

EVALUACION DE FERTILIZANTES FOLIARES EN MAÍZ

AER SAN ANTONIO DE ARECO - CAMPAÑA 2024-25

Ings. Agrs. ¹Fernando Jecke, ¹Santia Gonzalo, ²Tomas Seresi, ²Gustavo Rapp.
1.INTA AER San Antonio de Areco. Zapiola 237(B2760) San Antonio de Areco. 2. Raisán Argentina.
jecke.fernando@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El manejo integral de los nutrientes se ha convertido en una necesidad, considerando la variación introducida en los planteos agrícolas. Las nuevas variedades e híbridos, la deposición de residuos en superficie que modifica la actividad biológica del suelo y el agregado de una cantidad importante de nutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P) producen una alteración en el balance de los ciclos biológicos, químicos y geológicos que se manifiesta como nuevos equilibrios edáficos. El cinc (Zn) es afectado por estos nuevos equilibrios y es considerado en muchas áreas agrícolas del mundo como el tercer elemento limitante en orden de importancia luego del N y del P. El Zn, por su abundancia relativa en el ambiente, es considerado un microelemento y por eso cuando se indica cantidad, normalmente se expresa en partes por millón que equivale a las unidades $\mu\text{g g}^{-1}$ o mg kg^{-1} .

En los últimos años se han aplicado importantes volúmenes de fertilizante nitrogenado para asegurar el rendimiento de los cultivos. Hay evidencias de que la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz aumenta la absorción de Zn (Goldman et al. 2002 y Ratto et al. 1991), aumentando así la cantidad de micronutriente extraída.

El cobre (Cu) es un metal esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. El contenido en sus tejidos es de $10 \mu\text{g g}^{-1}$, este elemento participa en los procesos bioquímicos tales como la fotosíntesis, respiración, respuesta al estrés oxidativo, metabolismo de la pared celular y señalización de hormonas, cofactor de varias enzimas como la superóxido dismutasa, citocromo oxidasa, amino oxidasa, lacasa, plastocianina y polifenol oxidasa, además juega un papel esencial de señalización de transcripción y tráfico de proteínas (Yruea, 2005).

Los objetivos de esta investigación fueron cuantificar el efecto de tratamientos de fertilización foliar de Zn y Cu aplicados sobre el follaje en el cultivo de Maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS



Fotografía 1: *Vista del experimento.*

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Demostrativa de la Agencia de Extensión Rural del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la localidad de San Antonio de Areco en el lote 21 del Establecimiento “La Fe” con las siguientes coordenadas 34°11'36.0"S 59°34'09.1"O donde como cultivo antecesor se realizó una soja de primera. El mismo se estableció sobre un suelo Serie Capitán Sarmiento (Sm11), Argiudol vértico, familia fina, illítica, térmica (Soil Taxonomy V. 2014).

El híbrido de maíz utilizados fue el DK 6962 Trecepta con fecha de siembra el 25/09/2024 con una densidad de siembra de 63000 pl/ha a 70 cm entre surcos, durante la misma se fertilizó con 100 kg/ha de Fosfato Mono-amónico. Se fertilizó con 160 Kg/ha de Urea en V7 al voleo el 01/11/2024 previo a una precipitación que asegurara su incorporación. El lote se descompacto con paratill el 19/07/2024. Se realizó un barbecho el 27/06/2024 donde se aplicó 2,0 l/ha Glifosato al 62 % + 0,8 l/ha de 2,4 D + 2,0 kg/ha de atrazina 90 %, el 12/09/2024 se aplicó 3,0 l/ha Paraquat. En pre-emergencia el 26/09/2024 se aplicó 2,0 l/ha Paraquat + 1 l/ha Biciclopirona 20% + 1 l/ha S-metalocloro. En post-emergencia se aplicó 0,25 l/ha Tembotrione 42 % + Isoxadifen etil 21 % + 1,0 kg/ha de atrazina 90 %.

