



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON ZINC SOBRE EL ÁREA  
FOLIAR Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ.**

**Marengo Andrés**

**DNI: 31088154**

**Director: MSc. Ing. Agr. Espósito Gabriel.**

**Co-director: Ing. Agr. Castillo Carlos.**

**Río Cuarto, Córdoba.  
Julio, 2012.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON ZINC SOBRE EL ÁREA FOLIAR Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ”**

Autor: Marengo Andrés.

DNI: 31088154.

Director: MSc. Ing Agr. Espósito, Gabriel Pablo.

Co-Director: Ing Agr. Castillo, Carlos.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. Bongiovanni, Marcos. \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Kearney, Marcelo. \_\_\_\_\_

MSc. Ing. Agr. Espósito, Gabriel Pablo. \_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Norberto y Nancy, quienes hicieron posible que empezara y terminara la carrera en cuestión, tanto desde lo económico como desde lo anímico. También a mis hermanos Juan José y Claudia, que desde la distancia aportaron su incondicional e inquebrantable apoyo.

A la persona que me acompañó desde lo más íntimo durante los últimos 7 años y en los momentos más difíciles de la correspondiente etapa, novia y amiga Eugenia González.

Corresponde además el más gustoso y agradecido saludo a todas las amistades que en momentos cortos o prolongados cortejaron mi presencia durante éste feliz periodo. Más precisamente a mis amigos, hermanos y colegas Abel, Germán y Walter.

A los Ing Agr. Cecilia Cerliani, Guillermo Balboa, Carlos Castillo, Gabriel Espósito y Ricardo Balboa, que me asesoraron y acompañaron en el presente trabajo para que el mismo alcance un buen desempeño.

Devolución a los Ing Agr. Marcos Bongiovanni y Marcelo Kearney por su labor eficiente en la corrección del trabajo de tesis.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
SUMMARY.....	VII
<b>I-INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1-Hipótesis.....</b>	<b>7</b>
<b>2-Objetivo Específico.....</b>	<b>7</b>
<b>3-Objetivo General.....</b>	<b>7</b>
<b>II-MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>1-Descripción del Ensayo Experimental.....</b>	<b>8</b>
<b>2-Observaciones y Mediciones.....</b>	<b>9</b>
A-Del Cultivo.....	9
Fenología del Cultivo.....	9
Emergencia de Plántulas.....	9
Marcación de Plantas.....	9
Área Foliar.....	10
Concentración de Nutrientes en la Hoja de la Espiga.....	10
Determinación de Rendimiento y Componentes Directos.....	10
<b>3-Análisis de datos.....</b>	<b>10</b>
<b>III-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1-Descripción meteorológica de la campaña 2009/10 para el sitio del ensayo.....</b>	<b>11</b>
<b>2-Fenología del cultivo.....</b>	<b>13</b>
<b>3-Emergencia de plántulas.....</b>	<b>14</b>
<b>4-Área foliar.....</b>	<b>15</b>
<b>5- Concentración nutricional en hojas.....</b>	<b>17</b>

<b>6-Án</b>	<b>18</b>
<b>7-Rendimiento y componentes directos.....</b>	<b>20</b>
<b>8-Relación entre rendimiento de granos y dosis de zinc.....</b>	<b>21</b>
<b>IV-CONCLUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>V-BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>30</b>

### INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitación mensual (mm) para el período de julio – abril del ciclo 2009 / 10.....	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b> Temperatura del aire durante el periodo agosto – marzo de la campaña 2009 / 10.....	<b>12</b>
<b>Figura 3.</b> Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) en función de dosis de Zn empleadas (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>21</b>

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis de suelo del sitio experimental, Chaján, Córdoba.....	<b>8</b>
<b>Tabla 2.</b> Estadío fenológico y fecha de ocurrencia de los mismos para el cultivo de maíz.....	<b>13</b>
<b>Tabla 3.</b> Emergencia (pl ha <sup>-1</sup> ) según dosis de Zn aplicada.....	<b>14</b>
<b>Tabla 4.</b> Área foliar (cm <sup>2</sup> ) en R1 sobre plantas con deficiencia severa de Zn y plantas normales, según dosis de zinc aplicada.....	<b>15</b>
<b>Tabla 5.</b> Concentración de nitrógeno (%) y zinc (μ kg <sup>-1</sup> ) en la hoja de la espiga al estadío R1, según dosis de Zn aplicada.....	<b>17</b>
<b>Tabla 6.</b> Componentes indirectos del rendimiento de maíz, en plantas con deficiencia severa de Zn y en plantas normales, según dosis de zinc aplicada.....	<b>19</b>
<b>Tabla 7.</b> Rendimiento de maíz (kg ha <sup>-1</sup> ) y sus componentes directos: (número de granos m <sup>2</sup> ) y peso de 1000 granos (g) en función de distintas dosis de zinc.....	<b>20</b>

## RESUMEN

En el Departamento Río Cuarto (Córdoba) la producción de maíz aumentó considerablemente en los últimos años, lo cual acrecentó la extracción de nutrientes, conjuntamente con esto, estudios realizados en el sur de Córdoba dieron por resultado que de los nutrientes que presentan baja disponibilidad, el zinc es uno de los más críticos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización con dosis crecientes de zinc sobre el rendimiento de maíz. Para ello se realizó un estudio en la zona rural de Chaján durante la campaña 2009 / 10. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, y se evaluaron diferentes dosis de zinc (0, 0,5, 1, 1,5 y 2 kg ha<sup>-1</sup>). En el estadio V3 se marcaron plantas con sintomatología de deficiencia severa de Zn y plantas normales. Se cuantificó el área foliar de la hoja de la espiga y la inferior en el estadio R1 junto al rendimiento y sus componentes directos. El área foliar no fue afectada por el incremento en la dosis de zinc. En cuanto a rendimiento y sus componentes directos, tampoco se observaron diferencias entre tratamientos. Esta falta de respuesta al agregado de zinc puede ser debido a la suficiente cantidad de éste elemento en el suelo.

**Palabras claves:** Zinc – Fertilización – Área foliar – Rendimiento.

## SUMMARY

In the department Río Cuarto (Córdoba) maize production increased significantly in recent years, which increased the uptake of nutrients, in conjunction with this, studies in southern Córdoba resulted in the nutrient that have low availability, zinc one of the most critical. The aim of this study was to evaluate the effect of fertilization with increasing doses of zinc on corn yield. This study was conducted in rural Chaján during the campaign 2009/10. Experimental design was a randomized block, and evaluated different doses of zinc (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 kg ha<sup>-1</sup>). In the V3 stage plants were marked with signs of severe deficiency of Zn and normal plants. Leaf area was quantified leaf stem and lower in the R1 stage and performance and its direct components. Leaf area was not affected by the increase in the dose of zinc. In terms of performance and direct components, no differences were observed between treatments. This lack of response to addition of zinc may be due to the sufficient amount of this element in the soil.

**Key Words:** Zinc – Fertilization – Leaf area – Crop yield.

## INTRODUCCIÓN

En el Departamento Río Cuarto (Córdoba) la producción de maíz aumentó considerablemente en los últimos años, lo cual acrecentó las necesidades nutricionales de los cultivos. Según investigaciones realizadas por Volmer y Ratto (2005) en la provincia de Córdoba dieron por resultado que de los nutrientes que presentan baja disponibilidad, es el zinc uno de los más críticos, presentándose en la mayoría de los sitios con valores inferiores a  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Entre los nutrientes esenciales para los cultivos, el zinc presenta suma importancia debido a sus diversas funciones en el vegetal, y porque demuestra una correlación positiva entre el rendimiento y la concentración de Zn en la hoja (Ratto *et al.*, 1991). También se justifica su relevancia la aparición de casos en los que se ha permitido corregir deficiencias nutricionales, promover un buen desarrollo de los cultivos, y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Trinidad y Aguilar, 1999). En ensayos de invernáculo, se ha observado que el aumento de Zn en el suelo estuvo acompañado por un incremento en la absorción y la producción de materia seca en las plántulas de maíz (Ratto y Mizuno, 1991). En la estación experimental del INTA Pergamino, se determinaron incrementos significativos en los rendimientos de los cultivos por el agregado de este nutriente por vía foliar (Ferraris *et al.*, 2005; 2007). La deficiencia de Zn afectó el crecimiento del cultivo de maíz durante el periodo de determinación del número de granos, es decir su periodo crítico para definir rendimiento (Espósito *et al.*, 2010).

El zinc alcanza la raíz por el mecanismo conocido como difusión, caracterizado por la baja movilidad del nutriente en el suelo, el cual es absorbido en la forma de  $\text{Zn}^{+2}$ , predominantemente cuando el pH de la solución del suelo varía entre 5 y 7, por lo tanto, el proceso de absorción es significativamente afectado por un pH inferior a 4,5 – 5. Presentando el citado elemento movilidad deficiente en floema. Adicionalmente se reconoce también, que altos niveles de P en el medio (suelo o sustrato), pueden provocar la deficiencia de Zn inducida, principalmente por la ocurrencia de la insolubilización del Zn en la superficie de las raíces, configurándose un proceso de inhibición no competitiva (Fancelli y Vázquez, 2006).

La concentración normal aproximada de Zn en las hojas maduras de varias especies de plantas cultivadas es de entre 27 a  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , siendo excesivo entre 100 y 400 y deficiente con  $10 - 20 \text{ mg kg}^{-1}$  (Raj *et al.*, 1991).

En la actualidad con la existencia de variada disponibilidad de herramientas y fuentes de información se crean condiciones que permiten realizar un diagnóstico preciso orientado a las



posibilidades de respuesta a la fertilización. Estas incluyen la mayor información de campo y un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris y Couretot., 2007), 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 respuestas a nivel de campo (Mallarino *et al.*, 1998).

