

## RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DEL MAÍZ A FÓSFORO, AZUFRE Y ZINC EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA

Pautasso, JM<sup>1</sup>; R. Rotondaro<sup>2</sup>

1. INTA, P. Serrano 717. Diamante, ER, Argentina. [pautasso.juan@inta.gob.ar](mailto:pautasso.juan@inta.gob.ar) 2. ACA: Asociación de Cooperativas Argentinas Coop. Ltda. [rotondaro@acacoop.com.ar](mailto:rotondaro@acacoop.com.ar)

### CORN YIELD RESPONSE TO PHOSPHORUS, SULFUR AND ZINC IN THE PROVINCE OF ENTRE RÍOS, ARGENTINA

#### ABSTRAC

The nutrients that mainly condition the yields of extensive crops in Argentina are nitrogen and phosphorus, but the lack of replenishment and continuous agricultural activity have produced a decrease in the availability of other nutrients and could currently become limiting. These include zinc and sulfur. The use of fertilizers with only P and N at the sowing of the maize crop has been a traditional practice in the province of Entre Ríos. Currently other sources have values close to their concentration in terms of these nutrients (P and N) and have S and Zn in their composition. With the objective of evaluating the effect of the application of P, S and Zn versus only P, 10 trials were carried out in producers' fields during three campaigns in different localities of the province of Entre Ríos, Argentina. In a joint analysis it was observed that the addition of P produced an increase in corn yield by 13% and a more complete fertilization (PSZn) by 21%, both treatments were statistically different from the control ( $p < 0.05$ ). When carrying out a contrast study between the traditional fertilization treatment (only with P) versus a more complete fertilization (PSZn) it yielded a p-value of 0.06, which leads us to conclude that there is a strong tendency to increase yield of corn with this fertilization.

**KEY WORDS:** maize, available nutrients, response, thresholds.

#### INTRODUCCIÓN

Las deficiencias de nutrientes limitan el rendimiento alcanzable cada año y la herramienta más difundida y utilizada para conocer la disponibilidad de algunos nutrientes es el análisis de suelos. Si bien los nutrientes que mayormente condicionan los rendimientos de los cultivos extensivos en Argentina son el nitrógeno (Echeverría y Sainz Rozas; 2015) y el fósforo (García y col. 2015), la falta de reposición y la actividad agrícola continua han producido una disminución de la disponibilidad de otros nutrientes y podrían llegar a ser actualmente limitantes. Entre estos, se cuentan el zinc y el azufre.

El P es el segundo nutriente que limita la producción y, además, si está en niveles deficientes, condiciona la respuesta a la fertilización nitrogenada. El indicador de suelos que mejor se relaciona con la disponibilidad de P es el P Bray. Para la región pampeana se ha definido un umbral de P Bray entre 12 y 18 ppm (García y col., 2015).

En nuestra región existen estudios que definen probabilidades de respuestas asociadas a diferentes disponibilidades de Zn en el suelo extraído con DTPA para maíz (Barbieri et al. 2017; Martínez Cuesta et al. 2020) y se ha definido un rango en maíz de 0.86 a 1.30 mg kg<sup>-1</sup>.

Para el caso de del S el principal obstáculo para el manejo de este nutriente, es no contar con un indicador de suelos “confiable” para estimar su disponibilidad (Echeverría y col., 2015), por lo que es factible la recomendación de dosis entre 10-15 kg S ha<sup>-1</sup>, que normalmente cubren las posibles deficiencias que se manifiestan en la zona y generan

resultados económicos positivos (Carciochi y col., 2015).

El uso de fertilizantes con sólo P y N (fosfato monoamónico o fosfato diamónico) a la siembra del cultivo de maíz ha sido una práctica tradicional en la provincia de Entre Ríos. Actualmente se cuenta con otras fuentes que poseen valores cercanos a su concentración en lo que hace a estos nutrientes y poseen también S y Zn en su composición. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de P, S y Zn a partir de un producto comercial (composición: 12N-17,5P-10S-1Zn) versus fosfato diamónico (Composición: 18N-20P) se realizaron ensayos en campos de productores durante 3 campañas en diversas localidades de la provincia de Entre Ríos, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas 2017/18, 2018/19 y 2019/20 se instalaron 10 ensayos de fertilización en la zona Centro Oeste de la Provincia de Entre Ríos en campos de producción de maíz sembrados durante el mes de septiembre. Los experimentos tuvieron un diseño en BCA con tres repeticiones.

