

# NUTRICIÓN CON QUITOSANOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ TEMPRANO Y TARDÍO

## INTA EEA PERGAMINO

CAMPAÑA 2014/15

**Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris**

*INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino 2.Compo Argentina SA*  
[ferraris.gustavo@inta.gob.ar](mailto:ferraris.gustavo@inta.gob.ar)

### INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura y la falta de rotaciones con pasturas han producido una notable disminución de los niveles de MO de los suelos de la región pampeana, los que en algunas zonas representan solo el 50% del nivel original (Lavado, 2006). Esto junto con la escasa o nula reposición de microelementos podría generar carencias de diferentes nutrientes.

En la Región Pampeana Argentina, son extendidas las deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), especialmente en cultivos exigentes como maíz, y en fechas de siembra temprana donde las bajas temperaturas, escasa humedad y el tiempo de barbecho limitan la mineralización. El 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).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto en la productividad de dos sistemas de maíz, temprano y tardío, de la aplicación de diferentes fertilizantes de origen orgánico aplicado sobre semilla o foliar en suelos con carencias nutricionales. Hipotetizamos que 1. Es posible obtener efectos de promoción de crecimiento característicos de los tratamientos de semilla, que se traducen en incrementos de productividad 2. Se puede favorecer el crecimiento en etapas reproductivas mediante tratamientos foliares, capaces de prolongar la duración del área foliar al cubrir incipientes carencias nutricionales y provocar un estímulo sobre la fisiología de las plantas y 3. Los efectos son independientes de la fecha de siembra, permaneciendo estable en maíces de siembra temprana y tardía, **Palabras clave: maíz, zinc, tratamientos de semilla, tratamientos foliares, integración de tecnologías.**

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se implantaron sendos experimentos de campo en las localidades de Wheelwright, Santa Fe, sobre un suelo Serie Hughes, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I; IP=100, y Pergamino, Buenos Aires, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I-2; IP=85. El ensayo de Wheelwright fue sembrado el día 20 de Octubre en SD, con el cultivar Arvales 2155 HX. Fue espaciado a 0,525 m entre hileras, a una densidad de 75000 pl/ha. Por su parte, el experimento de Pergamino fue sembrado el día 18 de Diciembre, con el cultivar SPS 2721 TDTG a 0,70 m entre hileras y una densidad de 80000 pl/ha.

En ambos casos, el diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con 4 repeticiones. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con igual dosis de NPS, hasta un nivel que posibilitara la ausencia de limitaciones nutricionales. Los tratamientos se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Maíz temprano – Wheelwright, tratamientos foliares evaluados en el experimento. Campaña 2014/15

	Tratamientos biológicos	localización	Dosis
T1	Testigo		
T2	Raisan C	Foliar V5 + V9	3000 ml/ha + 3000 ml/ha
T3	Raisan SC	Foliar V5 + V9	2750 ml/ha + 2750 ml/ha
T4	Raisan SCZ	Foliar V5 + V9	2500 ml/ha + 2500 ml/ha

**Tabla 2:** Maíz tardío – Pergamino, tratamientos de semilla evaluados en el ensayo. Campaña 2014/15.

	Tratamientos biológicos	localización	Dosis
T1	Testigo		
T2	Raisan C	semilla	20 g/kg
T3	Raisan SC	semilla	9,14 g/kg
T4	Raisan SCZ	semilla	13 g/kg

**Tabla 3:** Análisis de suelo al momento de la siembra

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	Nan ppm	N-NO3 ppm	N-NO3 kg/ha 0-60	P-Bray	S-SO4	K ppm	Mg	Ca	Zn
Wheelwright	0-20	2,66	5,6	0,133	31,8	23,7	95,1	13,2	8,4	391	210	1719	0,77
Santa Fe	20-40					8,6							
Temprano	40-60					4,3							
Pergamino	0-20	3,36	5,5	0,168	34,7	25,3	125,8	21,3	7,9	860	155	1307	1,15
INTA	20-40					15,4							
Tardío	40-60					7,7							

En el estado de V4 se cuantificó la biomasa acumulada. En V7 se determinó la intensidad de verde mediante Green seeker, y a la floración (R2) se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor, cobertura e índice verde medida por Minolta Spad. A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. 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

### Descripción climática de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) para Pergamino. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con la anterior campaña. Las precipitaciones fueron favorables y bien distribuidas (Figura 1), acompañadas de temperaturas moderadas (Figuras 2 y 3). No se registraron excesos hídricos, siendo las lluvias algo inferiores a las de otras localidades de la región como Rojas o Pergamino (datos no presentados). Las condiciones de luminosidad fueron favorables, originando un cociente fototermal (Q) medio (11 dic-10 ene) de 1,70, en comparación con 1,35 de la campaña anterior (Figura 2).