Los ensayos tuvieron un diseño en bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 2,8 m de ancho y 5 m de largo con 4 surcos distanciados a 0,7 m entre sí. Las aplicaciones foliares se realizaron en V8 (06/11/2024) con una mochila experimental de gas carbónico cuya barra tiene 5 pastillas, distanciadas a 0,35 m entre sí. La presión de trabajo fue de 4 bar y el volumen erogado fue de 150 L/ha. Como coadyuvante se utilizó Rizospray Extremo con una dosis de 200 cc/ha. En la Tabla 1 se detallan los tratamientos aplicados, en la Tabla 2 las condiciones climáticas durante la aplicación de los tratamientos y en la Tabla 3 el análisis de suelo.

Se evaluó el número de plantas logradas en el estadio de V12 (20/11/2024) contando las plantas completamente emergidas sobre los dos surcos centrales de cada parcela. También se evaluó porcentaje de cobertura de suelo mediante la aplicación Canopeo (desarrollada por *Oklahoma State University*) realizando dos evaluaciones por parcela y se estimó vigor en una escala de 1 a 5, donde 3 es el valor asignado al tratamiento testigo mientras que de 1 a 2,9 es peor que el testigo y de 3,1 a 5 es mejor que este.

Para evaluar la fitotoxicidad generada sobre el cultivo se realizó una estimación visual de las parcelas a los 8 y 20 días después de la aplicación (DDA) tomándose como referencia la escala para la evaluación de daño al cultivo por efecto del herbicida propuesta por ALAM (1974) (Figura 1).

En V12 (20/11/2024) se evaluó NDVI por Greenseeker y en R1 (03/01/2025) se evaluó el porcentaje de intercepción de la radiación con un ceptometro.

A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento como son el número de espigas por planta, contando el número de espigas y plantas sobre 6 metros lineales de cada parcela, el número de granos por espiga, contando la cantidad de granos en 5 espigas de cada parcela cosechada y se determinó altura de plantas.

La cosecha se realizó manualmente dentro de los dos surcos centrales el 21/02/2025 recolectando las espigas de cuatro metros lineales de cada parcela. Sobre una muestra del grano cosechado se determinó el peso de mil granos (PMG) y peso hectolitrico (PH). Se realizó un análisis de la varianza para un DBCA y se compararon las medias con el test Tukey al 0,05.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el experimento. INTA San Antonio de Areco, Campaña 2024-25.*

Trat	Descripción	Dosis	Unidad	Momento
T1	Testigo			
T2	Raisán Zinc	5000	cc/Ha	V8
T3	Raisán Cobre	4000	cc/Ha	V8

Tabla 2. Condiciones climáticas durante la aplicación de los tratamientos en V8 (06/11/2024)

Variable	Momento de aplicación
Temperatura	27.0 °C
Vel. Viento	9.7 Km/h
Vel Rafaga	11.2 km/h
Precipitación diaria	0 mm
Humedad atmosférica	46 %

Tabla 3. Análisis de suelo efectuado al momento de la siembra

Materia Orgánica	Fósforo extractable	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos (20-40) cm	N total	pH	Zinc (0-20) cm
%	mg kg ⁻¹	ppm	Ppm	mg g ⁻¹	agua 1:2,5	ppm
3,4	11,9	11,5	9,1	1,98	5,7	1,12
Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Acido	Medio

Índice	Denominación	Descripción del daño
0	Ningún daño	Ningún efecto, apariencia similar al testigo
10		Leve clorosis retardo en el crecimiento
20		Leve clorosis retardo en el crecimiento
30	Daño leve	Clorosis más pronunciada, manchas necróticas, malformaciones
40		Clorosis intensa, necrosis y malformaciones más pronunciadas, el cultivo por lo general se recupera
50		Los síntomas son más marcados; el cultivo se recupera, lo hace con dificultad
60	Daño moderado	La fitotoxicidad se manifiesta; el cultivo por lo general no desarrolla bien
70		Severo daño al cultivo, pérdida de plantas
80	Daño severo	Significativa muerte de las plantas, pocas logran sobrevivir
90		Muerte casi total de las plantas
100	Muerte total	Destrucción del cultivo

Fuente: ALAM (1974)

Figura 1: Escala para la evaluación de daño al cultivo por efecto del herbicida

RESULTADOS

En la Figura 2 se presentan las precipitaciones mensuales registradas entre los meses de septiembre hasta febrero de la campaña 2024-25 y las precipitaciones históricas promedio mensuales registradas para los mismos meses entre 1982 y 2023.