La introducción de nuevas tecnologías (híbridos, diferentes sistemas de laboreo, aplicación de fertilizantes) a los sistemas agrícolas y la utilización permanente durante muchos años de los ambientes, han generado desequilibrios biológicos, químicos y geológicos; lo cual se traduce en un nuevo equilibrio edáfico afectando la dinámica de los nutrientes, entre ellos a el Zinc (Zn); elemento que se está presentando deficitario en diferentes zonas de la región pampeana, como por ejemplo al sur oeste de la provincia de Córdoba (García , 1999), área que encierra a la localidad de Chaján, la cual será considerada en el presente trabajo.

Muestras recolectadas en dicha zona y analizadas por el Laboratorio Suelo Fértil de la empresa ACA en la localidad de Pergamino mediante el método DTPA mostraron valores de entre 0,19 y 0,80 ppm de Zn, el contenido de P varió entre 5,6 y 19,2 ppm y el pH entre 5,4 y 6,5 (Espósito *et al.*, 2010). Algunos investigadores señalan como crítico una concentración edáfica de 0,5 a 1 ppm (Martens y Lindsay, 1990; Whitney, 1997), de la misma manera Yamada, 2004, establece en la zona de Río Grande do Sul y Santa Catarina que el nivel crítico usando como extractante DTPA es de 0 a 0,2 mg dm<sup>-3</sup>, el nivel medio entre 0,2 y 0,5 mg dm<sup>-3</sup> y como nivel alto una concentración edáfica mayor a 0,5 mg dm<sup>-3</sup>, dentro de la cual no encontró respuesta al agregado de Zn. Ejemplo de éste nuevo equilibrio es el aumento de la extracción de Zn ante aportes de nitrógeno (N), Goldman *et al.*, 2002 y Ratto *et al.*, 1991, evidencian que la fertilización nitrogenada en maíz aumenta la absorción de Zn. Haciendo lógico intuir que el incremento en el rinde generado por la fertilización con N aumentó la absorción de otros nutrientes provocando la presencia de posibles deficiencias en los mismos.

A esto último se le puede agregar el aumento progresivo de utilización de fertilizantes fosforados, donde el nutriente predominante, el P, produce antagonismo con el Zn. Así se describe una deficiencia de Zn inducida por una elevada disponibilidad de P (Ratto y Giuffre, 1997).

Dentro de las nuevas tecnologías que genera el desequilibrio citado anteriormente se puede agregar la utilización de Siembra Directa, la cual provoca una disminución en la amplitud térmica diaria del suelo al bajar la temperatura diurna, factor que limita el crecimiento de raíces y la difusión de Zn, situación que se agrava con la utilización de fecha de siembra temprana debido a las menores temperaturas. La baja temperatura del suelo, implica también una menor tasa de liberación

de Zn desde formas medianamente lábiles hacia formas solubles o intercambiables, las cuales son más rápidamente disponibles por la planta (Ratto, 2006). Además, una importante cantidad de residuos vegetales en superficies generan una demanda importante de Zn por parte de los microorganismos del suelo produciendo una inactivación temporal del mismo, que depende de la relación C/N de los residuos, cantidad de P en la fertilización, temperatura y humedad del suelo; iguales factores que contribuyen a la mineralización de los residuos. Ratto y Miguez (2005), citan a las bajas temperaturas luego de la emergencia del cultivo y la escasez de lluvias como elementos que parecen aumentar la probabilidad de respuesta. Algunas condiciones de cultivo favorecen la aparición de respuesta a nutrientes no tradicionales, 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 demanda incrementada por mayores rendimientos (Girma *et al*, 2007). Andriulo *et al.*, (1996) en un trabajo realizado en la zona núcleo maicera informó que los micronutrientes Zn y Cu registraron las mayores pérdidas respecto a los niveles del suelo virgen, mientras que B, Fe, Mo y Mn disminuyeron en menor magnitud y Co aumentó ligeramente, en el mismo se concluyó que las exportaciones por los granos y la quema de rastrojos fueron los que provocaron tal disminución. Además se encontró una relación directa entre el contenido de Zn y el de materia orgánica del suelo, dado que éste nutriente está vinculado a materia orgánica y por lo tanto al sistema de manejo del mismo (Espósito *et al*, 2010).

El conjunto de factores citado anteriormente hace limitar la disponibilidad de zinc y por lo tanto es de importancia considerar su concentración en el suelo, incrementándose a la problemática la considerable producción de maíz en la zona citada como deficitaria.

Otros factores o condiciones que reducen la disponibilidad y aumentan las pérdidas de Zn son: el encalado excesivo, la alta pluviosidad (o encharcamiento), bajas temperaturas asociadas a exceso de humedad, los cuales pueden hacer que las deficiencias sean más pronunciadas, esto tiende a manifestarse en el estado inicial de crecimiento de la planta, afectando el rendimiento final. Es preciso mencionar que el zinc es fuertemente adsorbido por los coloides del suelo, lo que ayuda a disminuir las pérdidas por lixiviación. Es por ello que en suelos arenosos, con baja capacidad de intercambio catiónica y sujetos a lluvias intensas se pueden presentar problemas de deficiencia (Scheid Lopes y Vázquez, 2006).

El papel del zinc en la planta se relaciona principalmente a procesos bioquímicos como síntesis del Triptofano (precursor de auxinas de crecimiento, hormona de crecimiento vegetal), en

la síntesis de proteínas (interviene en el contenido de ARN y en la síntesis de ribosomas) y / o formando parte de la estructura de las enzimas (actuando en el sistema enzimático y siendo activador de innumerables enzimas). Otras funciones son de carácter estructural en las membranas (manteniendo la integridad de las mismas); fijación de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis y metabolismo de carbohidratos en el proceso de conversión de azúcares en almidón; también, relacionados a la formación de granos y de polen, fecundidad de flores y su cuajado; y participa en los sistemas de defensa del cultivo, relacionados a la protección de cloroplastos y en la resistencia a la infección de patógenos (Ratto y Miguez, 2005).

La deficiencia de Zn en el suelo desencadena diferentes síntomas, entre ellos, hojas nuevas con clorosis internerval, plantas enanas (de crecimiento reducido y entrenudos cortos), escaso desarrollo radicular y menor rendimiento productivo. En casos extremos los síntomas que presenta el cultivo son malformación de brotes y hojas (enrulamiento de la hoja) y formación de agrupamiento de hojas pequeñas (roseta) en la porción terminal de la planta (Ratto y Miguez, 2005).

Con respecto al efecto de zinc sobre el desarrollo foliar, se encontró sobre el cultivo de nogal que las alteraciones ante deficiencia, son la disminución sobre el crecimiento de las hojas (Hu y Sparks, 1991). Según Lombardinni (2004), para el área de Texas, EEUU, también sobre nogal observó que el índice de área foliar se redujo un 30 % cuando existen deficiencias. En cuanto a maíz hay una relación positiva entre el rendimiento y la concentración de Zn en la hoja de la espiga en floración, cuando se explora un amplio rango de valores (Ratto, 2006). El valor de 20 ug/g (20 ppm) de Zn en la hoja mencionada se considera como el que separa situaciones de deficiencia de otras de suficiencia, siendo este valor coincidente con la bibliografía internacional (Jones 1994).

En maíz y para el Zn, es frecuente la aparición de síntomas en las primeras semanas del cultivo, se manifiesta en plantas jóvenes. Los síntomas de deficiencia generalmente aparecen en la segunda o tercer semana del ciclo, y la característica es su corta duración. Puede durar desde unos pocos días a un par de semanas, para luego desaparecer por completo. Sólo en algunas situaciones, en suelos arenosos, se ha detectado sintomatología que persiste hasta la floración. La característica compartida, en esta última situación, es la de lotes que están en producción bajo siembra directa, con elevada fertilización fosfatada y en periodos de baja humedad (Ratto, 2006). La sintomatología de deficiencia de Zn observada en hojas maduras en floración se presentó en lotes con elevada fertilización fosfatada, con valores de relación P/Zn cercanos o mayores a 150, considerado activo en la inducción del déficit de Zn por efecto del P (Ratto y Giuffré 1997).

Referido al papel de éste nutriente en la ocurrencia de enfermedades, a pesar de los recientes trabajos de investigación relacionados al empleo de micronutrientes en la agricultura, la interacción del Zn con la ocurrencia de enfermedades y plagas, es aun considerablemente oscura y controvertida. De ésta manera; conforme a lo citado por Ventura *et al.* (1996), plantas de arroz cultivadas en suelo deficiente en Zn pueden evidenciar el aumento de la incidencia de *Xanthomonas*. El sulfato de Zn al 2,5 % ha sido informado como altamente eficiente en el control de bacteriosis del arroz, en condiciones naturales. Mientras al Zn es esencial para el crecimiento, esporulación y virulencia de *Fusarium oxysporum*; la aplicación de fertilizantes conteniendo Zn, vía suelo en cantidades excesivas, puede también aumentar la producción de toxinas por parte del referido patógeno. Otros resultados sugieren que el Zn puede favorecer o restringir la incidencia de enfermedades y plagas, en función de la especie considerada, de las condiciones edafo-climáticas reinantes en el período, además de la forma química considerada. Con relación a la prevención de plagas, Choboussou (1999), informa que el Zn aplicado en la forma de sales en las hojas, puede favorecer la ocurrencia y la multiplicación de pulgones en diversas especies cultivadas. Cabe resaltar que, a pesar de ser el micronutriente más considerado en programas de fertilización, su provisión en dosis elevadas y sin criterio técnico definido, puede interferir en el aprovechamiento y metabolización de otros nutrientes, favoreciendo el crecimiento y la producción de metabolitos (micotoxinas) de hongos.