En la Tabla 1 se detallan algunas características de los sitios y en la Tabla 2 los tratamientos.

Tabla 1: Campañas y datos de suelos de los sitios ensayados.

Ensayo	Suelo	Año de siembra	MO (%)	P Bray I Nitratos Zn DTPA Sulfatos			
				mg kg <sup>-1</sup>			
1	Argiudol ácuico	2017	2.83	13.8	37.6	0.54	7.0
2	Argiudol típico	2017	3.83	18.1	45.6	0.74	7.2
3	Argiudol rendólico	2017	3.71	21.6	54.0	0.62	7.6
4	Argiudol vértico	2017	3.55	10.5	92.1	0.58	7.8
5	Peluderte árgico	2017	4.06	4.1	102.3	0.59	7.4
6	Argiudol vértico	2018	3.08	9.7	26.6	0.33	4.7
7	Argiudol ácuico	2018	3.09	16.3	55.3	0.41	5.7
8	Argiudol vértico	2019	3.12	17.2	31.0	0.53	8.6
9	Argiudol ácuico	2019	3.87	13.1	17.3	0.69	11.2
10	Peluderte árgico	2019	3.46	21.7	37.2	0.52	10.2

El valor promedio de P Bray (14,6 mg kg<sup>-1</sup>) se sitúan en un valor medio de disponibilidad. Todos los valores de Zn DTPA están por debajo del indicado por Barbieri et al. (2017) y Martínez Cuesta et al. (2020) como umbral de respuesta.

Tabla 2: Detalle de los nutrientes agregados a cada tratamiento

Tratamiento	Producto	Nutrientes agregados (kg ha <sup>-1</sup> )*			
		N	P	S	Zn
Testigo		150			
N-P	FDA (130 kg ha <sup>-1</sup> )	150	26	0	0
N-P-S-Zn	MicroEssentials® SZ® (150 kg ha <sup>-1</sup> )	150	26	15	1.5

\*Todos los tratamientos se agregaron a la siembra en superficie.

Las unidades experimentales tuvieron una superficie de 26 m<sup>2</sup> (5 surcos por 10 metros). Para estimar rendimiento, de cada unidad experimental se cosecharon de forma manual dos surcos centrales por 6 metros de largo, se trilló con máquina experimental y el peso se corrigió a humedad de 14,5%.

Para comparar medias se utilizó el paquete estadístico Infostat 2020 (Di Rienzo et al. 2020). Se realizaron análisis de variancia de los tratamientos para el conjunto de los

experimentos, anidando los bloques dentro de los sitios (“análisis multi-sitio”). A partir de este modelo de ANVA se definieron comparaciones de medias con contrastes de los tratamientos.

## RESULTADOS

Las campañas, según pronóstico ENSO (NOAA, 2022), se definieron como NEUTRO el 2017 y 2019 y como NIÑO el 2018.

En la Figura 1 se muestran los rendimientos promedios para cada campaña, tanto el logrado en los ensayos como el promedio para la provincia de Entre Ríos. Los ensayos rindieron 270 kg de maíz más por hectárea que los informados por la BCER (2022).

En un análisis Anova de todos los sitios en conjunto para evaluar el efecto de los tratamientos no se encontró efecto “sitio por tratamiento” (Tabla 3) lo que posibilita ver el efecto de los tratamientos en conjunto (Figura 2).

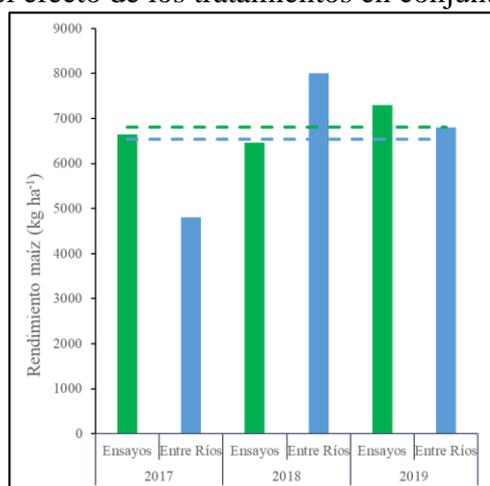


Figura 1: Rendimiento de maíz en función de las campañas. La línea punteada verde corresponde al promedio de rendimiento de los ensayos en los tres años y el celeste el promedio provincial para igual período.