La precipitación total registrada durante el ciclo de crecimiento del cultivo ascendió a los 532 mm, mientras que el promedio histórico entre el año 1982 y 2023 para los mismos meses fue de 631 mm. Sin embargo, más de la mitad de las precipitaciones recibidas estas campañas se dieron en el mes de febrero lo que deja un acumulado de tan solo 233 mm para los meses de septiembre a enero. La siembra del cultivo se realizó con una adecuada humedad de suelo debido, probablemente, al efecto del paratill que permitió acumular las escasas precipitaciones registradas en el invierno. En la Figura 1 se observa la distribución que tuvieron las precipitaciones durante el ciclo de crecimiento del mismo. Durante los meses de octubre y noviembre las precipitaciones se recuperaron, aunque estuvieron por debajo del promedio mensual; durante diciembre y enero las mismas fueron muy inferiores al promedio Histórico lo que junto con las altas temperaturas registradas determinaron que el cultivo sufre un fuerte periodo de estrés hídrico y térmico que resintió el potencial productivo del cultivo e impuso un secado anticipado del mismo. Desde inicios de febrero en adelante se registraron abundantes precipitaciones, aunque las mismas no lograron revertir el daño sufrido en la etapa previa.

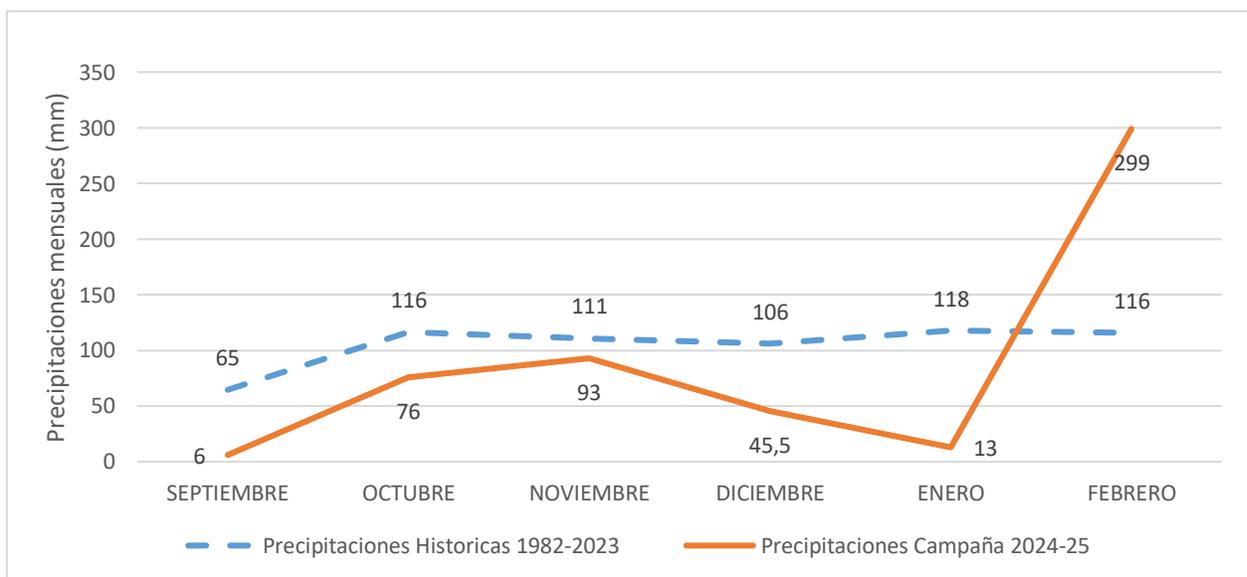


Figura 2: Precipitaciones mensuales campaña 2024-25 y precipitaciones promedio mensuales Históricas (1982-2023) en la localidad de San Antonio de Areco.

En la Tabla 4 se presentan las medias de rendimiento, PMG y PH; mientras que en las Figura 3 se presentan los rendimientos.

Tabla 4. Medias de Rendimiento, PMG y PH.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (Kg/ha)	PMG (grs)	PH (Kg/hl)
1	Testigo	6253 a	188 a	64,0 a
2	Raisán Zinc	6397 a	211 a	63,8 a
3	Raisán Cobre	6645 a	198 a	63,7 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). DMS Rendimiento = 1426; DMS PMG = 40.3; DMS PH = 3.3.

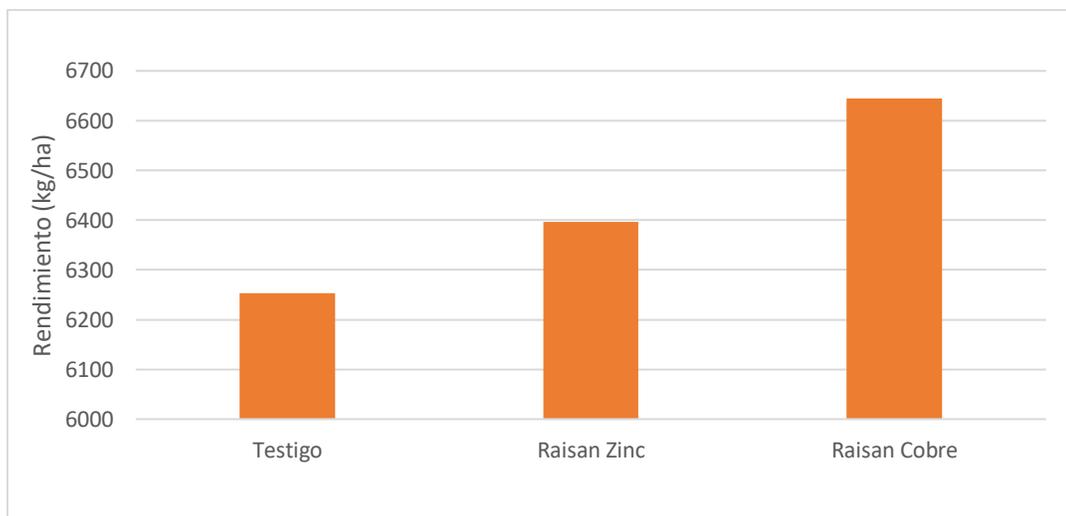


Figura 3: Rendimiento de maíz según tratamiento de fertilización.

En la Tabla 5 se presenta las plantas logradas por hectárea y la estimación de fitotoxicidad 8 y 20 DDA.

Tabla 5. Medias de Plantas/ha y fitotoxicidad 8 y 20 DDA.

Tratamiento	Descripción	Plantas/ha	Fitotoxicidad (%) 8 DDA	Fitotoxicidad (%) 20 DDA
1	Testigo	58929 a	0 a	0,0 a
2	Raisán Zinc	57738 a	46 b	12,5 b
3	Raisán Cobre	58929 a	0 a	0,0 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). DMS Plantas/ha = 13226; Fito 8 = 3.1; Fito 20 = 3.6.

En la Tabla 6 se presenta el porcentaje de cobertura de suelo y el Vigor en V12, así como también el porcentaje de intercepción de la radiación.

Tabla 7. Medias de porcentaje de cobertura de suelo, vigor y % de intercepción de la radiación.

Tratamiento	Descripción	Cobertura (%)	Vigor	Intercepción (%)
1	Testigo	50,4 a	3,0 a	67,3 a
2	Raisán Zinc	50,9 a	3,1 a	71,3 a
3	Raisán Cobre	57,2 a	3,1 a	75,5 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
DMS **cober** = 20.4; DMS **vigor** = 0.8; DMS **Inter** = 11.4

En la Tabla 8 se presenta la altura de plantas y el NDVI por Greenseeker en V12.