En cuanto a la aplicación del micronutriente, de ensayos comparativos entre aplicación vía foliar y al suelo, ésta última superó significativamente a los tratamientos foliares (Ferraris y Couretot, 2007). La respuesta a la utilización de fertilizantes foliares tiene relación con el ambiente, así ensayos de aplicación foliar de Zn en combinación con N utilizando las mismas fuentes originaron respuestas positivas en los rendimientos bajo condiciones ambientales más favorables (Ferraris *et al.*, 2007). Referidos a aplicaciones al suelo, fertilizantes compuestos como mezcla de gránulos de NPK se presenta el problema de que a pesar de la uniformidad en los gránulos el número de sitios que recibe la mezcla, en el suelo es despareja; por ejemplo el número de sitios que recibe el micronutriente en el suelo puede ser menor que 20 sitios por m<sup>2</sup>, cuando se aplica ZnSO<sub>4</sub> con una dosis de 1 kg ha<sup>-1</sup>. Por el contrario si él fuera incorporado en una mezcla granulada o fertilizante granulada, o aplicado como revestimiento de fertilizantes NPK conteniendo 2 % de Zn, el número de puntos que recibiría los gránulos sería de 350 por m<sup>2</sup>, en la aplicación de la misma dosis (Scheid Lopes y Vázquez, 2006). Como el Zn es un micronutriente que se mueve por difusión, o sea poco más de algunos milímetros del punto de aplicación, se desprende que la uniformidad de aplicación y la eficiencia de absorción son mayores que en el segundo caso.

Existen evidencias del acentuado efecto residual de fertilizantes con Zn. La dosis de 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn en la forma de SO<sub>4</sub>Zn aplicada al voleo sólo en el primer cultivo, fue suficiente para mantener producciones próximas al máximo por lo menos durante 4 cosechas consecutivas (Ritchey *et al*, 1986). Adicionalmente la dosis de 1 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, aplicada al voleo en mezcla con superfosfato simple en polvo en primer cultivo, fue suficiente para aumentar el rendimiento de granos, los tenores de Zn del suelo y de la hoja de maíz en el cuarto cultivo (Galvão, 1995). Galvão, (1996) concluyó que 1,2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>, 23 % de Zn), aplicado al voleo en el primer cultivo, fue suficiente para propiciar rendimientos máximos de maíz para 3 cultivos, mientras que cuando fue aplicado al surco de siembra sólo en el primer cultivo, o divididamente 0,4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn por cultivo, el rendimiento máximo de granos fue alcanzado sólo a partir del segundo año.

## **HIPÓTESIS**

El rendimiento del cultivo de maíz es afectado en forma diferencial según la dosis de zinc empleada en la fertilización a la siembra.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la fertilización con dosis crecientes de zinc sobre el rendimiento de maíz.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar el área foliar de la hoja de la espiga y la inferior a la misma en el estadio R1, como indicador de la respuesta a la fertilización con zinc.
- Establecer relaciones entre el rendimiento y sus componentes directos y la respuesta a la fertilización con zinc.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó durante la campaña 2009/10 en un establecimiento ubicado en la zona rural de la localidad de Chaján, a 80 kilómetros de Río Cuarto (33° 38' 01'' Latitud sur, 64° 55' 24'' Longitud oeste, 467 msnm). Se implantó un cultivo de maíz, para evaluar el efecto de cuatro dosis de zinc, manteniendo constante el aporte de los macronutrientes azufre, fósforo y nitrógeno, e incorporando el fertilizante al costado y debajo de la línea de siembra. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con 3 repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 30 m de largo y 4,2 m de ancho (126 m<sup>2</sup>).

El experimento se realizó en un suelo Haplustol típico, con rotación trigo/soja, maíz, soja de primera. Muestras realizadas en el año 2008 en 6 lotes del establecimiento, incluido el sitio en el cual se desarrolló el experimento, arrojaron valores entre 0,21 y 0,52  $\mu\text{ kg}^{-1}$  de Zn (DTPA), (Espósito *et al*, 2010).

En la Tabla 1, se presentan los resultados del análisis de suelo del sitio experimental.

**Tabla 1:** Análisis de suelo del sitio experimental, Chaján, Córdoba.

Profundidad	P	Materia Orgánica	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	pH	Ca	Mg	K	Na	PSI	Zn	B	H <sub>2</sub> O a la siembra
(cm)	$\mu\text{ kg}^{-1}$	%	$\mu\text{ kg}^{-1}$	$\mu\text{ kg}^{-1}$		meq	meq	meq	meq		$\mu\text{ kg}^{-1}$	$\mu\text{ kg}^{-1}$	%
0-20	14.0	1.7	21.7	4.5	6.5	6.30	1.75	1.85	0.27	2.65	0.90	0.59	12.3
20-40			13.5	6.0									12.6
40-50			10.7										12.0

Laboratorio Suelofertil, ACA Pergamino.

La elección del lote del ensayo se basó en la selección de sitios que en sus análisis de suelo (muestras compuestas por distintas partes de cada lote) presentaron niveles críticos de Zn (0,21 y 0,52  $\mu\text{ kg}^{-1}$ ). Posterior a su elección se tomaron muestras del lugar específico del ensayo, encontrándose concentración de 0,9  $\mu\text{ kg}^{-1}$ . Esta diferencia entre la disponibilidad de Zn en el sitio experimental y aquellos detectados previamente puede ser explicada por la elevada variabilidad espacial que éste nutriente manifiesta en los lotes comerciales de producción (Cruzate y Rivero, 2010).

El maíz fue sembrado con una densidad de 60000 plantas ha<sup>-1</sup>, empleándose el híbrido DK 747 MG RR2. La siembra se realizó el 8 de Octubre de 2009 bajo el sistema de siembra directa, utilizando una sembradora Agrometal TX Mega de 16 surcos con una distancia entre hileras de 0,525 metros; al contar con dos cajas de cambio cada tratamiento fue de 8 surcos de ancho.

Las dosis de zinc elemento probadas fueron de 0; 0,5; 1; 1,5 y 2 kg ha<sup>-1</sup>. Las mismas se obtuvieron mediante la mezcla de diferentes proporciones de dos fertilizantes sólidos: SZ (12-17-0-10S-1Zn) y MES S10 (12-17-0-10S). Los tratamientos evaluados fueron:

- 1- Testigo (Sin fertilización)
- 2- NPS: 24 kg de Nitrógeno (N), 34 kg de Fósforo (P) y 20 kg de Azufre (S).
- 3- NPS + 0,5 kg Zn: 24 kg de N, 34 kg de P, 20 kg de S y 0,5 kg de Zinc (Zn).
- 4- NPS + 1 kg Zn: 24 kg de N, 34 kg de P, 20 kg de S y 1 kg de Zn.
- 5- NPS + 1,5 kg Zn : 24 kg de N, 34 kg de P, 20 kg de S y 1,5 kg de Zn.
- 6- NPS + 2 kg Zn: 24 kg de N, 34 kg de P, 20 kg de S y 2 kg de Zn.

Tales tratamientos serán referenciados como Testigo, NPS, NPS + 0,5 kg Zn; NPS + 1 kg Zn ; NPS + 1,5 kg Zn y NPS + 2 kg Zn, correspondiendo cada uno al orden anteriormente descrito.

Se hicieron controles de malezas para obtener condiciones óptimas de crecimiento del cultivo, previo a la siembra se realizó un barbecho químico con 3 l ha<sup>-1</sup> de glifosato más 0,5 l ha<sup>-1</sup> de metolacoloro + 0,8 l ha<sup>-1</sup> de atrazina (90%). En post emergencia del cultivo se aplicó 3 l ha<sup>-1</sup> de glifosato. Todos los tratamientos fueron refertilizados con 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno aplicado como CAN (28-0-0) el 01/12/2009 en el estadio V<sub>8</sub> para evitar interferencias con posibles deficiencias nitrogenadas. La cosecha se realizó el 15 de marzo de 2010.

## **OBSERVACIONES Y MEDICIONES**

Fenología del cultivo: se identificó la ocurrencia de los estadios fenológicos de VE, V4, R1 y R6 según Ritchie y Hanway (1997).

Emergencia de plántulas: Finalizada la emergencia del cultivo se procedió a la medición de emergencia de plántulas m<sup>2</sup>, la misma se cuantificó a través del conteo de plantas en 1,9 metros lineales de surco, lo cual representa 1 m<sup>2</sup> de superficie.

Marcación de plantas: Al desarrollar el cultivo su cuarta hoja (estado fenológico V4) fueron marcadas seis plantas por parcela con sintomatología de deficiencia de Zn y seis plantas consideradas normales. Las mismas fueron marcadas en la base con cintas plásticas color rojo (deficientes) y amarillo (normales).



Área Foliar: En estado fenológico de floración (R1) se midió el área foliar de la hoja de la espiga y la inmediatamente inferior a la misma de todas las plantas marcadas en V4. Para tal cuantificación se multiplicaron datos de largo y ancho de la hoja, afectándolos por un factor definido 0,75, de ésta manera área foliar es resultado del siguiente cálculo [1]:

$$\text{ÁREA FOLIAR (cm}^2\text{)} = \text{LARGO DE HOJA (cm)} \times \text{ANCHO DE HOJA (cm)} \times 0,75 \quad [1]$$

Concentración de nutrientes en la hoja de la espiga: En el estadio reproductivo R1 se realizó, mediante método destructivo, la recolección de hojas de la espiga para determinar la concentración de Zn y N. Las determinaciones las realizó un laboratorio privado. El muestreo se realizó sobre 3 plantas por parcela que se encontraban en condiciones de competencia perfecta, sin perjudicar las plantas marcadas. Se consideró relevante evaluar el efecto de los tratamientos de fertilización sobre esta variable por la relación positiva entre la concentración de Zn en la hoja de la espiga con el rendimiento en granos (Ratto, 2006).

Determinación de rendimiento y componentes directos: la cosecha manual se llevó a cabo el 15 de marzo de 2010. Se cosechó en forma individual todas las plantas que habían sido previamente marcadas con cintas amarillas y rojas. La trilla se ejecutó con máquina trilladora a engranajes accionada manualmente. Se empleó una balanza de precisión para pesar las muestras. Posteriormente, se extrajo una alícuota de granos de cada parcela con el objetivo de realizar determinaciones de humedad para corregir el peso de los granos, calculando el rendimiento con un contenido de humedad de 14 % (condición de entrega) de acuerdo a la tabla de merma.