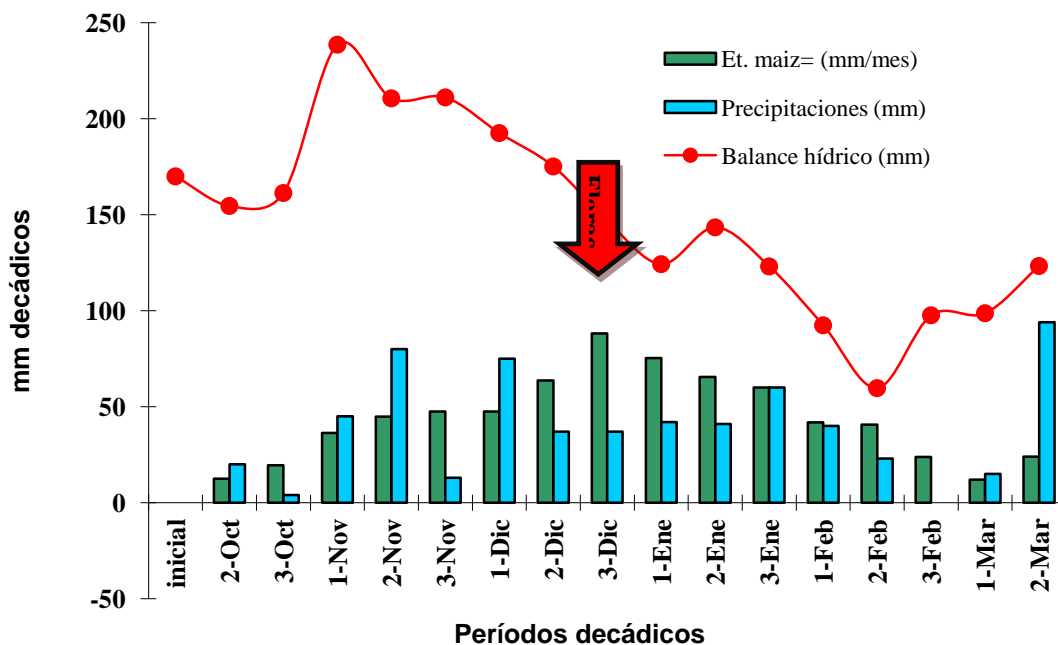


Figura 1.a

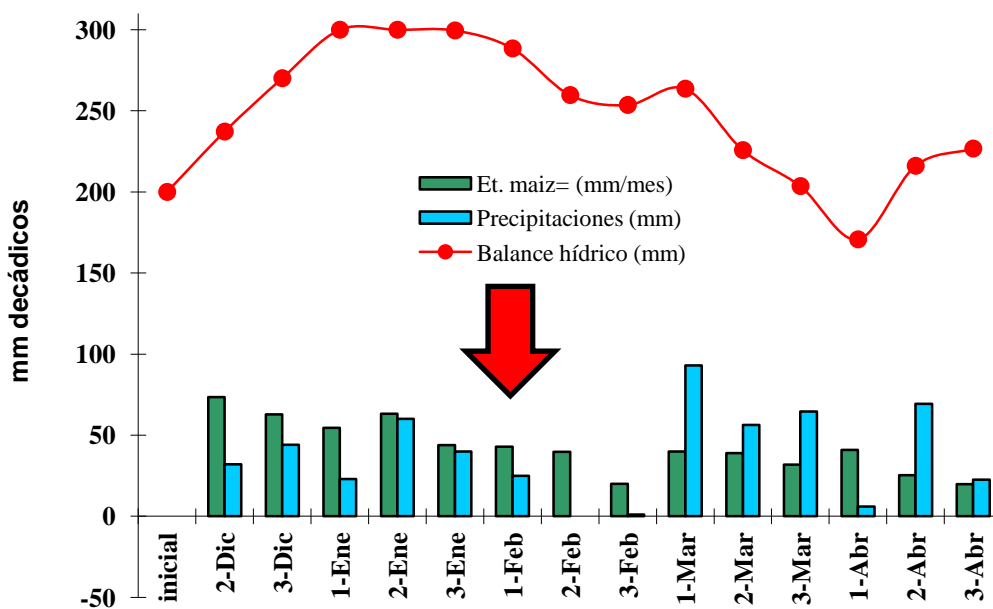
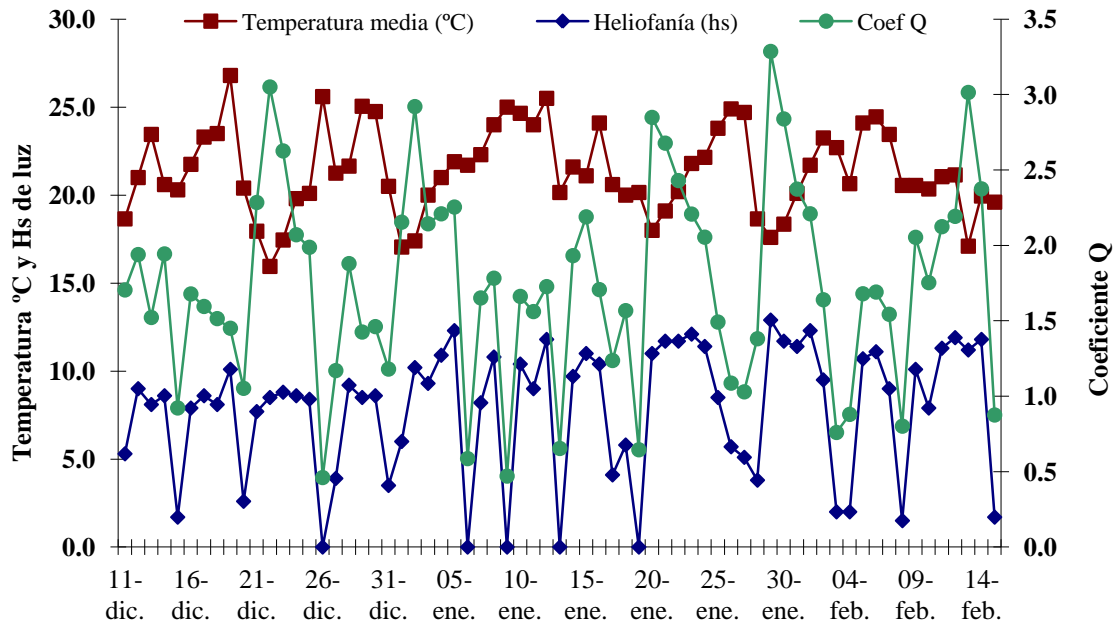


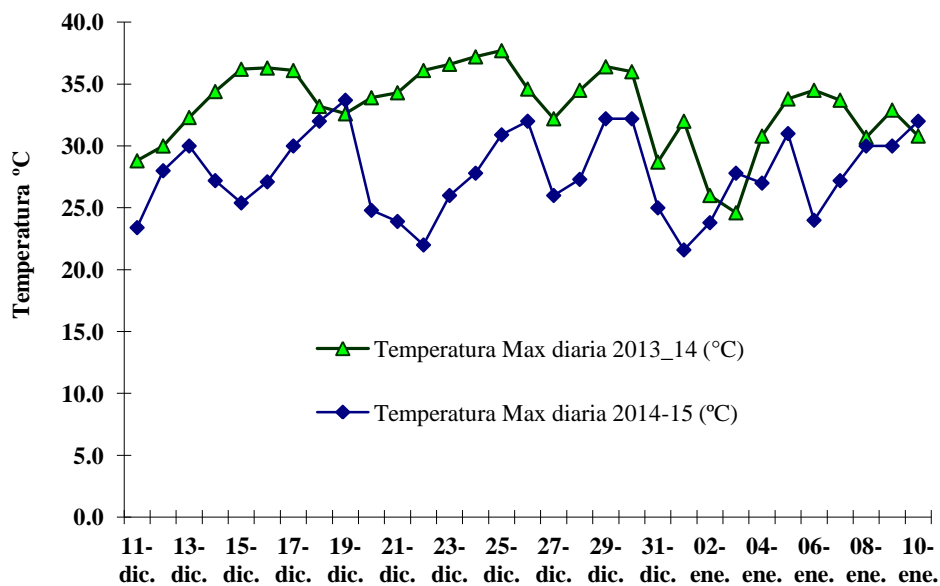
Figura 1.b

**Figura 1:** Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulado (mm) en el sitio experimental. La flecha indica la floración A)Wheelwright, Santa Fe, Campaña 2014/15. Agua disponible

inicial en el suelo (200 cm) 170 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 629 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm. b) Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. Pergamino, Bs As, Campaña 2014/15. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 200 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 975mm. Déficit de evapotranspiración 0 mm.



