



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler"

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA CON NITROGENO Y ZINC POR VÍA FOLIAR. CAMPAÑA 2007/08 RESULTADOS DEL SEGUNDO AÑO DE ENSAYOS

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot *

Introducción:

El Maíz es un cultivo con elevados requerimientos y capacidad de respuesta a la fertilización. Han sido ampliamente reportados incrementos de rendimiento por el agregado de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) en la región pampeana argentina. Sin embargo, existen otros nutrientes con potencial para mejorar la productividad del cultivo. Uno de los elementos cuyo efecto favorable ha sido mencionado reiteradamente es el Zinc (Zn). En ensayos realizados en la campaña 2004/05 y 2005/06 por nuestro grupo de trabajo (Ferraris et al., 2005; 2007), se determinaron incrementos significativos del rendimiento por agregado de este nutriente por vía foliar. Un diseño similar al de esta experiencia (Ferraris y Couretot, 2007) permitió confirmar la tendencia.

Una de los elementos distintivos de la fertilización foliar es la rápida absorción de los nutrientes aplicados. Sin embargo, la absorción y traslocación de los mismos podría optimizarse aún más si se utiliza como acompañante un medio que mejore las propiedades químicas de la solución, baje el pH, tenga un efecto tensioactivo e incremente la movilidad del nutriente. En este contexto, el agregado de Urea foliar de bajo biuret podría afectar favorablemente a cultivos de gramíneas, ya sea a través de un efecto directo por el suministro de pequeñas dosis de N en un momento estratégico del ciclo, o indirectamente favoreciendo el ingreso y metabolización de otros nutrientes aplicados en forma conjunta.

Breve reseña de los resultados del año anterior

En la Figura 1 se presentan los rendimientos de los tratamientos evaluados durante la campaña 2006/07. La aplicación de N bajo la forma de Urea foliar produjo incrementos significativos en los rendimientos. Las diferencias fueron pequeñas en magnitud dada la baja dosis aplicada (Figura 2), aunque la eficiencia de uso de este nitrógeno (EUN), fue muy alta, alcanzando a 165 kg maíz : kgN⁻¹. La EUN del N foliar fue calculada como $[(\text{Rendimiento T1} + \text{Rendimiento T3}) - (\text{Rendimiento T0} + \text{Rendimiento T2})] / 5$. La aplicación foliar de Zn produjo diferencias no significativas y muy discretas en los rendimientos, alcanzando a 312 kg ha⁻¹ (3%) cuando se usó como medio agua (T2-T0), y de 449 kg ha⁻¹ (4%) cuando se utilizó agua + Urea en solución (T3-T1). A pesar de que los incrementos por el agregado de Zn fueron leves, coincide con varias experiencias anteriores en cuanto a provocar algún efecto positivo sobre los rendimientos.