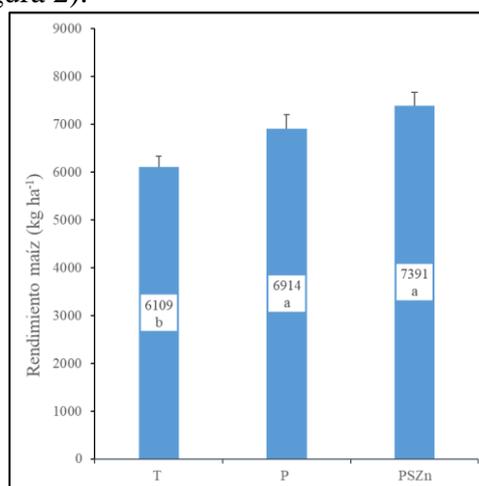


Figura 2: Rendimiento de maíz en función de los tratamientos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ; Test de Tukey).

Tabla 3: Cuadro de Análisis de la Varianza "multi-sitio" de los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	178009191	49	3632840.62	3.98	<0.01	
Nutriente	25214001.1	2	12607000.5	13.8	<0.01	
Sitio>Bloque	26568732.2	20	1328436.61	1.45	0.154	
Sitio	108249281	9	12027697.9	9.05	<0.01	(Sitio>Bloque)
Sitio*Nutriente	17977176.5	18	998732.03	1.09	0.392	
Error	36530212.4	40	913255.31			
Total	214539403	89				

El agregado de P incrementó el rendimiento de maíz en un 13% ( $806 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Si bien el Test de comparación de medias no diferenció los tratamientos P vs PSZn, el agregado de un fertilizante con S y Zn se alejó del testigo en  $1283 \text{ kg ha}^{-1}$  (21% más).

En un estudio de contraste entre el tratamiento tradicional de fertilización (sólo con P) versus una fertilización más completa (PSZn) arrojó un p-valor de 0,06, lo que nos hace concluir que existe una fuerte tendencia de poder incrementar el rendimiento de maíz con esta fertilización. La diferencia entre ambos tratamientos fue de  $477 \text{ kg}$  de maíz más por hectárea en la fertilización más completa.

## CONCLUSIÓN

El uso de fuentes de fertilizantes alternativas a las tradicionales, que agreguen S y

Zn mejora la respuesta en el cultivo de maíz a la fertilización en la siembra.

Una temática no discutida en este trabajo, pero de gran importancia en Entre Ríos, es que el agregado de estos nutrientes no debería realizarse con fuentes que posean poca concentración de P y condicionen la reposición de este nutriente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbieri, P.; H. Sainz Rozas, N. Wyngaard; M. Eyherabide; N. Reussi Calvo, F. Salvagiotti; A. Correndo; P. Barbagelata; C. Espósito Goya, J. Colazo y H. Echeverría. 2017. Can edaphic variables improve DTPA-based zinc diagnosis in maize? *Soil Science Society of America Journal*, 81 (3), 556 – 563. <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.09.0316>
- BCER. 2022. Bolsa de Cereales de Entre Ríos. <https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/estadisticas.php>
- Carciochi W., G.A. Divito, N.I. Reussi Calvo y H.E. Echeverría. Las mejores prácticas de manejo de la fertilización azufrada en cultivos extensivos. IAH 20 - diciembre 2015.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Echeverría H., N. Reussi Calvo y A. Pagani. 2015. Azufre. En H. E. Echeverría y F.O. García (eds). En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Bs. As. Argentina.
- Echeverría H. y H. Sainz Rozas. 2015. Nitrógeno. Pp. 189-228. En H. E. Echeverría y F.O. García (eds). En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Bs. As. Argentina.
- García F.; L. Picone e I. Ciampitti. 2015. Fósforo. Pp. 229-264. En H. E. Echeverría y F.O. García (eds). En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Bs. As. Argentina.
- NOAA. 2022. National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time-Series. <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>
- Martínez Cuesta N; N. Wyngaard; H. Saínz Rozas; N. Reussi Calvo; W. Carciochi; M. Eyherabide; J. Colazo; M. Barraco; E. Guertal y P. Barbieri. 2020. Determining Mehlich-3 and DTPA extractable soil zinc optimum economic threshold for maize. *Soil Use Manage* 2021; 37: 736– 748.