**Figura 2:** Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de Diciembre – 10 de Febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2014/15.



**Figura 3:** Temperatura máxima diaria durante el período crítico para la campañas 2013/14 y 2014/15. Observe las menores temperaturas de la presente campaña (línea azul), en comparación con la anterior. (línea verde).

## B) Resultados de los experimentos

### Wheelwright-tratamientos foliares

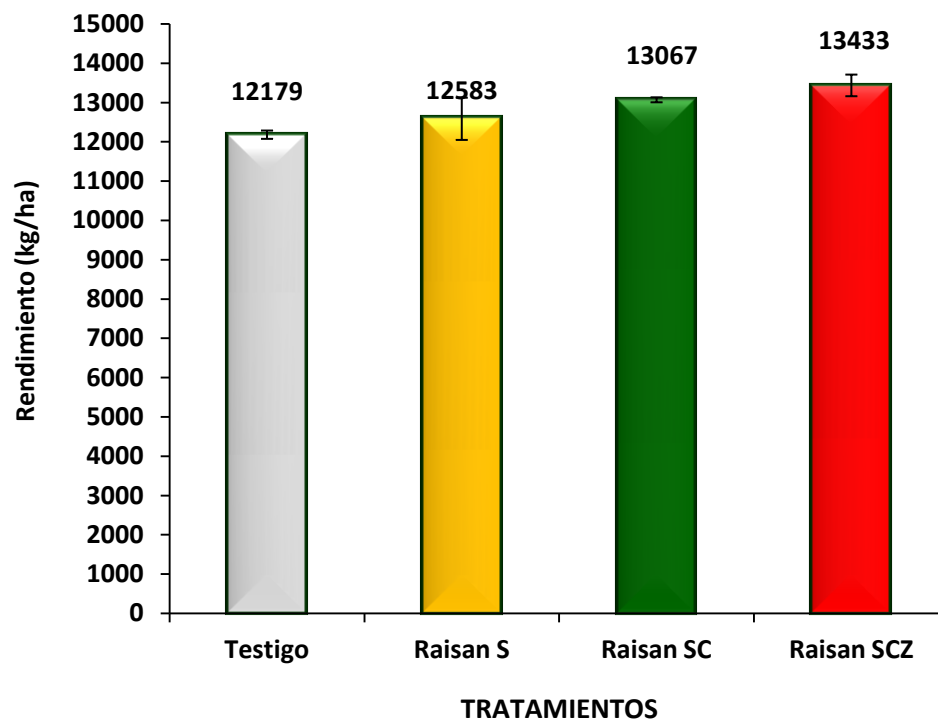
En la Tabla 3 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en las Figuras 4 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

**Tabla 3:** Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Materia seca a mediados de ciclo, intercepción, intensidad de verde determinado mediante Minolta Spad, rendimiento y sus componentes numéricos. Tratamientos foliares con Quitosanos en Maíz. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2014/15.

Tr	Descripción	MSeca V8	Green seeker V7	Vigor R2	Cobertura Intercepción (%)	Minolta Spad R2	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Dif T1	NG/m <sup>2</sup>	PG (g)	Dif. % con testigo
T1	Testigo	6355,5	0,78	3,5	93,0	44,2	12179		4380,9	278	0.00%
T2	Raisan S 3000 V5+V9	7016,2	0,80	3,5	94,2	41,2	12583	404	4712,9	267	3.32%
T3	Raisan SC 2750 V5+V9	6360,7	0,80	3,6	94,7	51,9	13067	888	4734,4	276	7.29%
T4	Raisan SCZ 3000 V5+V9	7981,8	0,82	3,6	95,9	49,6	13433	1254	5403,6	256	10.30%
Sign est (P=)		0,30	0,70	0,80	0,95	0,57			0,90	0,49	
R2 vs rendimiento								P=0,47			
CV(%)								CV=8,7			

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

V8; R2 Corresponde a los estados de V8: 8 hojas expandidas, R2 50 % estigmas visibles, según la escala de Rirchie & Hanway, 1982.