También se obtuvo el rendimiento por hectárea, para ello se extrajeron 4 muestras por cada parcela de 5 m. lineales de surco en competencia perfecta, excluyendo para ello, las plantas marcadas en V4. Se extrajo una alícuota de cada muestra para la determinación de peso de 1000 granos. Finalmente el número de granos cosechados por metro cuadrado se obtuvo a partir de la ecuación [2]:

$$\text{N}^\circ \text{ GRANOS m}^{-2} = \frac{\text{Rendimiento (kg m}^{-2}\text{)} \times 1000}{\text{Peso de 1000 (kg)}} \quad [2]$$

## **ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Toda la información obtenida fue analizada estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), comparación de medias según el test LSD al 5 % de probabilidad, análisis de correlación y regresión lineal, a través del programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2010).

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

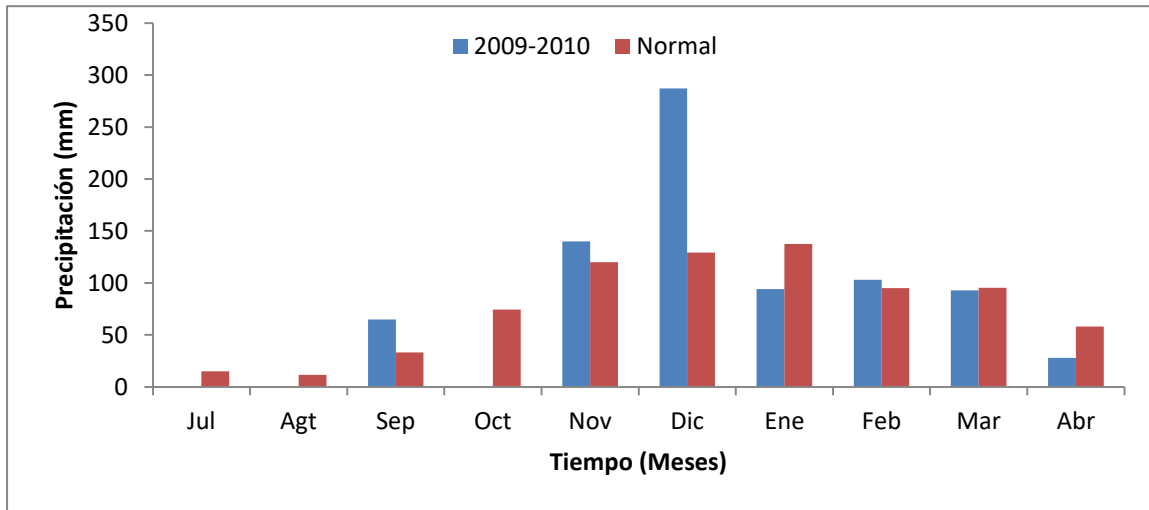
### **Descripción meteorológica de la campaña 2009/10 para el sitio del ensayo.**

Regionalmente el área de estudio, se caracteriza por presentar un clima templado sub húmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño y con déficit importantes en verano e invierno. La precipitación media anual normal es de 801,2 mm (disminuyendo progresivamente de este a oeste) con valores extremos mínimos de 451,1 mm en 1988 y máximos de 1995,2 mm en 1984, para la serie 1978 – 2008 (Seiler *et al.*, 1995).

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23 °C con una máxima absoluta de 39,5 °C, la temperatura media del mas más frío (julio) es de 9,1 °C con una mínima absoluta de -11,5 °C. La amplitud térmica media anual es de 13,9 °. La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la de la última es el 12 de septiembre, siendo el periodo libre de heladas 255 días en promedio (Seiler *et al.*, 1995).

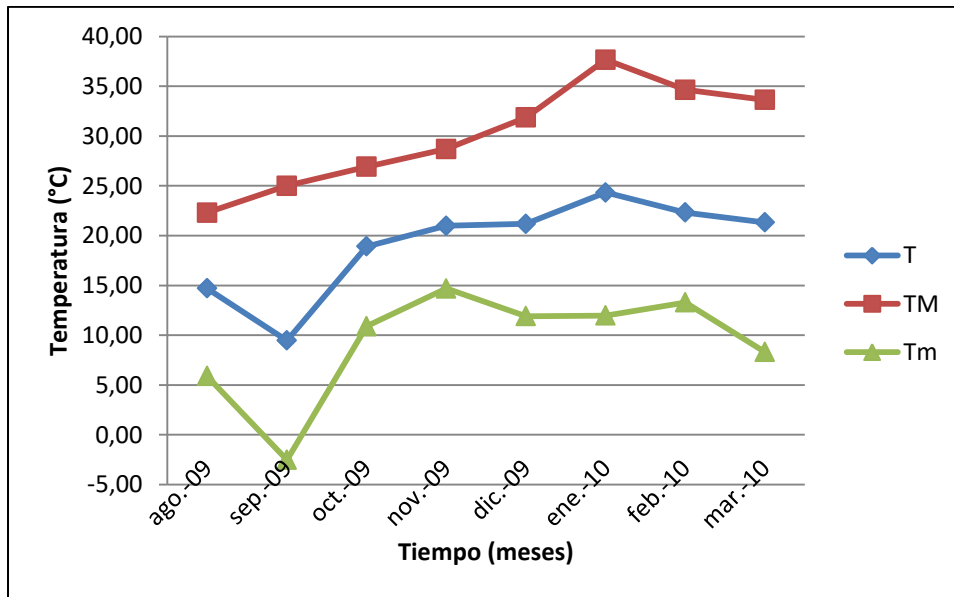
Las precipitaciones y la temperatura media diaria, durante la estación de crecimiento del cultivo (octubre a marzo), son indicadas en las figuras 1 y 2, respectivamente.

La media histórica de precipitaciones para el ciclo del cultivo (octubre – marzo) es de 651,42 mm, en la campaña 2009/10 se superó la media en 66mm. El cultivo no registró períodos de estrés hídrico. En el mes de diciembre, cuando el cultivo atravesaba su estado vegetativo las precipitaciones superaron en 158mm a la media para dicho periodo. Por el contrario en el mes de enero se registró un déficit de 47 mm respecto a la normal, lo cual fue acompañado por fuertes vientos y temperaturas cercanas a los 40 °C, factores que podrían haber generado momentos de estrés temporario. Sin embargo los rendimientos obtenidos demuestran que fue una buena campaña desde el punto de vista meteorológico. Para los meses de febrero y marzo la precipitación resulto equivalente a la media histórica (Figura 1).



**Figura 1:** Precipitación mensual (mm) para el período de julio – abril del ciclo 2009/10 (barras azules) y valores normales (barras rojas), Chaján, Córdoba.

Como no se dispuso de estación meteorológica en el sitio experimental, para evaluar el ambiente térmico del experimento se procedió a realizar una interpolación lineal entre los datos de la estación meteorológica de Villa Reynolds Aéreo, (Villa Reynolds, San Luis) y la estación del Campus de UNRC (Río Cuarto, Córdoba), de manera de estimar lo correspondiente a la localidad de Chaján (Figura 2).



**Figura 2:** Temperatura del aire durante el período agosto - marzo de la campaña 2009/10. Temperatura media (T), temperaturas máximas (TM) y temperaturas mínimas (Tm).

Los registros térmico muestran que la temperatura mínima registrada sólo es inferior a la temperatura base del maíz de 8 °C en el primer mes post siembra (Otegui *et al.*, 1992), siendo la media en el mismo período superior a 10 °C.

La temperatura mínima y la media en el resto de la temporada fue superior a la temperatura base del cultivo, de esta manera podemos estimar que no hubo restricción para el crecimiento. La temperatura media (9 a 24 °C) no estuvo cerca de la óptima para maíz que es de 30 – 34 °C (Andrade *et al.*, 1996) así, el crecimiento no tuvo limitación pero tampoco llegó a su umbral máximo de crecimiento.

Es de estimar que el crecimiento y desarrollo del cultivo resultó normal, debido a que las condiciones de precipitaciones y temperaturas se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo durante todo su ciclo.

### Fenología del cultivo

En la Tabla 2 se presenta la fenología del cultivo y las fechas de ocurrencia de los diferentes estadios. En relación a la longitud total del ciclo se interpreta que el mismo fue de 159 días. Es necesario aclarar que no se detectaron modificaciones fenológicas entre los tratamientos analizados, por lo tanto en la tabla se presentan los valores medios.

**Tabla 2:** Estadio fenológico y fecha de ocurrencia de los mismos para el cultivo de maíz, Chaján (Córdoba).

Estadio Fenológico	Fecha de ocurrencia
VE	18/10/2009
V4	09/11/2009
R1	15/01/2010
R6	15/03/2010

VE, V4, R1 y R6, emergencia, 4 hojas, floración y madurez fisiológica según Ritchie y Hanway (1997).

## Emergencia de plántulas

De acuerdo a lo propuesto por Ciampitti *et al.* (2006), el empleo de fertilizantes químicos aplicados al momento de la siembra puede provocar una disminución significativa de la población de plantas logradas, como consecuencia de efectos fitotóxicos durante la solubilización de los fertilizantes en el suelo. Por este motivo y considerando que todos los tratamientos de fertilización evaluados durante esta experiencia fueron aplicados al momento de la siembra, se evaluó la densidad de plantas logradas en el estadio de 2 hojas completamente desplegadas del maíz, a los efectos de descartar posibles respuestas en el rendimiento como consecuencia de diferencias en la densidad objetivo de plantas.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, la cantidad de plantas de maíz establecidas en V2 no fueron afectadas estadísticamente por los tratamientos de fertilización ( $p=0,6870$ ). Es posible que la ubicación de los fertilizantes por debajo (4 cm) y al costado (6 cm) de la línea de siembra halla alejado suficientemente los gránulos respectivos evitando así la posible fitotoxicidad. Comparando diferentes cultivos estivales se destaca además que el maíz es más tolerante a posibles efectos nocivos del fertilizante, que sorgo, girasol o soja, aunque éste presente una menor capacidad compensatoria frente a la disminución de la población de plantas que los otros tres cultivos restantes bajo análisis (Ciampitti *et al.*, 2006). Esta mayor sensibilidad a la densidad de plantas establecidas en el cultivo de maíz, puede explicarse debido a su incapacidad de macollar o ramificar, o a la baja plasticidad foliar (Hasherni-Dezfouli y Herbert, 1992; Otegui, 1997).