Tabla 8. Medias de altura y NDVI en V8 y V12.

Tratamiento	Descripción	Altura (cm)	NDVI V12
1	Testigo	2,05 a	0,69 ab
2	Raisán Zinc	2,04 a	0,70 b
3	Raisán Cobre	2,02 a	0,64 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
DMS **Altura** = 0.20; = **NDVI V12** = 0.05.

En la Tabla 9 se presenta las plantas y espigas logradas a cosecha y el número de granos por espiga.

Tabla 9. Medias de plantas/ha, espigas por planta y granos por espiga.

Tratamiento	Descripción	Plantas/ha a cosecha	Espigas/Pl	Granos/espiga
1	Testigo	58333 a	0,97 a	526 a
2	Raisán Zinc	57738 a	0,98 a	578 a
3	Raisán Cobre	58929 a	0,94 a	637 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
DMS **pl/ha** = 7356 ; DMS **Esp/pl** = 0.08; DMS **Granos/espiga** = 149.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La media de rendimiento del ensayo fue de 6432 kg/ha, la que es acorde a los rendimientos logrados en la zona en la presente campaña. No hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos para el rendimiento, PMG y PH. A pesar de ello, el tratamiento con Raisán Zinc mostro un incremento del 2 % con respecto al testigo, mientras que Raisán Cobre del 6 %.

En lo que respecta a las evaluaciones de fitotoxicidad realizadas se encontraron diferencias significativas en el tratamiento con Raisán Zinc respecto a los otros dos tratamientos en ambas evaluaciones, la aplicación de Raisán Zinc generó un daño en las hojas superiores del cultivo expresado como un una necrosis en hojas (Fotografías 2 y 3). El mayor daño se registró en la primera evaluación con una disminución del mismo a medida que el cultivo avanzaba en su ciclo hasta desaparecer por completo para inicios del estado reproductivo.

En cuanto al número de plantas por hectárea, porcentaje de cobertura del suelo y Vigor no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; aunque puede observarse una tendencia hacia una mayor cobertura de suelo con el tratamiento de Raisán cobre. Tampoco se hallaron diferencias significativas en el porcentaje de intercepción de la radiación en R1; sin embargo, los tratamientos con aplicación foliar logran mayor nivel de intercepción de la radiación que el testigo.

En el NDVI por greenseeker se observan diferencias significativas entre el tratamiento con Raisán cobre y el tratamiento con Raisán Zinc logrando este último un mayor valor. En altura de plantas tampoco se hallaron diferencias significativas

Para el número de plantas a cosecha, espigas por planta y granos por espiga no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero puede observarse un mayor número de granos por espiga en los tratamientos con fertilización foliar.

Esta campaña se caracterizó por una adecuada oferta hídrica durante la etapa vegetativa y un fuerte stress hídrico y térmico durante el periodo crítico y comienzos de llenado de granos cuyos daños no lograron ser revertidos con las precipitaciones de febrero. En estas condiciones pudo observarse una respuesta positiva por el uso de Raisán Zinc o Raisán Cobre debido a que, probablemente, les haya permitido amortiguar parcialmente el impacto del estrés hídrico y térmico que sufrieron durante el verano.

Fotografía 2: Registro fotográfico del efecto fitotóxico sobre el cultivo a los 8 DDA.



Fotografía 3: Registro fotográfico del efecto fitotóxico sobre el cultivo a los 20 DDA.



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Goldman V; H.E. Echeverría, F. Andrade y S. Uhart. 2002. Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz. *Ciencia del Suelo* 20 (1):27-35.
- Ratto de Míguez S, N. Fatta y M. Lamas. 1991. Análisis foliar en maíz de cultivo. II. Microelementos. *Rev. Facultad de Agronomía*, 12(1):31-38.
- Yruela, I. 2005. Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17 (1): 145-156, 2005