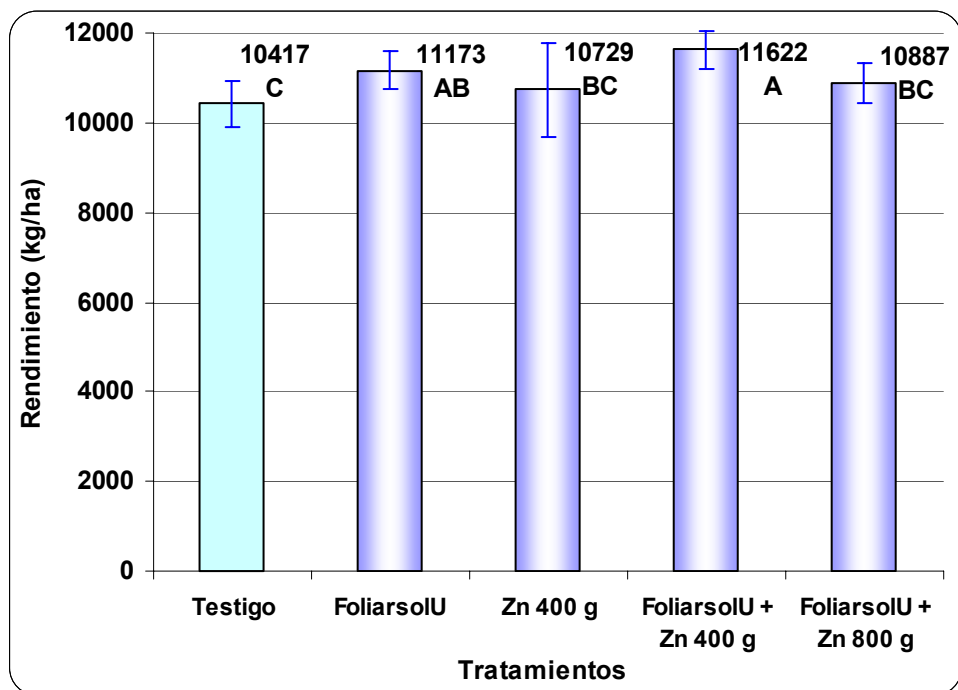


Figura 1: Rendimiento como resultado de la aplicación de Urea Foliar (FoliarsolU) y Zn foliar en maíz. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2006/07.

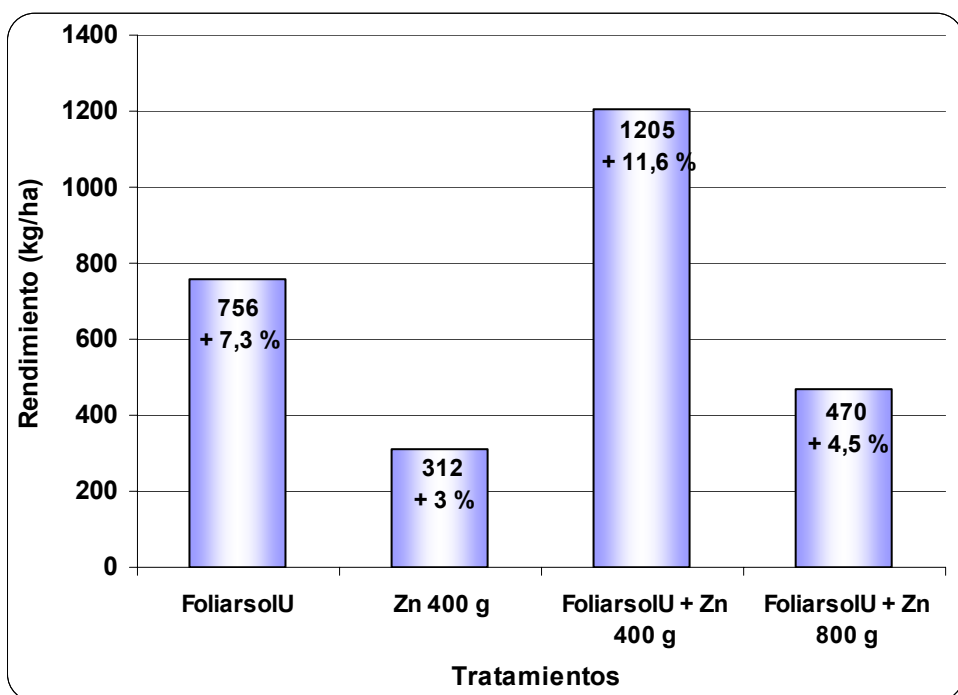


Figura 2: Incrementos de rendimiento en maíz con relación al testigo absoluto, por la aplicación de Urea Foliar (FoliarsolU) y Zn foliar en maíz. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2006/07.

En función de lo expuesto, y con el objetivo de ampliar la información disponible, se condujo un nuevo experimento cuyo objetivo fue evaluar el efecto sobre los rendimientos de la aplicación de dos fuentes de Zn, a diferentes dosis, utilizando como medio una solución de agua y Urea de bajo biuret apta para aplicación foliar. Hipotetizamos que el agregado de pequeñas cantidades de N y Zn por vía foliar incrementa los rendimientos y mejora otros parámetros de cultivo, y que su aplicación conjunta produce un efecto sinérgico sobre los rendimientos.

Materiales y métodos:

El ensayo fue conducido en la localidad de Pergamino, sobre un suelo serie Pergamino, Argiudol típico, Clase de uso 1 de muy buena productividad.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1. Por su parte, la formulación de las fuentes evaluadas se detalla en la Tabla 2.

Tabla 1: Tratamientos evaluados. Fertilización foliar complementaria con nitrógeno y zinc en maíz, Pergamino, campaña 2007/08.

