



# Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz.

## Dosis y sistemas de aplicación de zinc en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot  
EEA Pergamino INTA [nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)

El uso de micronutrientes ha despertado un creciente interés en productores y asesores, debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutricionales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado. En nuestra región pampeana son reiterados los casos en los que se han documentado respuestas positivas a su aplicación, siendo los más frecuentes el de zinc (Zn) y boro (B) en maíz; B en soja y, últimamente, otros elementos como cobalto (Co), molibdeno (Mo) y manganeso (Mn), en soja. Estos nutrientes pueden ser agregados de diversas maneras, por ejemplo, aplicados sobre la semilla, al suelo y, más frecuentemente, por vía foliar.

Una estrategia de fertilización más apropiada requeriría 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. Éstas incluyen la mayor difusión de 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), así como 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 (Mallarino et al., 1998).

Algunas condiciones de cultivo favorecen la aparición de respuesta, como la remoción de microelementos a través de secuencias agrícolas que ya suman muchos

años, fertilizantes tradicionales con mayor pureza, carencias inducidas por alta fertilización con NPS y menor contenido de elementos menores, a la vez de una mayor demanda provocada por los mayores rendimientos (Girma et al, 2007).

En este informe comentamos los resultados de un experimento que se planificó pensando que dosis pequeñas de Zinc combinadas con otros nutrientes en diferentes dosis y formas de aplicación, mejoran diversos parámetros de cultivo y con ello su rendimiento. Los objetivos específicamente fueron: 1. Evaluar la respuesta del Maíz a la fertilización con Zinc y 2. Comparar dosis y formas de aplicación, en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas.

### Materiales y métodos

El ensayo se condujo en Pergamino, sobre un suelo de muy buena productividad. Los tratamientos, se describen en la Tabla 1, estaban en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

El ensayo se sembró el día 10 de Octubre de 2008 en SD, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Syngenta NK 910. El sitio experimental fue fertilizado con nitrógeno (N) y azufre (S) aplicados luego de combinar una solución de NS que aportaron 82 kg N/ha y 15 kg de S/ha. El N foliar se aplicó bajo la forma de Urea de bajo biuret (20-0-0, densidad 1,1). El Zn en todos los casos fue una formulación floable.

Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental destaca un nivel de materia orgánica (2,53%, N (1,26 %) relativamente bajo, normal de P (19 ppm) y muy ba-



Tabla 1. Tratamientos de fertilización con Zinc (Zn) en Maíz.

Tratamiento	Forma de aplicación	Momento de aplicación
1. Testigo		
2. N 5 kg	Foliar	V6 (*)
3. Zn 0,3 kg	Foliar	V6 (*)
4. N 5 kg + Zn 0,3 kg	Foliar	V6 (*)
5. Zn 1 kg al suelo + N	Chorreado	V6
6. Zn 1,5 kg al suelo + N	Chorreado	V2
7. Zn 2 kg al suelo + N	Chorreado	V2
8. Zn 3 kg al suelo + N	Chorreado	V2
9. Zn 1 kg al suelo + N	Chorreado	V2
10. Zn 1,5 kg al suelo + N	Chorreado	Siembra

(\*) Tratamientos fertilizados con N chorreado en V2, independiente de la aplicación de N foliar

Tabla 2. Parámetros de cultivo determinados en el ensayo durante su ciclo. En negrita se señalan los mejores tratamientos para cada variable evaluada.