**Tabla 3:** Densidad media de plantas de maíz según dosis de Zn aplicada y testigo.

<b>Determinaciones</b>	<b>Densidad (pl ha<sup>-1</sup>)</b>
Testigo	50793,67 a
NPS	50793,63 a
NPS + 0,5 kg Zn	53333,37 a
NPS + 1 kg Zn	52063,50 a
NPS + 1,5 kg Zn	54920,63 a
NPS + 2 kg Zn	51746,03 a
DMS	6212,30828
CV (%)	6,53

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD, Fisher (Infostat, 2004). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación. pl, plantas.

## Área foliar

Durante evaluaciones visuales a campo realizadas en el estadio de 4 hojas completamente desplegadas del maíz, se identificaron plantas con deficiencia severa de Zn y plantas consideradas normales en relación a la sintomatología visual de esta deficiencia. Sobre ambas, al momento de floración se evaluó el área foliar de la hoja de la espiga. En las plantas consideradas normales, el área foliar de la hoja de la espiga fue sensible estadísticamente a los tratamientos de fertilización, pero manifestando solamente respuesta a NPS (Tabla 4). Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en el estudio del área foliar de la hoja inferior a la espiga de plantas normales y en ambas hojas de las plantas deficientes.

**Tabla 4:** Área Foliar (cm<sup>2</sup>) de la hoja de la espiga y la hoja inferior a la espiga en R1 sobre plantas con deficiencia severa de Zn y plantas normales, según dosis de Zinc aplicada

Determinaciones	Planta Normal		Planta Deficiente.	
	Área Foliar (cm <sup>2</sup> ). Hoja espiga.	Área Foliar (cm <sup>2</sup> ). Hoja inferior.	Área Foliar (cm <sup>2</sup> ). Hoja espiga.	Área Foliar (cm <sup>2</sup> ). Hoja inferior.
Testigo	463,00 b	497,33 a	509,00 a	503,67 a
NPS	590,67 a	579,00 a	607,33 a	565,33 a
NPS + 0,5 kg Zn	535,67 b	511,33 a	504,33 a	505,33 a
NPS + 1 kg Zn	605,67 a	546,67 a	567,00 a	511,67 a
NPS + 1,5 kg Zn	584,67 a	580,33 a	573,67 a	543,33 a
NPS + 2 kg Zn	587,67 a	579,00 a	598,33 a	592,67 a
DMS	81,93282	83,64257	138,43883	86,41744
CV (%)	8,02	8,38	13,59	8,85

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD, Fisher (Infostat, 2004). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación.

La ausencia de respuesta en el área foliar de las hojas al agregado de Zn en los fertilizantes evaluados, podría relacionarse a la suficiente cantidad de zinc en el suelo ( $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ); lo cual coincide con un estudio realizado por Yamada (2004) en Río Grande do Zoul (Brasil) donde estableció  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de zinc (Extractante DTPA), como umbral por encima del cual no necesariamente debiera manifestarse respuesta a la fertilización.

La concentración edáfica de zinc en el lugar del ensayo se presentó dentro del rango de suficiencia, a pesar de ello, en todos los tratamientos fue posible la identificación de plantas con deficiencia, siendo frecuente la aparición de síntomas en las primeras semanas del cultivo. Es necesario destacar que esta sintomatología presentó corta duración, pocos días a una semana, para luego desaparecer por completo. Ésta situación tendría su causa en distintos factores, lotes que están en producción bajo siembra directa, con elevada fertilización fosfatada y en periodos de baja humedad (Ratto, 2006), características que coinciden con las condiciones del ensayo, sistema de siembra directa durante varias campañas consecutivas, lo cual a través de la generación de rastrojo modifica parámetros como la temperatura y especialmente la amplitud térmica del suelo, condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la difusión del Zn y la tasa de liberación de Zn desde formas medianamente lábiles hacia formas solubles (Ratto, *et al.* 2006).

Bajo siembra directa en el sur de Córdoba, es frecuente que la distribución del rastrojo sobre la superficie del suelo no se uniforme, como consecuencia de un insuficiente desparramado del mismo durante la cosecha o por redistribución espacial por efecto del viento (Espósito, 2002). De esta manera, la presencia de diferentes condiciones de cobertura afectaría el microambiente térmico en distintos puntos del lote, lo que estaría derivando en la presencia de plantas normales junto a otras con deficiencia dentro de pequeñas espacios. Además la escasa condición hídrica de los primeros meses del cultivo (66 mm desde agosto a octubre) junto a la suficiente cantidad de fósforo en el suelo ( $14 \text{ ppm}$  inicial y  $34 \text{ kg ha}^{-1}$  de P aplicados) estarían completando, según Ratto (2006) las condiciones para la posible identificación de plantas con deficiencia en las primeras semanas del cultivo.

Es necesario destacar que debido a lo explicado anteriormente, la dilución de los síntomas generados por el zinc podría deberse al aumento de la temperatura y la recuperación hídrica a través de las precipitaciones a partir del mes de noviembre.

## Concentración nutricional en hojas

En el estado fenológico de floración se determinó la concentración de N y Zn foliar de la hoja de la espiga. Como la concentración de Zn en la hoja de la espiga tiene una relación positiva con el rendimiento en granos (Ratto, 2006), se consideró relevante evaluar el efecto de los tratamientos de fertilización sobre esta variable.

Los valores encontrados en el presente estudio se encuentran por debajo del umbral crítico establecido por Jones (1994), que establece 20 ppm como la concentración foliar de Zn que separa situaciones de deficiencia de otras de suficiencia. De la misma manera, los valores de la Tabla 5 coinciden con valores críticos según un estudio realizado por van Raij *et al.* (1991), en el cual se afirma que la concentración normal aproximada de Zn en las hojas maduras de varias especies cultivadas es de entre 27 a 150 ppm, siendo deficiente con 10 a 20 ppm.

Como se muestra en la Tabla 5, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en respuesta a los diferentes tratamientos.

**Tabla 5:** Concentración de nitrógeno (%) y zinc ( $\mu\text{ kg}^{-1}$ ) en la hoja de la espiga al estadio R1, según dosis de Zn aplicada.

Determinaciones	%N	Zn ( $\mu\text{ kg}^{-1}$ )
Testigo	2,07 a	13,97 a
NPS	2,27 a	14,10 a
NPS + 0,5 kg Zn	2,27 a	14,50 a
NPS + 1 kg Zn kg	2,27 a	14,87 a
NPS + 1,5 kg Zn	2,13 a	14,27 a
NPS + 2 kg Zn	2,10 a	16 a
DMS	0,26364	2,44554
CV (%)	6,64	9,20

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD, Fisher (Infostat, 2004). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación.



Los niveles del elemento en el suelo fueron superiores al nivel crítico, y estuvieron dentro del rango de suficiencia (0,9 ppm), esto estaría generando la falta de respuesta en la concentración foliar ante al agregado de zinc como fertilizante al suelo.

Ratto (2006) en un estudio realizado en el área pampeana encontró una relación positiva entre el rendimiento y la concentración de Zn en la hoja de la espiga en floración, cuando se explora un amplio rango de valores (27,43 a 46,87  $\mu\text{ kg}^{-1}$ ). Como en el presente trabajo, en la medición de concentración foliar, no se encontró respuesta a la fertilización con zinc (valores inferiores a 20  $\mu\text{ kg}^{-1}$  en todos los tratamientos), es de esperar que en las mediciones de los componentes directos e indirectos del rendimiento (según se muestran en las Tabla 6 y 5, respectivamente) no se encuentre respuesta a los distintos tratamientos.

### **Análisis de producción de plantas deficientes y normales.**

En la cosecha del cultivo, efectuada el 15 de marzo sobre plantas normales y deficientes, se realizó un estudio sobre la producción individual de las plantas marcadas, para ello se evaluó el peso de granos producido y el porcentaje de marlo en la espiga como estimadores indirectos del rendimiento.

Los resultados de las pruebas realizadas en plantas identificadas como normales (Tabla 6) indican diferencia estadística significativa para la proporción de marlo en la espiga ( $p= 0,0287$ ), en este análisis se detectó que el testigo sin fertilizar presentó una mayor proporción de marlo en el peso final. También se destaca que el tratamiento testigo fue el que presentó una tendencia a producir un menor peso en granos por planta; sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p= 0,2375$ ).

En referencia a plantas con deficiencia de zinc (Tabla 6), en la relación marlo/espiga no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p= 0,1198$ ), ocurriendo lo contrario, en el peso de granos por planta. En éste sentido se destaca que todos los tratamientos de fertilización superaron al testigo sin fertilizar y que ningún tratamiento con Zn superó estadísticamente a la fertilización con NPS.

Si bien la magnitud de las diferencias no fueron estadísticamente suficientes, el tratamiento con 1,5  $\text{kg ha}^{-1}$  muestra una tendencia a presentar valores mayores que el resto de los tratamientos. Esto concuerda con lo planteado por Espósito *et al.*, (2010), quienes establecieron que dosis superiores a 1,5  $\text{kg ha}^{-1}$  de Zn no generan diferencias estadísticas significativas, siendo la dosis de 1,5  $\text{kg ha}^{-1}$  la apropiada para aplicar ante deficiencia del microelemento en el suelo.