Nº	Tratamiento	Descripción de las Fuentes	Estadío de Aplicación
T0	Testigo		
T1	N5	Urea foliar 22 l ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)
T2	Zn1 400 g	Basfoliar Zn (75 %) 533 ml ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)
T3	N5 + Zn1 400 g	Urea foliar 22 l ha ⁻¹ + Basfoliar Zn (75%) 533 ml ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)
T4	Zn2 400 g	Sulfato de Zn 1000 g ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)
T5	N5 + Zn2 400 g	Urea foliar 22 l ha ⁻¹ + Sulfato de Zn 1000 g ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)
T6	N5 + Zn1 1000 g	Urea foliar 22 l ha ⁻¹ + Basfoliar Zn (75%) 1333 ml ha ⁻¹	V6 (6 hojas expandidas)

La urea de aplicación foliar, denominada FoliarsolU, contiene 20 % N (p/p) y una densidad de 1,1 g cm⁻³. La fuente de Zn fueron: Zn1 un floable 75% p/v y, Zn2 Sulfato de Zn en polvo 40% p/p.

El ensayo se sembró el día 8 de Octubre de 2007 en SD, con antecesor soja de primera, utilizando el híbrido Syngenta NK 900 TD Max. La fertilización de base consistió en la aplicación de 130 kg ha⁻¹ de una mezcla (15-13-0-75) localizados en bandas a la siembra y 200 kg ha⁻¹ de Urea granulada en preemergencia el día 15 de octubre de 2007. Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de N en suelo normal, muy bajo de P y también escaso de Zn, dentro del rango crítico de 0,5-1 ppm propuesto en la literatura (Martens y Lindsay, 1990; Whitney, 1997; Pais y Benton Jones, 2000).

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos	
Cm	Agua 1:2,5	%		ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	
0-20	5,6	2,68	0,134	4,4	15,9	41,3	10,4	
20-40					11,1	28,8	9,0	
40-60					5,5	14,3	7,8	
						84,4		
Prof	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Cu	Fe	Bo
Cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0-20	443	181	1297	0,61	44,1	1,09	71	0,84

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. El estado del cultivo y las condiciones ambientales al momento de la aplicación, se describen en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3: Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
V6	27-nov	V6	60	60

Tabla 4: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
V6	S	H	25	53	5,5 EENE	0	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto
 dda: después de aplicación.

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 y discusión:

a) Condiciones ambientales

En la Figura 3 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 4 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) entre el 5 de Diciembre y el 15 de Enero, etapa que abarca el período crítico para la definición de los rendimientos. Las precipitaciones fueron escasas desde Noviembre en adelante, motivando que el cultivo ingresara en un déficit hídrico permanente entre la segunda década de Diciembre y finales de Enero (Figura 3). Las condiciones de luminosidad fueron óptimas entre el 24 de Diciembre y el 5 de Enero, y moderadas el resto del período (Figura 4).

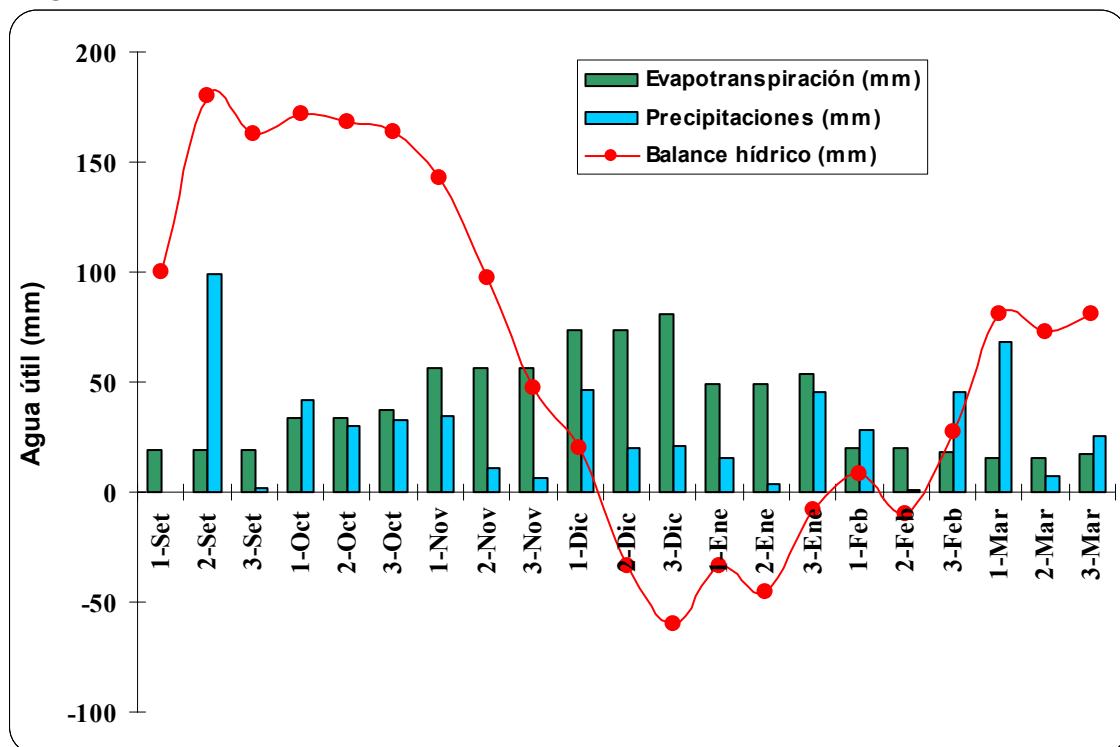


Figura 3: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulado (mm) en el sitio experimental. Pergamino, (Bs As), campaña 2007/08. El déficit acumulado alcanzó a 191 mm de la evapotranspiración del cultivo.

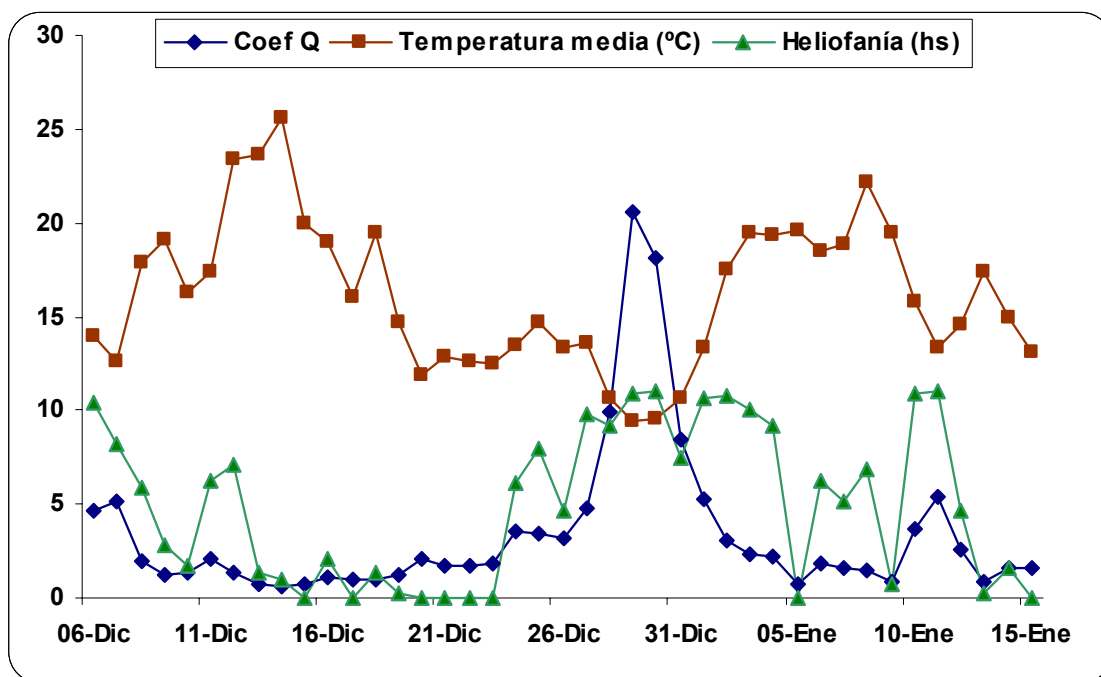


Figura 4: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 5 de Diciembre – 15 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2007/08.

b) Resultados del ensayo

En la Tabla 5 se presentan algunos parámetros evaluados en el cultivo. No se determinaron diferencias importantes en la altura de las plantas. Algo similar ocurrió con el número de hojas verdes remanentes en R1. Por su parte, el medidor de clorofila Minolta Spad 502 evalúa la intensidad de verdor en hoja, y esto puede considerarse una medida adimensional, no destructiva e indirecta del contenido de Nitrógeno foliar. Permite a la vez, cuantificar en forma objetiva y con mayor sutileza que la del ojo humano, eventuales diferencias entre tratamientos. Fue evaluado en la hoja opuesta inmediatamente inferior a la de la espiga, la cual por convención es utilizada para la evaluación del estado nutricional del maíz en el período crítico. Los mayores valores correspondieron a los tratamientos con uso combinado de N y Zn. Los tratamientos T3, T4, T5 y T6 expresaron ligeros síntomas de fitotoxicidad post-aplicación, en forma de un quemado foliar por acción de contacto. Esta sería la causa del bajo valor de Spad y menor número de hojas verdes en el tratamiento T6 (Tabla 5), que correspondió a la dosis más alta de Zn. La consecuencia fue una necrosis del tejido afectado, que sin embargo alcanzó una leve proporción del área foliar y permitió igualmente llegar al Índice de área foliar crítico (IAF crítico) en prefloración. Es probable que las condiciones de alta temperatura, insolación y baja humedad relativa de los días previos y posteriores a la aplicación, predispusieran a la ocurrencia de estos síntomas.

Tabla 5: Parámetros medidos en el cultivo. Fertilización foliar complementaria con nitrógeno y zinc en maíz, Pergamino, campaña 2007/08.

Nº	Tratamiento	Altura final planta (m)	Unidades Spad R1	Hojas verdes R1	Síntomas de fitotoxicidad
T0	Testigo	2,40	44,1	15	No
T1	N5	2,40	45,2	14	No
T2	Zn1 400 g	2,45	52,7	17	No
T3	N5 + Zn1 400 g	2,45	52,7	14	leves
T4	Zn2 400 g	2,50	52,4	15	leves
T5	N5 + Zn2 400 g	2,45	50,2	15	leves
T6	N5 + Zn1 1000 g	2,45	50,5	14	leves

Los rendimientos de grano (Tabla 6 y Figura 5) no difirieron significativamente entre tratamientos (P=0,11; CV 7,9 %), aunque igualmente se determinaron saltos de productividad

importantes. Los mejores tratamientos (T2, T3, T4 y T5) incluyeron el uso de Zn a la dosis de 400 g ha⁻¹. No se observaron diferencias entre fuentes de Zn. La dosis de 1000 g Zn ha⁻¹ no aportó ventajas, probablemente debido a un agravamiento en los efectos de fitotoxicidad, o a una condición de suficiencia alcanzada con la dosis menor. La respuesta media al uso de Zn (T2, T4- T0 y T3,T5,T6-T1) alcanzó a 988 kg ha⁻¹ (9 %). En promedio, los tratamientos fertilizados (T1 a T6) aventajaron al testigo (T0) en rendimiento (7%), número de granos (1%), y peso de los granos (7%), siendo el PH ligeramente inferior (-1%). De todas las variables en estudio, las unidades Spad y el NG fueron las que explicaron en mayor medida los rendimientos, aunque sin alcanzar una asociación significativa ni consistente (Tabla 7).

Tabla 6: Rendimiento de grano (kg ha⁻¹), diferencia por sobre T0 (kg ha⁻¹ y %), número de granos (NG m⁻²), peso de mil granos (g), y peso hectolítrico (PH) de los granos. Fertilización foliar complementaria con nitrógeno y zinc en maíz, Pergamino, campaña 2007/08.

Nº	Tratamiento	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Diferencia con testigo (kg y %)	NG m ⁻²	P1000 (g)	PH ajustado por humedad
T0	Testigo	10894		4502	242	72,8
T1	N5	10906	+ 12 kg (0%)	4847	225	75,1
T2	Zn1 400 g	12275	+ 1381 (13 %)	4400	279	74,7
T3	N5 + Zn1 400 g	11444	+ 550 (5 %)	4418	259	73,4
T4	Zn2 400 g	11650	+ 756 (7 %)	4413	264	72,7
T5	N5 + Zn2 400 g	12638	+ 1744 (16%)	5244	241	73,5
T6	N5 + Zn1 1000 g	11438	+ 544 (5 %)	4252	269	71,9
	Sign est. (P)	0,11				
	CV (%)	7,9 %				

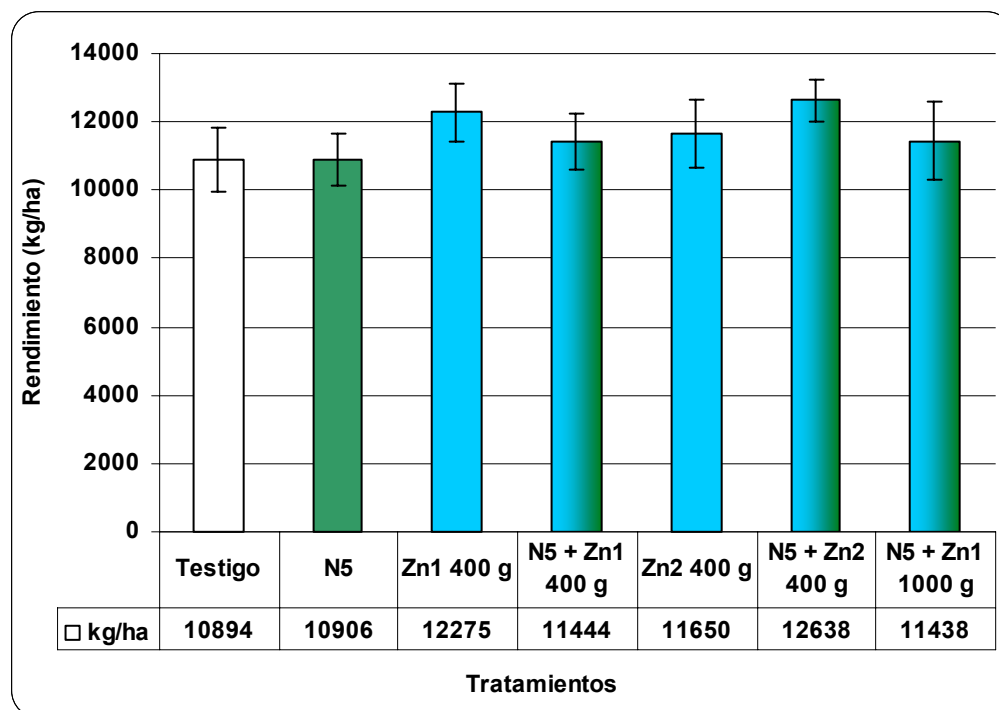


Figura 5: Rendimiento (kg ha⁻¹) como resultado de la aplicación de nitrógeno y zinc foliar en maíz.. Columna blanca representa al testigo, columna verde tratamiento con nitrógeno, columnas celestes tratamientos con zinc, columnas bicolors aplicaciones conjuntas de nitrógeno y zinc. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2007/08.

Tabla 7: Asociación Relación entre el rendimiento y las variables evaluadas. n.s. indica ausencia de asociación significativa con el rendimiento.

Tratamientos	Coefficiente de regresión (R ²)	Sign. est. P=
--------------	---	---------------

Unidades Spad	0,42	0,11 n.s.
NG	0,37	0,14 n.s.
Hojas verdes R1	0,32	0,19 n.s.
Altura plantas	0,29	0,21 n.s.
PH	0,19	0,34 n.s.
P1000	0,07	0,57 n.s.

Conclusiones:

No se determinaron diferencias significativas en los rendimientos, aun cuando numéricamente la respuesta media a Zn estuvo levemente por encima de la observada en el ensayo de la campaña 2006/07. Los resultados de esta experiencia, en línea con los antecedentes de ensayos previos, parecieran indicar la aparición de deficiencias incipientes de Zn en Maíz en el norte de Bs As, siendo la vía de aplicación foliar una forma eficiente de neutralizarlas.

Bibliografía:

Ferraris, G., L. Couretot y J.C. Ponsa. 2005. Evaluación de la aplicación de fósforo, azufre y micronutrientes. En: Maíz. Resultados de Unidades Demostrativas, año 2004/05. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN: 56-63.

Ferraris, G. y L. Couretot. 2007. 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.

Ferraris, G., L. Couretot y J.C. Ponsa. 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07 (d). En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 126-127.

Martens, D.C. y W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. En: R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 229-264.

Pais, I, J. Benton Jones. 2000. The handbook of trace elements. St. Lucie Press, Boca Raton, 223 p.

Whitney, D.A. 1997. Fertilization. En: Soybean production handbook. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, C-449.