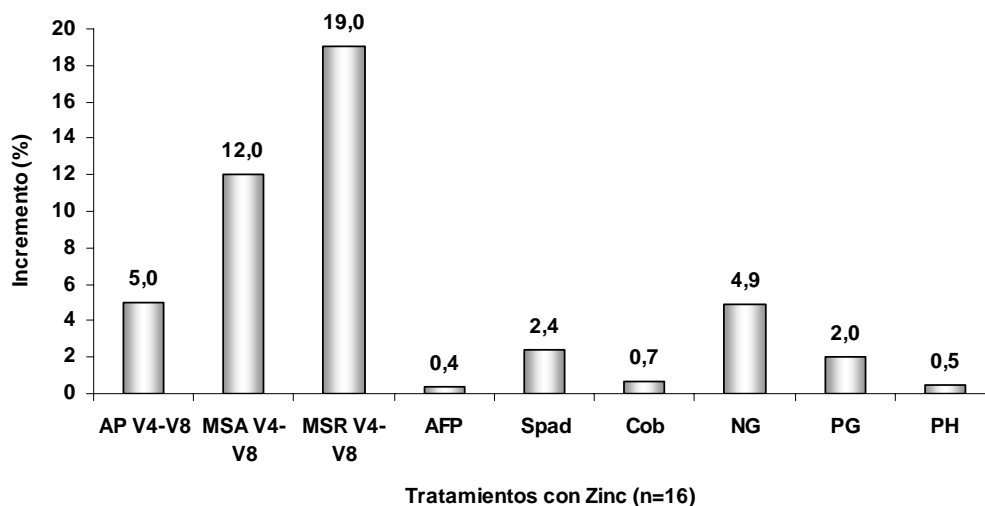
**Figura 1.** Respuesta porcentual a la aplicación de Zn en maíz por medio de a) tratamientos de semilla ( $0,1-0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) b) aplicaciones foliares entre V5-V7, ( $0,3-0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y c) aplicaciones al suelo entre V0 y V6 ( $0,4-3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

En cuatro de los experimentos presentados, se compararon aplicaciones por vía foliar ( $0,4 \text{ kg Zn ha}^{-1}$ ) y al suelo ( $0,4-3,5 \text{ kg Zn ha}^{-1}$ ) (Figura 2). En tres de ellos se determinaron respuestas significativas a la fertilización con Zn. Comparados a través de contrastes, en uno de los ensayos la aplicación al suelo fue la vía más eficiente (Pergamino 2008/09) ( $P=0,05$ ), en otro lo fue la alternativa foliar (9 de Julio 2008/09) ( $P=0,09$ ), mientras que en Pergamino 2009/10 ambas variantes presentaron rendimientos similares ( $P>0,10$ ). A causa de la retención que ejercen los coloides del suelo sobre el Zn, esta variante de aplicación presentó respuesta a dosis, alcanzando el rendimiento máximo con  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 2.b). Las respuestas obtenidas en este trabajo están dentro del rango observado en diferentes áreas de la región pampeana. Así, González Montaner y Di Napoli (1997) encontraron respuestas significativas a Zn en tres de 13 sitios en las Rosas (Santa Fe), y Carta et al., (2001) determinaron incrementos significativos en un ensayo de 9 de Julio (Bs As). Melgar et al., (2001), trabajando en 14 sitios del N de Bs As y Sur de Santa Fe, observaron incrementos estadísticamente significativos en el 36 % de los casos, siendo los incrementos para los sitios con respuesta de  $740 \text{ kg ha}^{-1}$ . Respuestas superiores en magnitud y frecuencia han sido observadas en cambio, en regiones deficientes de EEUU (Pais y Benton Jones, 2000) y Brasil (Galrao, 1996).



**Figura 2.** a) Rendimiento de maíz como resultado de la aplicación de tratamientos de fertilización vía foliar o al suelo, en dos localidades –Pergamino y 9 de Julio- y dos campañas -2008/09 y 2009/10- b) efecto de dosis dentro de los tratamientos aplicados al suelo.

Los tratamientos con Zn mejoraron diferentes variables de cultivo, siendo de mayor importancia aquellas relacionadas con el crecimiento inicial de la planta, como altura de planta, biomasa aérea y radicular en V4 (Figura 3). Dentro de los componentes de rendimiento, el NG expresó las mayores diferencias incrementado en un 4,9 %, mientras que el PG lo hizo en 2%



**Figura 3:** Incrementos relativos (%) de tratamientos fertilizados con Zinc en comparación al testigo en algunas variables de cultivo, promedio de 16 experimentos realizados vía semilla, foliar o aplicados al suelo. Las tres primeras variables fueron evaluadas únicamente en ensayos con tratamientos de semilla, o aplicadas al suelo entre siembra y V2. **AP:** Altura de planta, **MSA:** Materia seca aérea, **MSR:** Materia seca radicular, **AFP:** Altura final de planta, **Spad:** Índice de verdor medido con Minolta Spad 502, **Cob:** Cobertura del cultivo en R1, **NG:** Número de granos, **PG:** Peso de los granos, **PH:** Peso hectolítrico de los granos.

### Conclusiones

El Zn, en diversas combinaciones de formas-dosis-momentos de aplicación, permitió incrementar significativamente los rendimientos de maíz, especialmente a través de un mayor crecimiento vegetativo con impacto en el NG.

Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis propuesta, mostrando al Zn como un nutriente de importancia para un amplio rango de situaciones productivas en las que se cultiva el maíz en el centro norte de Buenos Aires.

### Bibliografía

- Carta H., L. Ventimiglia y S. Rillo. 2001. Maíz: Fertilización con zinc. Experimentación en campo de productores. Campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. Buenos Aires, Argentina.
- 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.
- Galrão, E.Z. 1996. Níveis críticos de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas, 20 283-289.

- Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010. 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.
- González Montaner J., y M. Di Napoli. 1997. Respuesta a P, cal, S, K y Zn del cultivo de maíz en el sur de la provincia de Santa Fe. Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Martens, D. and D. Westermann. 1991. Fertilizer Applications for Correcting. Micronutrient Deficiencies. Micronutrients in agriculture. Disponible on line.eprints.nwisrl.ars.usda.gov.
- Melgar R., J. Lavandera, M. Torres Duggan y L. Ventimiglia. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. Revista Argentina de la Ciencia del Suelo 19(2): 109-114.
- Pais, I, J. Benton Jones. 2000. The handbook of trace elements. St. Lucie Press, Boca Raton, 223 p.
- 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.
- Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. & Furlani, A.M.C. 1996. (Ed.) Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico-Fundação IAC, 285 p.