**Tabla 6:** Componentes indirectos del rendimiento de maíz, en plantas con deficiencia severa de Zn y en plantas normales, según dosis de Zinc aplicada.

Determinaciones	Plantas Normales		Plantas Deficientes	
	% de marlo en	Peso de granos por	% de marlo en la	Peso de granos por
Testigo	0,19 a	139,95 a	0,17 a	119,91 c
NPS	0,18 b	157,96 a	0,20 a	156,02 ab
NPS + 0,5 kg Zn	0,18 b	146,01 a	0,18 a	143,14 b
NPS + 1 kg Zn kg	0,18 b	148,05 a	0,17 a	143,63 b
NPS + 1,5 kg Zn	0,17 b	162,70 a	0,18 a	163,32 a
NPS + 2 kg Zn	0,18 b	161,44 a	0,18 a	156,75 ab
DMS	0,00984	19,95752	0,02238	16,58386
CV (%)	2,99	7,18	6,79	6,2

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD, Fisher (Infostat, 2004). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación. gr pl<sup>-1</sup>, gramos por planta.

Realizando una comparación entre las plantas deficientes y normales, ante los diferentes tratamientos realizados se observó un comportamiento de desarrollo y crecimiento similar entre ellas. Esta falta de respuesta al agregado de Zn se debería a la disponibilidad de este micronutriente en el suelo, que no llega a ser crítica (0,9 ppm). Se observa así, que en ambientes donde la disponibilidad de Zn es adecuada las plantas con deficiencia en estados tempranos de desarrollo lograrían recuperarse y tener un comportamiento normal. Contrariamente a lo planteado por Melgar *et al.* (2001) en un estudio realizado en el sur de la provincia de Santa Fe y noreste de Buenos Aires en 14 sitios distintos, encontraron que la respuesta a la aplicación de zinc fue lineal en todo el rango de las dosis evaluadas a razón de 0,109 mg de maíz por kg de Zn aplicado; en cuanto al contenido de zinc en el suelo hasta la disponibilidad de 1,8 ppm.

Las condiciones de bajas temperaturas al momento de la siembra y durante el desarrollo de las primeras hojas habrían inducido la manifestación de sintomatología de deficiencia de Zn en las plantas al momento de V4 (Ratto y Miguez, 2005) afectando también la difusión del nutriente (Ratto, 2006). Dicho efecto luego podría haber sido revertido por el aumento de la temperatura. Esto podría explicar la falta de respuesta en las determinaciones realizadas en plantas supuestamente deficientes y normales.

## Rendimiento y componentes directos

El rendimiento de los cultivos puede ser estudiado a través de sus componentes numéricos, número de granos por unidad de superficie y peso de los mismos, llamados también componentes directos del rendimiento (Andrade y Sadras, 2002). En este estudio, ambos componentes (número y peso de granos) no fueron afectados estadísticamente por los diferentes tratamientos de fertilización. A pesar de ello, en la medición de rendimiento se encontraron diferencias estadísticas a la aplicación del fertilizante con base a NPS, sin detectarse estas diferencias por el empleo de Zn en la mezcla (Tabla 7). La respuesta en rendimiento de grano al agregado de NPS fue del 13 %.

Aunque las diferencias en el número de granos no fueron significativas, se puede observar en la Tabla 7 una tendencia al incremento de este componente del rendimiento por la fertilización con NPS y por el agregado de Zn en la formulación de los fertilizantes.

Similarmente a lo planteado en relación al número de granos, el peso de los mismos no fue modificado estadísticamente por los tratamientos ( $p = 0,999$ ). Según Andrade *et al.* (1996) el peso de los granos es un componente de alta heredabilidad genética, y por lo tanto, menos influenciado por el ambiente (Andrade, 1995).

**Tabla 7:** Rendimiento de maíz ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) y sus componentes directos: número de granos ( $\text{granos m}^2$ ) y peso de 1000 granos (g) en función de distintas dosis de Zinc.

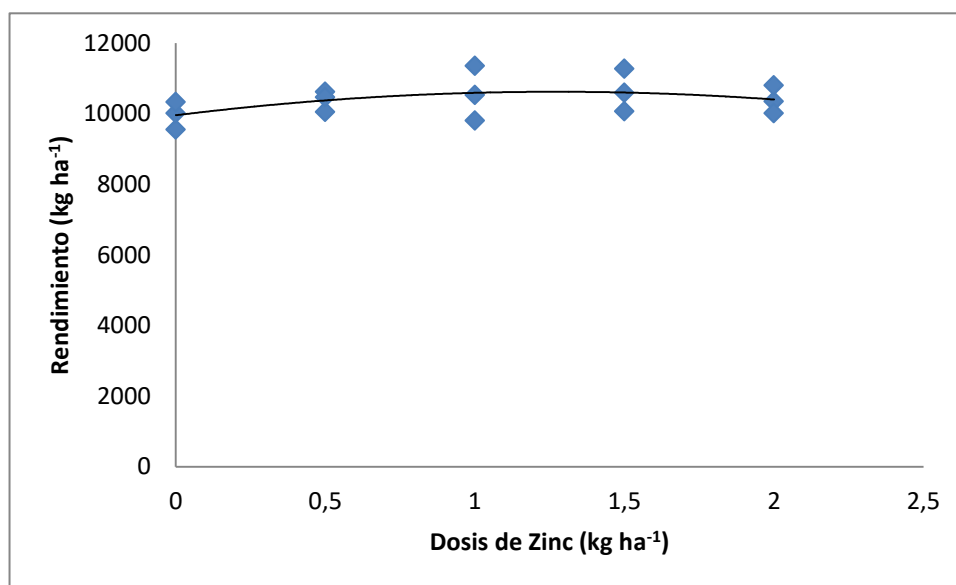
Determinaciones	Rendimiento	Nº granos $\text{m}^{-2}$	Peso de 1000 granos (g)
Testigo	8805,00 b	2966,00 a	297,33 a
NPS	9958,00 a	3452,00 a	289,67 a
NPS + 0,5 kg Zn	10371,00 a	3639,67 a	286,67 a
NPS + 1 kg Zn kg	10556,67 a	3623,00 a	292,00 a
NPS + 1,5 kg Zn	10639,00 a	3678,67 a	289,67 a
NPS + 2 kg Zn	10382,33 a	3623,00 a	287,00 a
DMS	889,6	513,9	39,9
CV (%)	4,83	8,08	7,55

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS, diferencia mínima significativa. CV, Coeficiente de variación. kg, kilogramos. G, gramos.

Los resultados descriptos no manifiestan respuesta al zinc, justificado en una concentración edáfica de 0,9 ppm. Estos resultados coinciden con Yamada (2004), que establece como nivel crítico una disponibilidad de Zn inferior a 0,2 ppm y categoriza como alta suficiencia una concentración mayor a 0,5 ppm, valores dentro de los cuales no necesariamente debiera manifestarse respuesta. Mientras que Whitney (1997) y Martens y Lindsay (1990), señalan críticos el rango de valores entre 0,5 a 1 ppm.

### Relación entre rendimiento de granos y dosis de zinc.

Además de los análisis estadísticos presentados anteriormente, también se procedió a evaluar la correlación entre rendimiento y las dosis de zinc probadas. En la Figura 3 puede observarse que también se encontró una baja relación entre el rendimiento y las dosis de zinc, esto se evidencia en el bajo ajuste que presenta la línea de tendencia ( $R^2 = 0,1$ ). Nuevamente como se mencionó a lo largo del trabajo la falta de respuesta puede explicarse por el nivel de Zn en el suelo, el cual es superior al umbral crítico planteado por otros autores, ya mencionados.



**Figura 3:** Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) en función de dosis de Zn empleadas (kg ha<sup>-1</sup>).

## CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados permiten concluir que para el sitio experimental y bajo las condiciones de la campaña 2009/10 el cultivo de maíz no respondió al agregado de zinc.

La manifestación de deficiencia en Zn pudo haberse debido a las bajas temperaturas iniciales que tuvo el cultivo.

Las plantas marcadas con sintomatología de deficiencia de zinc en los estados iniciales del cultivo no manifestaron diferencias en el comportamiento de los parámetros medidos, respecto a plantas consideradas normales.

Se observó una tendencia no estadística en el incremento del número de granos  $m^{-2}$  con el agregado de Zn.

No se pudo relacionar la presencia de síntomas de deficiencia de Zn en V4 con efectos sobre el rendimiento.

Por último y como recomendación para futuras evaluaciones, es aconsejable considerar la variación espacial en la disponibilidad de Zn en el suelo, previamente a la implantación de futuros experimentos o realizar estos estudios bajo a escala sitio específica mediante la herramientas de la agricultura de precisión.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDO Y CIA. S.A., 1994/95. Fertilización foliar en Maíz. En: <http://www.andoycia.com.ar/archivo/ffmaiz/>. Consultado: 20-06-2009.
- ANDRIULO, A., J. GALANTINI, F. ABREGO y F. MARTINEZ. 1996. Exportación y balance edáfico de nutrientes después de 80 años de Agricultura. XII Congreso Latinoamericano de Ciencia de Suelo. Aguas de Lindoia, SP, Brasil.
- ANDRADE, F. H., 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, 41:1 – 12.
- ANDRADE, F.; A. CIRILO, S. UHART y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa y Dekalb Press. Requerimientos hídricos, capítulo 5: 121 – 146.
- ANDRADE, F.; A. CIRILO, S. UHART y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa y Dekalb Press. Influencia de la temperatura, capítulo 1: 24 – 33.
- ANDRASE, F. y V. O. SADRAS. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA) – Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata). 450 p.
- CHOBOSOU, F. 1999. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoría da trofobiose. 2ª ed, L&PM editora. Porto Alegre, Brasil. 256 p.
- CIAMPITTI, I., H. FONTANETTO, F. MICUCCI y F. GARCIA. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: efectos fititóxicos. IPNI Cono Sur. Archivo Agronómico N°10. En: [www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf).
- CRUZATE, G. y A. RIVERO. 2010. Variabilidad espacial y temporal de P y Zn en siembra directa y la relación con algunas propiedades en un suelo en Paraná, Entre Ríos. Comisión 3: Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Santa Fe, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.
- COMPO ARGENTINA. 2002. Fertilización con Zinc en Cereales. En: [www.compo.com.ar/notas/zn-cereales.doc](http://www.compo.com.ar/notas/zn-cereales.doc). Consultado: 13-07-2009.