Tratamiento	Índice de Vigor V4	Índice de Vigor Vt	Hojas verdes activas R2	Hojas verdes totales R2	Altura final planta (m)	Altura inserción espiga (cm)	Unidades Spad R2
1. Testigo	3,5	3,8	12	<b>21</b>	250	130	45,2
2. N 5 kg	4	4,2	11	<b>21</b>	255	<b>135</b>	46,3
3. Zn 0,3 kg	4	4	10	20	255	130	<b>51,4</b>
4. N 5 kg + Zn 0,3 kg	3,5	4	10	20	253	125	46,1
5. Zn 1 kg al suelo + N	4	<b>4,5</b>	<b>14</b>	20	<b>260</b>	130	46,7
6. Zn 1,5 kg al suelo + N	4,1	<b>4,5</b>	<b>14</b>	20	250	130	47,3
7. Zn 2 kg al suelo + N	<b>4,2</b>	4	10	19	250	125	44,1
8. Zn 3 kg al suelo + N	4,1	4,2	12	20	<b>260</b>	125	<b>48,1</b>
9. Zn 1 kg al suelo + N	<b>4,2</b>	3,8	12	<b>21</b>	255	125	<b>49,3</b>
10. Zn 1,5 kg al suelo + N	3,8	4,2	12	<b>21</b>	250	115	43,7



Tabla 3. Rendimiento de grano (kg/ ha), diferencia por sobre el Testigo (kg/ ha y relativa %), número de granos (#/m<sup>2</sup>) y peso de mil granos (g).

Tratamiento	Rendimientos (kg/ ha)	Diferencia con testigo (kg/ ha)	Diferencia con testigo Rend Rtvo (%)	NG /m <sup>2</sup>	P1000 (g)
1. Testigo	7620			2847	267
2. N 5 kg	8030	410	5,4	2992	268
3. Zn 0,3 kg	7213	-407	-5,3	2764	261
4. N 5 kg + Zn 0,3 kg	7087	-533	-7,0	2625	271
5. Zn 1 kg al suelo + N	9167	1547	20,3	3297	278
6. Zn 1,5 kg al suelo + N	8527	907	11,9	2994	285
7. Zn 2 kg al suelo + N	8140	520	6,8	3040	268
8. Zn 3 kg al suelo + N	8120	500	6,6	2989	272
9. Zn 1 kg al suelo + N	8273	653	8,6	3017	274
10. Zn 1,5 kg al suelo + N	8227	607	8,0	2907	283
<b>Sign est. (P)</b>	<b>0,01</b>			<b>0,00</b>	<b>0,07</b>
<b>CV (%)</b>	<b>7,5</b>			<b>6,9</b>	<b>3,2</b>

jo de S (1,7 ppm). Las bases de cambio presentan un valor adecuado. El sitio podría caracterizarse como de fertilidad media a baja.

Se determinó el vigor de planta de manera cualitativa en V<sub>4</sub> (4 hojas expandidas) y V<sub>t</sub> (floración masculina). En floración plena (R<sub>2</sub>) se realizaron mediciones de altura de plantas e inserción de la espiga, número de hojas verdes fotosintéticamente activas y se determinó la intensidad de verdor foliar con el medidor de clorofila SPAD-Minolta.

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una alícuota de cosecha se analizaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias y análisis de correlación.

## Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presentan algunos parámetros determinados en el ensayo. En general, los tratamientos fertilizados con Zn, especialmente por vía foliar, supri-

mieron más rápidamente la sintomatología de carencias de este nutriente con relación al testigo. No se observaron diferencias claras entre dosis y momentos de aplicación del nutriente en forma chorreada al suelo.

Los rendimientos del ensayo fueron aceptables, a pesar de la magnitud de la sequía que se sufrió en la zona. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos, en el número de granos (NG) y en el peso de 1000 granos (P1000) (Tabla 3). Los tratamientos de aplicación de Zn chorreado al suelo junto a fertilizantes nitrógeno-azufrados expresaron el mejor comportamiento, sin diferencias entre dosis y momentos de fertilización.

Teniendo en cuenta estos resultados, no sería necesario realizar aplicaciones demasiado tempranas ni agregar dosis altas, haciendo más factible su utilización práctica. Ya desde el estado de floración, el vigor de la planta, crecimiento y número de hojas verdes de algunos tratamientos, por ej. T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>, permitía inferir buenos rendimientos (Tabla 3 y Figura 3). Las diferencias entre el testigo y los tratamientos evaluados alcanzaron un rango amplio, desde -533 a 1547 kg/ha, lo que representa una brecha de variación mayor al 25 %.

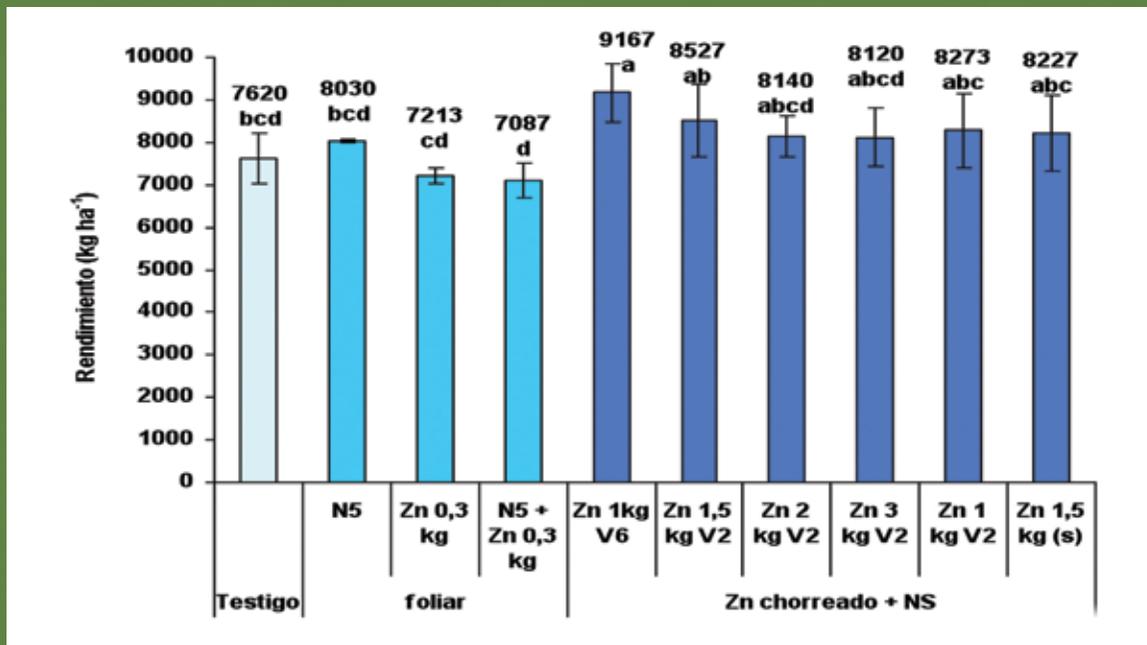
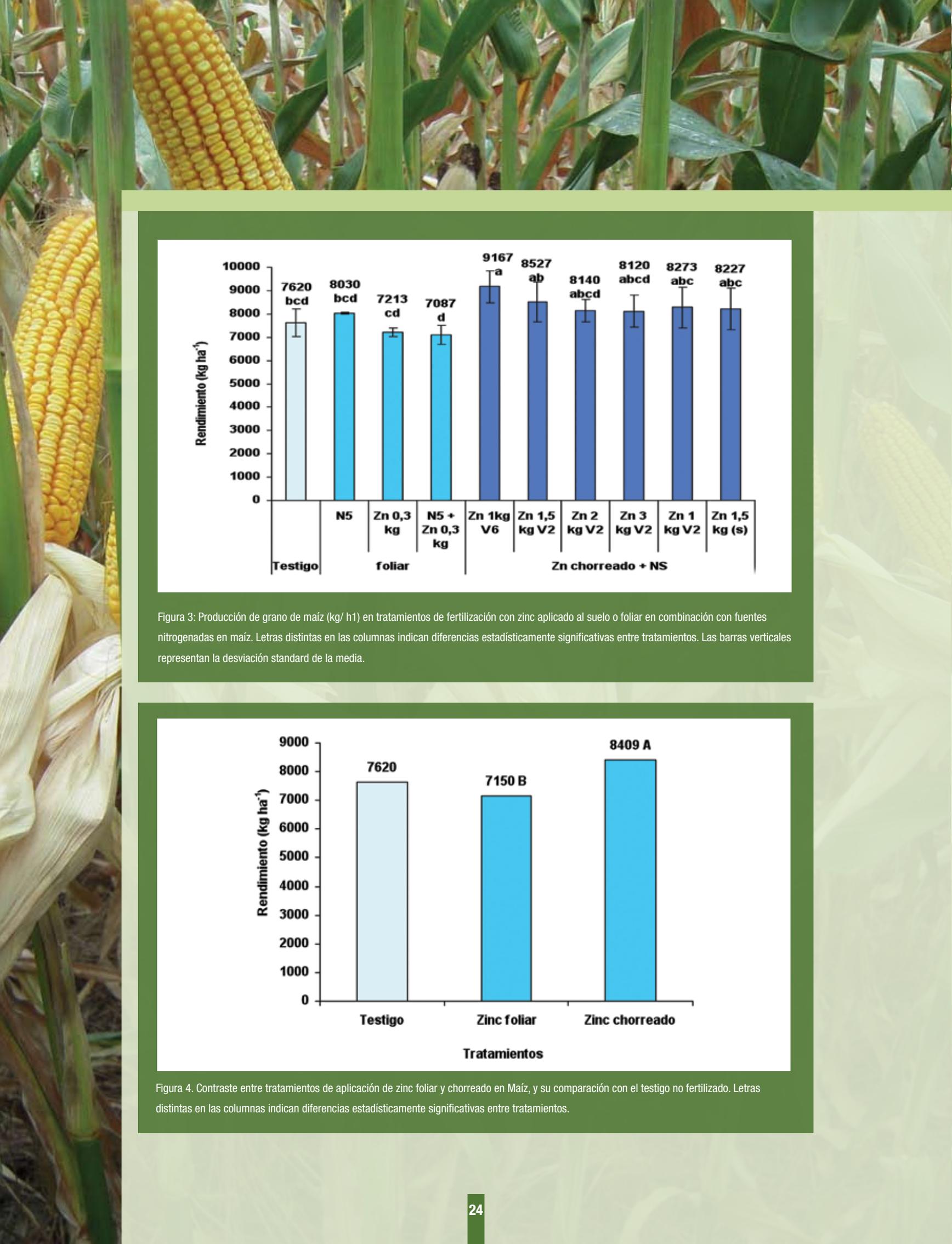


Figura 3: Producción de grano de maíz (kg/ h1) en tratamientos de fertilización con zinc aplicado al suelo o foliar en combinación con fuentes nitrogenadas en maíz. Letras distintas en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación standard de la media.

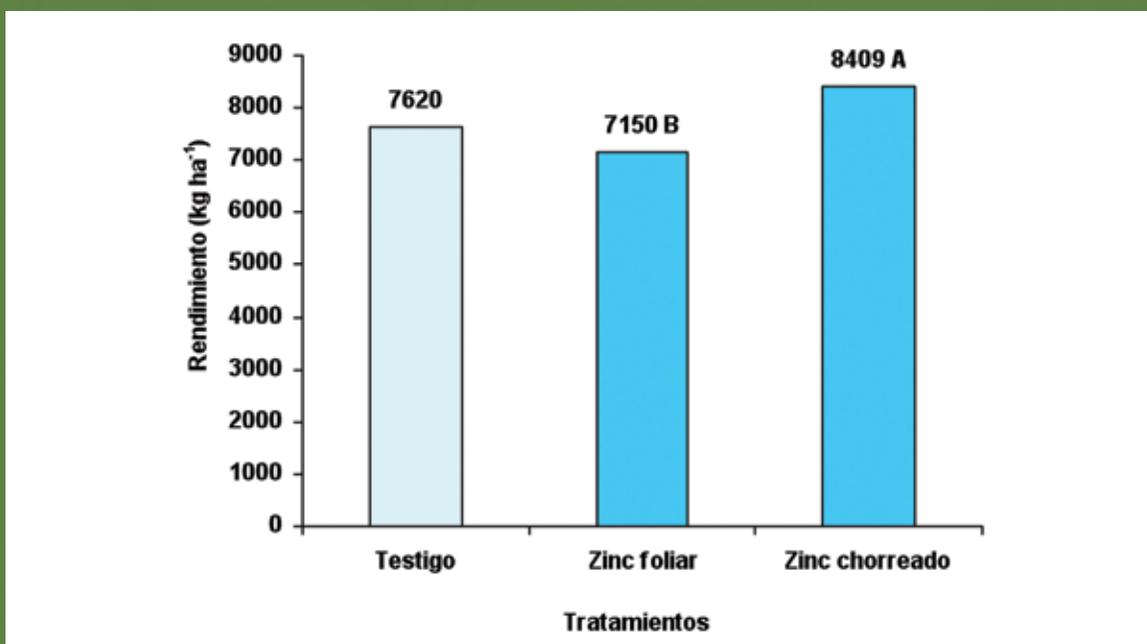


Figura 4. Contraste entre tratamientos de aplicación de zinc foliar y chorreado en Maíz, y su comparación con el testigo no fertilizado. Letras distintas en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.



Fotografías mostrando síntomas de deficiencia de Zinc en el ensayo. Pergamino, noviembre de 2008



Tabla 3. Rendimiento de grano (kg/ ha), diferencia por sobre el Testigo (kg/ ha y relativa %), número de granos (#/m<sup>2</sup>) y peso de mil granos (g).

Comparados a través de contrastes, las aplicaciones al suelo promedio de seis estrategias superaron significativamente a los tratamientos foliares (dos estrategias) (Figura 4). Este comportamiento difiere del observado por otros investigadores, quienes mencionan una alta fijación de Zn cuando es aplicado al suelo, en contraposición con una buena eficiencia de absorción de las aplicaciones foliares (Malavolta, 1986; Alam et al., 1999). En esta experiencia, es probable que la absorción de Zn por vía foliar se haya visto comprometida por las severas condiciones ambientales en la etapa previa y posterior a la aplicación. Si bien no se observaron síntomas de fitotoxicidad luego de la aplicación, es probable que la combinación de evaporación, desecamiento sobre la lámina foliar y restricciones al paso por la pared celular y membrana impidieran el aprovechamiento del nutriente. Ensayos de aplicación foliar de Zn en combinación con N realizados por nuestro grupo de trabajo, utilizando las mismas fuentes, originaron respuestas positivas en los rendimientos bajo condiciones ambientales más favorables (Ferraris et al., 2007).

El número de granos (NG), vigor a inicios del período reproductivo (Vt), número de hojas verdes en R2 y vigor temprano, fueron las variables más fuertemente asociadas al rendimiento, todas ellas en forma positiva y significativa.

## Conclusiones

- Las estrategias en cuanto a dosis y formas de aplicación de Zn en maíz originaron diferencias significativas en los rendimientos y sus componentes. Algunas de estas estrategias mostraron aptitud para superar los rendimientos del testigo, permitiendo aceptar la hipótesis propuesta.
- El rango de variación en los rendimientos fue amplio, desde -533 hasta 1547 kg ha<sup>-1</sup>. Contribuyó a esto el efecto de los tratamientos, pero también las rigurosas condiciones ambientales de la campaña, que introdujeron variabilidad en los rendimientos.
- La aplicación al suelo produjo mejores resultados que la aspersión foliar de Zn. Es probable que la absorción de Zn haya sido afectada por las condiciones de sequía y baja humedad relativa que rodearon a la aplicación foliar. Por otra parte, no se observaron diferencias importantes entre dosis o momentos de fertilización.
- Los resultados obtenidos confirman que el Zn es un nutriente de importancia para cultivos de maíz en el norte de Buenos Aires, en ambientes de buena productividad, con aplicaciones de P localizado y sin carencias de NS, restando aún ajustar aspectos tecnológicos como la dosis, momento y forma de aplicación.