**Figura 4:** Producción media de maíz según tratamientos foliares con quitosanos en siembra temprana. Wheelwright, año 2014/15. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

## Pergamino-tratamientos de semilla

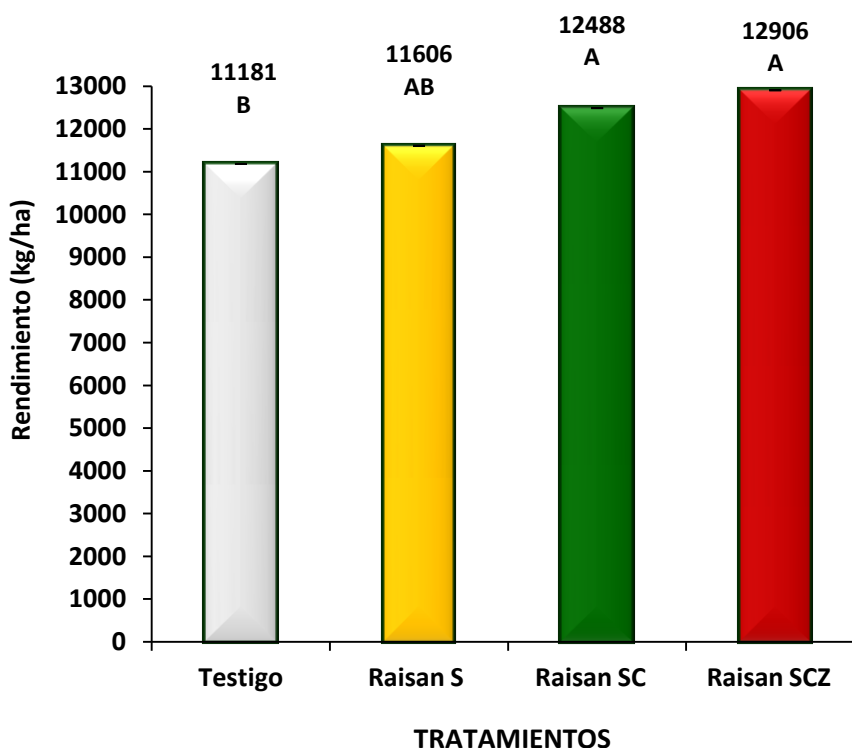
En la Tabla 4 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en las Figuras 5 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

**Tabla 4:** Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Materia seca inicial, interceptación, intensidad de verde determinado mediante Minolta Spad, rendimiento y sus componentes numéricos. Tratamientos de semilla y foliares con Zinc en Maíz. INTA EEA Pergamino. Campaña 2014/15.

T	Descripción	MSeca V7	Vigor R2	Cobertura Interceptación (%)	Green Seeker	Minolta Spad R2	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Dif T1	NG/m <sup>2</sup>	PG (g)	Dif. % con testigo
T1	Testigo	6250,6	3,6	96,5	0,79	315,0	11181		3114,6	359	0.00%
T2	Raisan S (s) 20 g/kg	6312,4	3,7	98,5	0,79	320,0	11606	425	3506,4	331	3.80%
T3	Raisan SC (s) 9,14 g/kg	7839,7	3,8	98,0	0,80	320,0	12488	1307	3927,0	318	11,69%
T4	Raisan SCZ (s) 13 g/kg	8346,7	3,9	98,5	0,80	310,0	12906	1725	3762,8	343	15.43%
Sign est (P=)		0,90	0,22	0,23	0,00	0,65			0,66	0,10	
R2 vs rendimiento							P=0,04				
CV(%)							CV=8,2				

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

V7; R2 Corresponde a los estados de V7: 7 hojas expandidas, R2 50 % estigmas visibles, según la escala de Rirchie & Hanway, 1982.



**Figura 5:** Producción media de maíz según tratamientos de semilla con quitosanos en maíz. INTA EEA Pergamino. Maíz de siembra tardía, ambiente de fertilidad media. Año 2014/15. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

\* El ciclo agrícola 2014/15 tanto en el Sur de Santa Fe como en el Norte de Bs As representó un ambiente propicio para la obtención de altos rendimientos, llegando el promedio de los ensayos a 12816 kg ha<sup>-1</sup> en Wheelwright y 11596 kg ha<sup>-1</sup> en Pergamino.

\* En Wheelwright no se determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos (P=0,47; cv=8,7 %), aunque los incrementos de rendimiento fueron de importancia agronómica, entre 404 y 1254 kg ha<sup>-1</sup> y se manifestaron en ambos tratamientos (Tabla 3 y Figura 4)

\* Los rendimientos máximos se obtuvieron mediante la aplicación de SCZ en forma dividida, confirmando al Zinc como el principal elemento en la producción de Maíz (Figura 4). Luego de esto, continuo el tratamiento con la solución concentrada,

\* En este experimento, las variables de cultivo que explicaron en mayor medida los rendimientos fueron Intercepción ( $r^2=0,95$ ), NG ( $r^2=0,90$ ), la calificación de Vigor ( $r^2=0,80$ ) y el valor de Green seeker en V7 ( $r^2=0,70$ )(Tabla 3).

\* En Pergamino, se registraron diferencias significativas en la productividad (P=0,04; cv=8,2 %), con aumentos de hasta 1725 kg ha<sup>-1</sup>. (Tabla 4 y Figura 5).

\* El tratamiento conteniendo Zn, en este caso sobre semilla, nuevamente se destacó sobre el resto alcanzando diferencias significativas de hasta 1725 kg ha<sup>-1</sup> sobre el testigo. También superó los rendimientos de Raisan Sc (Tabla 4)

\* La asociación entre rendimientos y parámetros de crecimiento fue destacada en MSeca en V7 ( $r^2=0,90$ ), Ng ( $r^2=0,66$ ) y las lecturas de Minolta Spad ( $r^2=0,65$ ) (Tabla 4).

\* Los resultados obtenidos permiten aceptar las hipótesis propuestas: Se observó efecto significativo de los tratamientos de semilla (Tabla 4 y Figura 5), que destaca a Raisan SCZ sobre el resto. Este superior comportamiento de SCZ se observó también con las aplicaciones foliares (Tabla 3 y Figura 4). El resto de los tratamientos igualmente promovió resultados positivos, alternando la primacía entre la formulación concentrada (en tratamientos foliares) o diluida (con aplicaciones sobre semilla).

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- 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.
- Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010. Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de Znen combinación con fuentes nitrógeno-azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p.
- Ferraris, G.N. 2011a Microelementos en cultivos extensivos.Necesidad actual o tecnología para el futuro? pp 121-133. En: Actas del Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada al Sistema de Producción".IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. 269 pp.
- Ferraris, G. 2012.a. Avances en micronutrientes en la región pampeana. Pp124-135. Simposio FERTILIDAD 2013.Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. IPNI Cono Sur. 314 pp.
- Ferraris, G. 2012.b. Zinc y otros microelementos en Maíz. Jornada de Maíz. INTA EEA Marcos Juárez. 5 de Julio de 2012. 8pp.
- Ferraris, G., L. Couretot. 2014. Fertilización con Zinc en maíz de siembra tardía. Informe de resultados. 6 pp.
- Gupta, UC; Jame, YW; Campbel, CA; Leyshon, AJ & W Nicholaichuck. 1985. Boron toxicity and deficiency: a review. Can. J. Soil Sci. 65: 381-409.
- Lavado, R. 2006. La región Pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: Materia Orgánica "Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos" (ed. R Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. p. 1-12.
- Lindsay, WL. 1997. Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. En: Micronutrients In Agriculture. (ed. Mortvedt, Cox, Shuman & Welch). Soil Science Society of America, 677 S. Segoe., Madison, WI, USA. pp 89 111
- Melgar, R. 2005. El mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos (ed HE Echeverría & FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 489-502.
- Moralejo M. del P. y S. G. Acebal. 2010. Determinación del contenido de Cu y Zn en suelos del sudoeste bonaerense. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas en CD, 4pp.
- Ratto de Miguez, S & N Fatta. 1990. Disponibilidad de micronutrientes en suelos del área maicera núcleo. Ciencia del Suelo. 8: 9-15.
- Raza, M., Mermut, A, R., Schoenau, J, J, and Malhi, S, S, 2002, Boron fractionation in some Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 82: 173-179,
- Ritchie, S. and J. Hanway. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. [www.iastate.edu](http://www.iastate.edu)
- Rivero, E, Cruzate, GA & R Turati. 2008. Azufre, boro y zinc: mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la Región Pampeana. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. Actas en CD, 5pp.

- Sainz Rozas, H.R.; Echeverría H.E; Eyherabide, M.; Barraco, M.; Ferraris H.G.; Angelini H.P. 2012. Niveles de boro disponible en suelos de la Región Pampeana Argentina. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 6 pp
- 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.
- Sid Ahmed A, Ezziyyani M, Pérez Sánchez C & Candela ME. 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annuum*) plants. *European Journal of Plant Pathology* 109: 418-426