- ESPÓSITO G. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranza en cultivo de maíz. Tesis M. Sc Producción Vegetal. FAV – UNRC: 113.
- ESPÓSITO G., G. BALBOA, C. CASTILLO y R. BALBOA. 2010. Disponibilidad de Zinc y respuesta a la fertilización del maíz en el Sur de Córdoba. XXI Congreso Argentino de la Ciencia de suelo.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, M. BALZARINI, L. GONZALES, M. TABLADA y C. ROBLEDO. 2011. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar/>.
- FERRARIS, G., L. COURETOT y J. C. PONSÁ. 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., L. COURETOT y J. C. PONSÁ. 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 126 – 127.
- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2007. Respuesta del Maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. Experiencias de Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116 – 122.
- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2007. Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de Zinc en combinación con fuentes Nitrógeno – Azufradas. En <http://www.fertilizando.com/articulos/Tecnologias-Aplicacion-Microelementos-Maiz.asp>.
- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2009. Respuesta del Maíz a la fertilización complementaria con Nitrógeno, Zinc, Boro y otros nutrientes aplicados vía foliar. En: [http://www.engormix.com/respuesta\\_maiz\\_fertilizacion\\_complementaria\\_s\\_articulos\\_2705\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/respuesta_maiz_fertilizacion_complementaria_s_articulos_2705_AGR.htm). Consultado: 07-07-2009.
- GALRÃO E. Z. 1995. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. Revista Brasileira de Ciência do solo 19 (2):255-260. Campinas, Brasil.

- GALRÃO E. Z. 1996. Métodos de aplicação de zinco e avaliação da disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. Revista Brasileira de Ciência do solo 20 (2):265-272. Campinas, Brasil.
- GARCÍA, F. O. 1999. Fertilización de Maíz en la Región Pampeana. En: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/Fertilizacion%20de%20maiz%20en%20la%20Region%20papeana.asp>. Consultado: 23-06-2009.
- GIMÉNEZ, A. y A. GARCÍA LAMOTHE. 1999. Agricultura de Precisión: "Zona con deficiencia de Zinc en un cultivo de maíz bajo riego". En: <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-15.pdf> Consultado: 07-07-2009.
- GIRMA, K., L. MARTIN, K. FREEMAN, L. MOSALI, R. TEAL, R. RAUN WILLIAM, S. MOGES y D. ARNALL. 2007. Determination of Optimum Rate and Growth Stage for Foliar-Applied Phosphorus in Corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Volume 38, pages 1137 – 1154.
- GOLDMAN, V., H. E. ECHEVERRÍA, F. ANDRADE, S. UHART. 2002. Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz. Ciencia del Suelo 20 (1):27-35.
- HASHEMI-DEZFOULI, A. y S. J. HERBERT. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. Agronomy Journal. 84:547-551.
- HU, H. y D. SPARKS. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in Stuart Pecan. Hort Science 26 (3): 267 – 268.
- JONES, Jr. B., 1994. Plant Nutrition. Manual. Micro – Macro Publishing. Georgina. USA.
- LOMBARDINNI, L., 2004. Aplicación nitrogenada y oportuna en nogal. Nogatéc 2004. Torreón, Coahuila, Mexico. 34 – 40 p.
- MALLARINO, A. P., D. WITTRY, D. DOUSA y P.HINZ, P.1998. Variable rate phosphorus fertilization: On farm research methods and evaluation soybean. En P. C. Robert *et al.* (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 4<sup>th</sup>, Minneapolis, MN. 19 – 22. July. 1998.
- MARTENS, D. C. y W. LINDSAY. 1990. Testing soil for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 229-264.



- 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 la Ciencia del Suelo* 19: 2.
- OTEGUI, M. E., 1992. Incidencia de una sequía alrededor de antesis en el cultivo de maíz. Consumo de agua, producción de materia seca y determinación del rendimiento. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. p 93.
- OTEGUI, M. E., 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: II. Plant population effects. *Crop Science*. 37:448-455.
- STOLLER, 2007. Importancia del Zinc en el cultivo de maíz. En: [http://www.stoller.com.ar/descargas/zinc\\_en\\_maiz.pdf](http://www.stoller.com.ar/descargas/zinc_en_maiz.pdf). Consultado: 17-07-2009.
- VAN RAIJ, B. 1991. Fertilidade do Solo e Adubação. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, Brasil. 343.
- RATTO, S., 2006. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. Editora Vázquez, M. Micronutrientes en la Agricultura. Diagnóstico y fertilización en la Argentina. La experiencia brasilera. 1ª edición. 92 – 06 p.
- RATTO, S., N. FATTA, M. LAMAS. 1991. Análisis foliar de cultivo. II. Microelementos. *Rev. Facultad de Agronomía*, 12 (1):31 – 38.
- RATTO, S. E. y F. H. MIGUEZ. 2005. Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. En: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/3D2EF1F58D7E213805257268004D56B5/\\$file/Zinc+en+el+Cultivo+de+Maíz,+Deficiencia+de+Oportunidad.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/3D2EF1F58D7E213805257268004D56B5/$file/Zinc+en+el+Cultivo+de+Maíz,+Deficiencia+de+Oportunidad.pdf). Consultado: 17-07-2009.
- RATTO, S. e I. MIZUNO. 1991. Respuesta del maíz al agregado de Zinc en ensayo de invernáculo. XIII Congreso Argentino de la ciencia del Suelo.
- RATTO, S. y L. GIUFFRÉ. 1997. Relación P/Zn en cultivo de maíz. *Actas de VI Congreso Nacional de Maíz, AIANBA (II)* 190-195.
- RITCHIE W. y HANWAY 1997. How a corn plant develops. *Special Reports N° 48*. Iowa State University of science and Technology. Cooperative Extension Service ames, Iowa.: 21 pág.

- RITCHEY, K. D., F. R. COX, E. Z. GALRAO, R.S. YOST. S. 1986. Disponibilidad de zinc para las culturas del maíz, sorgo y soja en Latosolo Vermelho – Oscuro Argiloso. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Brsilia, Brazil, V.21, n.3, p.215-225.
- RODRÍGUEZ, P., M. J. LEMA, G. GONZÁLEZ y S. GONZÁLEZ PIMENTEL. 2005. Evaluación del reactivo Mehlich 3 como extractante multielemental. En: [http://www.efa-dip.org/comun/publicaciones/comunicaciones/2005/Mehlich\\_3.pdf](http://www.efa-dip.org/comun/publicaciones/comunicaciones/2005/Mehlich_3.pdf)
- TOLLENAAR, M., T. DAYNARD y R. HUNTER. 1979. Effect of temperature on rate of leaf number of maize. Crop Science, 19: 363 – 366 p.
- TRINIDAD y GUILAR, 1999. Fertilización foliar, respaldo importante en el rendimiento de cultivos. Terra. Volúmen 17, número 3, 247:255.
- SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. INOCUR. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto -1974 / 1993. Volumen I. UNRC. p:4.
- SCHEID LOPES, A. y M. VÁZQUEZ. 2006. Micronutrientes, la experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. Editora Vázquez, M. Micronutrientes en la Agricultura. Diagnóstico y fertilización en la Argentina. La experiencia brasilera. 1ª edición. 45 – 61 p.
- VÁZQUEZ, M y A. FANCELLI. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Editora Vázquez, M. Micronutrientes en la Agricultura. Diagnóstico y fertilización en la Argentina. La experiencia brasilera. 1ª edición. 11-22 p.
- VENTURA, J. A., L. ZAMBOLIM y R. L. GILBERTSON. 1996. Pathogenicity of Fusarium subglutinans to pineapples. Fitopatol Bras Supl 18: 280.
- VOLMER ER & SE RATTO. 2005. Disponibilidad de Cinc, Cobre, Hierro y Manganeso extraíble con DTPA en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que la condicionan. Ci. Suelo. 23(2)00-00.
- WHITNEY, D. A., 1997. Fertilization. En: Zoybean production handbook. Kansas States University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, C-449.
- YAMADA, T., 2004. Deficiencias de micronutrientes, ocurrencia, detección y corrección: El éxito de la experiencia brasilera. Encarte Técnico POTAFOS. Piracicaba. Brasil. Artículo publicado en Informaciones Agronómicas,. No. 24. Archivo Agron No. 9.

YUNCAI H., ZOLTAN BURUCS, URS SCHMIDHALTER, 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedling under drought and salinity. *Soil Science & Plant nutrition* 54 (1): 133 – 141.

## ANEXO I

### Plano del Ensayo

N ←

Bloque 1	NPS + 2 kg Zn
	NPS
	NPS + 0,5 kg Zn
	NPS + 1,5 kg Zn
	NPS + 1 kg Zn
	Testigo
Bloque 2	Testigo
	NPS + 1 kg Zn
	NPS + 1,5 kg Zn
	NPS + 0,5 kg Zn
	NPS
	NPS + 2 kg Zn
Bloque 3	NPS + 0,5 kg Zn
	NPS + 1,5 kg Zn
	NPS + 1 kg Zn
	Testigo
	NPS + 2 kg Zn
	NPS

## ANEXO II

### Emergencia de plántulas

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Pl/ha</b>	18	0,32	0,00	6,53

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55530253,47	7	7932893,35	0,68	0,6870
Tratamiento	38498547,75	5	7699709,55	0,66	0,6617
Bloque	17031705,72	2	8515852,86	0,73	0,5058
Error	116603855,89	10	11660385,59		
Total	172134109,36	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6212,30828

Error: 11660385,5889 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
NPS + 1,5 kg Zn	54920,63	3	1971,50	A
NPS + 0,5 kg Zn	53333,37	3	1971,50	A
NPS + 1 kg Zn	52063,50	3	1971,50	A
NPS + 2 kg Zn	51746,03	3	1971,50	A
Testigo	50793,67	3	1971,50	A
M 10	50793,63	3	1971,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## Área foliar en R1

### Área Foliar. Plantas Normal.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>N AF espiga</b>	18	0,74	0,56	8,02

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	58150,56	7	8307,22	4,10	0,0223
Tratamientos	43175,78	5	8635,16	4,26	0,0246
Bloque	14974,78	2	7487,39	3,69	0,0630
Error	20282,56	10	2028,26		
Total	78433,11	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=81,93282

Error: 2028,2556 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
NPS + 1 kg Zn	605,67	3	26,00 A
NPS	590,67	3	26,00 A
NPS + 2 kg Zn	587,67	3	26,00 A
NPS + 1,5 kg Zn	584,67	3	26,00 A
NPS + 0,5 kg Zn	535,67	3	26,00 A B
Testigo	463,00	3	26,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>N AF inf</b>	18	0,64	0,39	8,38

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	37592,56	7	5370,37	2,54	0,0880
Tratamientos	20107,78	5	4021,56	1,90	0,1809
Bloque	17484,78	2	8742,39	4,14	0,0491
Error	21137,89	10	2113,79		
Total	58730,44	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=83,64257

Error: 2113,7889 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
NPS + 1,5 kg Zn	580,33	3	26,54 A
NPS + 2 kg Zn	579,00	3	26,54 A
NPS	576,00	3	26,54 A
NPS + 1 kg Zn	546,67	3	26,54 A
NPS + 0,5 kg Zn	511,33	3	26,54 A
Testigo	497,33	3	26,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

## Área Foliar. Plantas Deficientes

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>D AF espiga</b>	18	0,46	0,08	13,59

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	48831,06	7	6975,87	1,20	0,3812
Tratamiento	28936,28	5	5787,26	1,00	0,4654
Bloque	19894,78	2	9947,39	1,72	0,2284
Error	57905,89	10	5790,59		
Total	106736,94	17			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=138,43883

Error: 5790,5889 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NPS	607,33	3	43,93 A
NPS + 2 kg Zn	598,33	3	43,93 A
NPS + 1,5 kg Zn	573,67	3	43,93 A
NPS + 1 kg Zn	567,00	3	43,93 A
Testigo	509,00	3	43,93 A
NPS + 0,5 kg Zn	504,33	3	43,93 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>D AF inf</b>	18	0,50	0,14	8,85

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22264,33	7	3180,62	1,41	0,3003
Tratamiento	20092,00	5	4018,40	1,78	0,2045
Bloque	2172,33	2	1086,17	0,48	0,6315
Error	22563,67	10	2256,37		
Total	44828,00	17			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=86,41744

Error: 2256,3667 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NPS + 2 kg Zn	592,67	3	27,42 A
NPS	565,33	3	27,42 A B
NPS + 1,5 kg Zn	543,33	3	27,42 A B
NPS + 1 kg Zn	511,67	3	27,42 A B
NPS + 0,5 kg Zn	505,33	3	27,42 B
Testigo	503,67	3	27,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## Análisis foliar en R1

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Zn	18	0,46	0,08	9,20

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,44	7	2,21	1,22	0,3744
TRATAMIENTO	8,40	5	1,68	0,93	0,5009
BLOQUE	7,03	2	3,52	1,95	0,1934
Error	18,07	10	1,81		
Total	33,51	17			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,44554**

Error: 1,8070 gl: 10

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
NPS + 2 kg Zn	16,00	3	0,78 A
NPS + 1 kg Zn	14,87	3	0,78 A
NPS + 0,5 kg Zn	14,50	3	0,78 A
NPS + 1,5 kg Zn	14,27	3	0,78 A
NPS	14,10	3	0,78 A
TESTIGO	13,97	3	0,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
%N	18	0,39	0,00	6,64

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,14	7	0,02	0,92	0,5306
TRATAMIENTO	0,13	5	0,03	1,25	0,3546
BLOQUE	3,3E-03	2	1,7E-03	0,08	0,9243
Error	0,21	10	0,02		
Total	0,35	17			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26364**

Error: 0,0210 gl: 10

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
NPS + 0,5 kg Zn	2,27	3	0,08 A
NPS + 1 kg Zn	2,27	3	0,08 A
NPS	2,27	3	0,08 A
NPS + 1,5 kg Zn	2,13	3	0,08 A
NPS + 2 kg Zn	2,10	3	0,08 A
TESTIGO	2,07	3	0,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



## Análisis de producción de plantas deficientes y normales

### Platas Normales

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Marlo/grano N</b>	18	0,73	0,53	2,99

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,7E-04	7	1,1E-04	3,78	0,0287
Tratamiento	7,0E-04	5	1,4E-04	4,78	0,0171
Bloques	7,5E-05	2	3,7E-05	1,28	0,3204
Error	2,9E-04	10	2,9E-05		
Total	1,1E-03	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,00984

Error: 0,0000 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo	0,19	3	3,1E-03
NPS + 1 kg Zn	0,18	3	3,1E-03
NPS + 0,5 kg Zn	0,18	3	3,1E-03
NPS	0,18	3	3,1E-03
NPS + 2 kg Zn	0,18	3	3,1E-03
NPS + 1,5 kg Zn	0,17	3	3,1E-03

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Peso granos / esp N</b>	18	0,53	0,20	7,18

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1359,39	7	194,20	1,61	0,2375
Tratamiento	1299,07	5	259,81	2,16	0,1406
Bloques	60,31	2	30,16	0,25	0,7831
Error	1203,43	10	120,34		
Total	2562,82	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=19,95752

Error: 120,3428 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NPS + 1,5 kg Zn	162,70	3	6,33
NPS + 2 kg Zn	161,44	3	6,33
NPS	157,96	3	6,33
NPS + 1 kg Zn	148,05	3	6,33
NPS + 0,5 kg Zn	146,01	3	6,33
Testigo	139,95	3	6,33

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## Plantas Deficientes

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Marlo/grano D</b>	18	0,61	0,34	6,79

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,4E-03	7	3,4E-04	2,24	0,1198
Tratamiento	2,1E-03	5	4,3E-04	2,83	0,0757
Bloque	2,3E-04	2	1,1E-04	0,75	0,4956
Error	1,5E-03	10	1,5E-04		
Total	3,9E-03	17			

### **Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02238**

Error: 0,0002 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NPS	0,20	3	0,01 A
NPS + 1,5 kg Zn	0,18	3	0,01 A B
NPS + 0,5 kg Zn	0,18	3	0,01 B
NPS + 2 kg Zn	0,18	3	0,01 B
NPS + 1 kg Zn	0,17	3	0,01 B
Testigo	0,17	3	0,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Peso granos / esp D</b>	18	0,81	0,69	6,20

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3655,34	7	522,19	6,28	0,0051
Tratamiento	3607,78	5	721,56	8,68	0,0021
Bloque	47,56	2	23,78	0,29	0,7571
Error	830,96	10	83,10		
Total	4486,29	17			

### **Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=16,58386**

Error: 83,0956 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NPS + 1,5 kg Zn	163,32	3	5,26 A
NPS + 2 kg Zn	156,75	3	5,26 A B
NPS	156,02	3	5,26 A B
NPS + 1 kg Zn	143,63	3	5,26 B
NPS + 0,5 kg Zn	143,14	3	5,26 B
Testigo	119,91	3	5,26 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

## Rendimiento y componentes directos

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Rinde</b>	18	0,77	0,61	4,83

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8009931,00	7	1144275,86	4,79	0,0133
Tratamiento	7041950,67	5	1408390,13	5,89	0,0086
Bloque	967980,33	2	483990,17	2,02	0,1828
Error	2391253,00	10	239125,30		
Total	10401184,00	17			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=889,62977**

Error: 239125,3000 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
NPS + 1,5 kg Zn	10639,00	3	282,33	A
NPS + 1 kg Zn	10556,67	3	282,33	A
NPS + 2 kg Zn	10382,33	3	282,33	A
NPS + 0,5 kg Zn	10371,00	3	282,33	A
NPS	9958,00	3	282,33	A
Testigo	8805,00	3	282,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P1000	18	0,05	0,00	7,55

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	235,06	7	33,58	0,07	0,9991
Tratamiento	231,61	5	46,32	0,10	0,9907
Bloque	3,44	2	1,72	3,6E-03	0,9964
Error	4811,22	10	481,12		
Total	5046,28	17			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=39,90472**

Error: 481,1222 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	297,33	3	12,66	A
NPS + 1 kg Zn	292,00	3	12,66	A
NPS + 1,5 kg Zn	289,67	3	12,66	A
NPS	289,67	3	12,66	A
NPS + 2 kg Zn	287,00	3	12,66	A
NPS +0,5 kg Zn	286,67	3	12,66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NG	18	0,61	0,33	8,08

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1236704,39	7	176672,06	2,21	0,1230
Tratamiento	1107283,61	5	221456,72	2,78	0,0796
Bloque	129420,78	2	64710,39	0,81	0,4717
Error	797974,56	10	79797,46		
Total	2034678,94	17			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=513,91473**

Error: 79797,4556 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
NPS + 1,5 kg Zn	3678,67	3	163,09	A	
NPS + 0,5 kg Zn	3639,67	3	163,09	A	
NPS + 2 kg Zn	3623,00	3	163,09	A	
NPS + 1 kg Zn	3623,00	3	163,09	A	
NPS	3452,00	3	163,09	A	B
Testigo	2966,00	3	163,09		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )