

ESTRATEGIAS INTEGRALES DE NUTRICIÓN EN MAÍZ DE FECHA TRADICIONAL

INTA EEA PERGAMINO CAMPAÑA 2018/19

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris, Mirta Toribio, Rodrigo Falcone & Federico Moriones.

1. INTA EEA Pergamino Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino. 2.I&D Profertil SA

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo exigente, que en ciclos húmedos encuentra su limitación al rendimiento en factores nutricionales. Un enfoque tradicional para el manejo de la fertilización se basa en el desarrollo de indicadores y métodos de recomendación regionalmente ajustados, que se aplican de manera general a los establecimientos de una determinada zona o ambiente productivo. Una mirada actual propone un enfoque sitio – específico, que tiene en cuenta la variabilidad de ambientes presentes en los sistemas productivos pampeanos, incrementando dosis y diversidad de nutrientes en aquellos de mayor rendimiento, por la calidad de suelos y presencia de agua en el perfil.

Por otra parte, la búsqueda constante de mejoras productivas y rendimientos máximos permite identificar las profundas interacciones entre nutrición y manejo, así como entre diferentes elementos. Para jerarquizar las mejores estrategias a utilizar en los cultivos, es relevante comparar diferentes planteos de fertilización que integren aportes de diferentes elementos, dosis, momentos de aplicación, y el uso de moléculas que, evitando salidas del sistema, optimicen la eficiencia de utilización de los nutrientes.

Los objetivos de este experimento fueron 1. Comparar la eficacia de arrancadores multinutrientes que permiten una nutrición balanceada frente a estrategias de uso tradicional en el área de Pergamino. 2. Evaluar el efecto de inhibidores de la volatilización como NBPT y NPPT, y de la lixiviación como DMPP o Nitrapyrin sobre la eficiencia de recuperación de nitrógeno (N). 3. Contrastar dosis y momentos de aplicación de N. Hipotetizamos que 1. El aporte de elementos como azufre (S) o zinc (Zn) incrementa los rendimientos como complemento de los nutrientes tradicionales, N y fósforo (P). 2 Los inhibidores utilizados mitigan las pérdidas de nitrógeno, lo cual impacta en el rendimiento y la EUN y 3. Es posible desarrollar estrategias de nutrición balanceada y combinaciones de dosis, fuente y momento de aplicación de N que optimizan la nutrición del cultivo.

Palabras clave: *maíz, cantidad y calidad de aplicación, fuentes, momentos, volatilización, lixiviación, azufre, zinc.*

MATERIALES Y MÉTODOS



Fotografía 1: Vista aérea de los experimentos de la campaña 2018/19

Se implantó un experimento de campo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I; IP=85. El ensayo se sembró el día 2 de octubre y fue espaciado a 0,7 m entre hileras, logrando una densidad final de 80.000 pl ha⁻¹. El cultivar elegido fue Dow Next 22.6 PW. Se aseguraron buenas condiciones productivas, manteniendo al cultivo libre de malezas, plagas y enfermedades. El diseño correspondió a bloques completos al azar con 3 repeticiones y 13 tratamientos, los cuales se detallan en la Tabla 1

Tabla 1: Tratamientos de fertilización aplicados en el experimento. Campaña 2018/19. TUA 80 kg/ha una mezcla de (70% MAP - 30% SPS) en línea a la siembra y nitrógeno ajustado a 150 kgN/ha (suelo 0-60 + fertilizante).

| Parcela | Fuente | N siembra (kg N ha ⁻¹) | P (Kg P ha ⁻¹) | SO ₄ Ca + S ^o (kg S ha ⁻¹) | N V5-V6 (kg ha ⁻¹) | Zn (kg/ha) | Momentos de Aplicación |
|---------|--|---|----------------------------|--|-------------------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | Testigo | | | | | | |
| 2 | TUA | | | | | | |
| 3 | PROTERRA S (100 kg/ha) + eNeTOTAL Plus (220 kg prod/ha) | 11 kg N/ha | 18 kg P/ha | 11 kg S/ha | 100 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |
| 4 | PROTERRA SZn/Microessential Zn (100 kg/ha) + eNeTOTAL Plus (220 kg prod/ha) | 11 kg N/ha | 18 kg P/ha | 11 kg S/ha | 100 kg N/ha | 0,75 kg Zn/ha | Siembra/V5-V6 |
| 5 | eNeTOTAL Plus (220 kg prod/ha) | 12 kg N/ha | 17 kg P/ha | 10 kg S/ha | 100 kg N/ha | 1 kg Zn/ha | Siembra/V5-V6 |
| 6 | MAP (100 kg/ha) + SO₄Ca (80 kg/ha) + Fuente de N (210 kg/ha) | MAP 11 kg N/ha + Urea DMPP 97 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | | | Siembra |
| 7 | | MAP 11 kg N/ha + Urea NSavr30 97 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | | | Siembra |
| 8 | | MAP 11 kg N/ha + Urea 97 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | | | Siembra |
| 9 | MAP (100 kg/ha) + SO₄Ca (80 kg/ha) + Urea (60 kg/ha) | 38 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | Urea 70 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |
| 10 | + Fuente de N (150 o 220 kg/ha) | 38 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | eNeTOTAL Plus 70 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |
| 11 | | 38 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | Urea 100 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |
| 12 | | 38 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | eNeTOTAL Plus 100 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |
| 13 | | 38 kg N/ha | 22 kg P/ha | 16 kg S/ha | UAN + Tio Eq 100 kg N/ha | | Siembra/V5-V6 |

V5-6 (estado de cinco a seis hojas expandidas), de acuerdo a la escala de Ritchie & Hanway, 1982.
d.a.s. días antes de siembra

Tabla 2: Análisis de suelo efectuado al momento de la siembra

| Prof | Materia Orgánica | N total | Fósforo extractable | N-Nitratos (0-20) cm | N-Nitratos suelo 0-60 cm |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | % | mg kg ⁻¹ | | ppm | kg ha ⁻¹ |
| 0-20 cm | 3,38 | 0,169 | 35,2 | 8,4 | 33,9 |
| | alto | alto | alto | bajo | Muy bajo |
| Prof | S-Sulfatos suelo | Zinc | Boro | pH | Agua en suelo |
| | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | agua 1:2,5 | 150 cm - siembra |
| 0-20 cm | 7,0 | 0,65 | 0,33 | 5,7 | 130 mm |
| | bajo | bajo | bajo | Lig. ácido | moderad. seco |

En V6 y V10 se estimó el contenido de N mediante una lectura adimensional no destructiva con el medidor de clorofila Minolta Spad 502. En V9 se determinó el NDVI por medio del sensor Green seeker. En V10 se midió la materia seca acumulada. En floración se determinó el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor, cobertura y altura de plantas. Se realizaron sucesivos vuelos con un dron Parrot equipado con una cámara de alta resolución Sequoia_4.0_1280x960 (Green), Sequoia_4.0_1280x960 (Red), Sequoia_4.0_1280x960 (Red Edge), Sequoia_4.0_1280x960 (NIR). Las fotografías obtenidas, con un tamaño de pixel de 14 x 14 cm, fueron procesadas determinando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice verde no afectado por la reflectancia del suelo (OSAVI) y el Borde Rojo de Diferencia Normalizada (NDRE)

A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, número de espigas m⁻² (NE), granos espiga⁻¹ (GE), número granos m⁻² (NG) y peso (PGx1000) de los granos. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q), con datos de la EEA Pergamino. Se consideró la etapa entre el 10 de diciembre y el 15 de febrero, la cual abarca el período crítico de floración y llenado de granos en todos los materiales. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con los anteriores.

La campaña fue muy favorable aunque un tanto excesiva en precipitaciones, las cuales se concentraron en lapsos breves de tiempo (Figura 1) que habrían causado lixiviación de N. Como atenuante, las lluvias fueron relativamente tardías, especialmente desde mediados de diciembre. Se registraron una gran cantidad de días nublados y con baja radiación, a partir de las frecuentes precipitaciones (Figura 2). Las temperaturas medias fueron frescas e inferiores a 2017/18, especialmente en la transición enero-febrero durante el llenado de los granos (Figura 3), aunque superiores a las de 2016/17. El cociente fototermal (Q) (11 dic-10 ene) fue de **1,59**, inferior al de los años precedentes (2017/18: **1,65**; 2015/16: **1,72**; 2014/15: **1,70**) pero sin embargo superior al de ciclos cálidos (2013/14: **1,35**; 2016/17: **1,58**) (Figura 2).

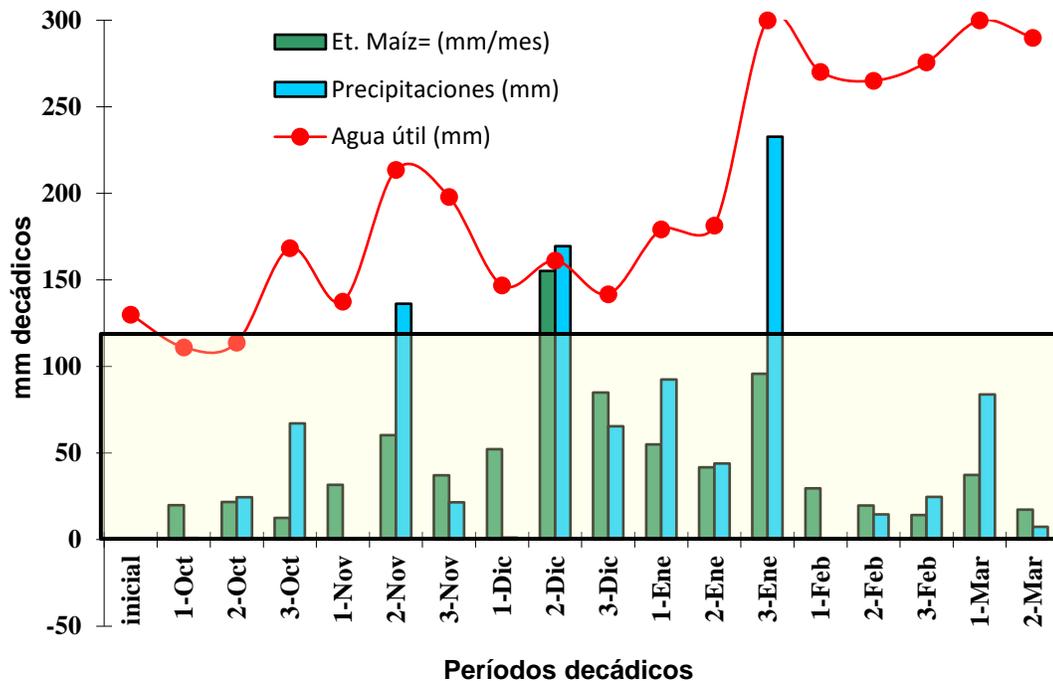


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y nivel de almacenaje (valores positivos) o déficit (negativo) acumulados (mm) en el sitio experimental. Colón, Bs As, campaña 2018/19. Agua disponible inicial en el suelo (150 cm) 130 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 987 mm. No se determinó un déficit de evapotranspiración. El cuadro marca el nivel hídrico debajo del cual el uso consuntivo podría estar debajo del óptimo.

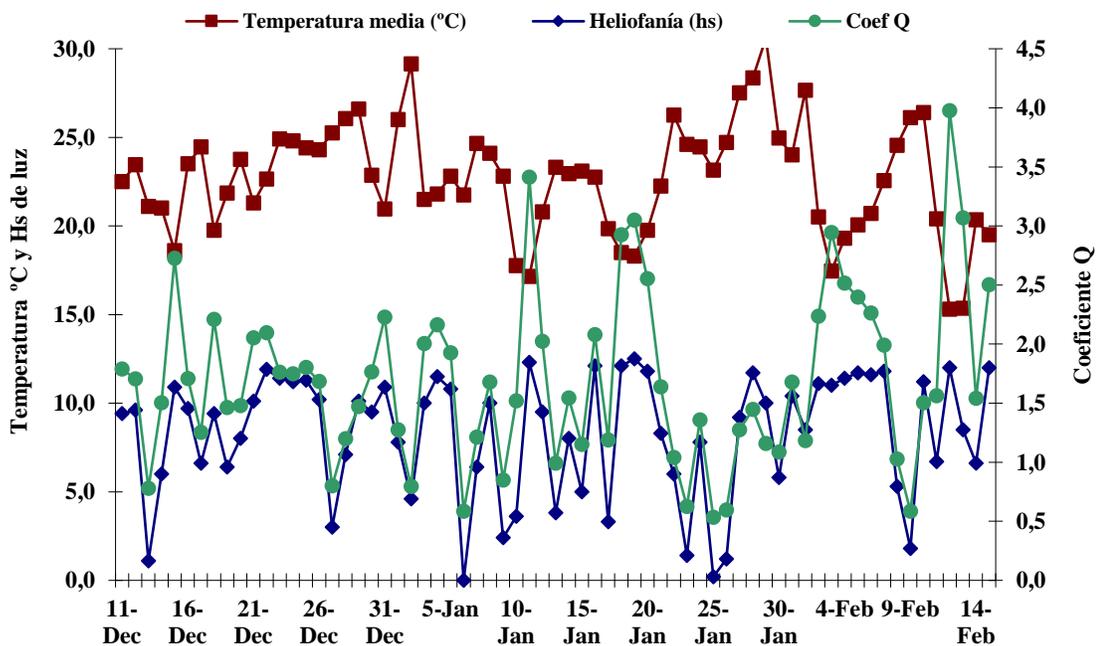


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de diciembre - 14 de febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2018/19.

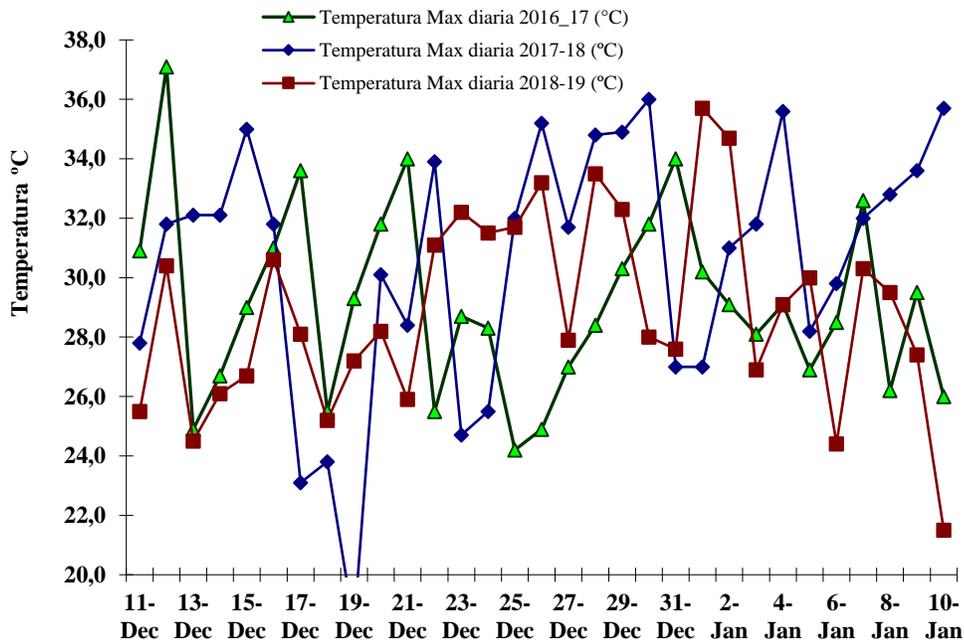


Figura 3: Temperaturas máximas diarias durante las campañas 2016/17, 2017/18 y 2018/19. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As).

B) Resultados del experimento:

En la Tabla 3 se presentan el contenido de N en el suelo hacia la floración y las variables morfológicas y fisiológicas de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en la Figura 4 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

Tabla 3: Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento: Materia seca en V10, Altura de plantas y de Inserción de espigas, intercepción de radiación en floración, Intensidad de verde determinado mediante Spad y NDVI por Green seeker, vigor, rendimiento y sus componentes numéricos: espigas m⁻² (NE), granos espiga⁻¹ (GE), número granos m⁻² (NG) y peso (PGx1000) de los granos. Estrategias de fertilización en maíz de fecha tradicional. INTA Pergamino, campaña 2018/19.

| Tr | Descripción | MSeca V10 (g m ⁻²) | Altura planta (cm) | Altura inserción (cm) | Cobertura R1 (%) | Spad V6 | Spad V10 | |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| T1 | Testigo | 3560 | 220 | 85 | 81,5 | 43,2 | 41,1 | |
| T2 | TUA | 5300 | 230 | 98 | 88,3 | 48,2 | 45,3 | |
| T3 | Proterra S | 5700 | 245 | 105 | 92,5 | 54,2 | 50,2 | |
| T4 | Proterra Ar Zn | 6370 | 255 | 112 | 93,1 | 53,1 | 51,4 | |
| T5 | Mess SZ | 6400 | 257 | 114 | 92,7 | 51,7 | 49,9 | |
| T6 | MAP + Urea – DMPP | 6920 | 252 | 110 | 93,0 | 53,2 | 49,8 | |
| T7 | MAP + Urea – N-Serve | 6680 | 255 | 109 | 93,1 | 54,7 | 48,9 | |
| T8 | MAP + Urea | 5930 | 252 | 108 | 92,5 | 52,0 | 48,6 | |
| T9 | MAP + Urea DB | 6520 | 255 | 109 | 91,5 | 51,4 | 48,3 | |
| T10 | MAP + eNeTPlus DB | 5950 | 257 | 112 | 91,8 | 51,4 | 48,5 | |
| T11 | MAP + Urea DA | 6480 | 256 | 110 | 92,0 | 52,8 | 49,0 | |
| T12 | MAP + eNeTPlus DA | 6610 | 261 | 110 | 91,8 | 52,9 | 48,6 | |
| T13 | MAP + UAN + TíoS DA | 6600 | 255 | 108 | 93,1 | 52,6 | 48,5 | |
| R² vs rendimiento | | 0,78 | 0,81 | 0,73 | 0,64 | 0,62 | 0,52 | |
| Tr | Descripción | Vigor V9 (1-5) | Green seeker V9 | NE | GE | NG | PGx1000 | Rendim (kg ha ⁻¹) |
| T1 | Testigo | 3,0 | 0,57 | 7,0 | 416,9 | 2911,6 | 350 | 10190,5 |
| T2 | TUA | 3,5 | 0,65 | 7,1 | 489,4 | 3495,7 | 351 | 12269,8 |
| T3 | Proterra S | 3,6 | 0,70 | 6,8 | 559,6 | 3819,6 | 347 | 13254,0 |
| T4 | Proterra Ar Zn | 4,0 | 0,72 | 7,1 | 556,8 | 3977,5 | 345 | 13722,2 |
| T5 | Mess SZ | 4,0 | 0,72 | 4,9 | 845,7 | 4161,6 | 349 | 14523,9 |
| T6 | MAP + Urea – DMPP | 4,1 | 0,71 | 7,6 | 565,5 | 4308,4 | 350 | 15079,4 |
| T7 | MAP + Urea – N-Serve | 4,1 | 0,72 | 7,6 | 559,9 | 4266,2 | 349 | 14888,9 |
| T8 | MAP + Urea | 3,8 | 0,72 | 4,6 | 807,3 | 3716,1 | 347 | 12894,9 |
| T9 | MAP + Urea DB | 3,5 | 0,70 | 8,3 | 481,3 | 3972,9 | 345 | 13706,3 |
| T10 | MAP + eNeTPlus DB | 3,5 | 0,70 | 7,8 | 568,7 | 4423,4 | 347 | 15349,2 |
| T11 | MAP + Urea DA | 3,8 | 0,72 | 7,0 | 607,4 | 4241,8 | 351 | 14888,9 |
| T12 | MAP + eNeTPlus DA | 3,8 | 0,72 | 7,6 | 597,0 | 4548,8 | 350 | 15920,6 |
| T13 | MAP + UAN + TíoS DA | 3,7 | 0,72 | 7,9 | 545,0 | 4325,3 | 349 | 15095,2 |
| R² vs rendimiento | | 0,46 | 0,69 | 0,07 | 0,10 | 1,00 | 0,00 | |
| Sign. Est (P=) | | | | | | | | <0,0001 |
| CV (%) | | | | | | | | 6,7% |

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

Tabla 4: Contenido de N-Nitratos y S-Sulfatos (kg/ha) según tratamiento y profundidad de suelo.

| | N-Nitratos (kg ha ⁻¹) | | | | S-Sulfatos (kg ha ⁻¹) | | | |
|----------|-----------------------------------|----------------|------------------|---------|-----------------------------------|----------------|------------------|---------|
| | T1 Testigo | T6 Urea + DMPP | T7 Urea + NServe | T8 Urea | T1 Testigo | T6 Urea + DMPP | T7 Urea + NServe | T8 Urea |
| 0-20 cm | 8,1 | 8,1 | 6,0 | 6,2 | 22,4 | 16,6 | 34,6 | 17,4 |
| 20-40 cm | 3,4 | 2,9 | 4,2 | 2,6 | 21,8 | 14,8 | 14,3 | 16,9 |
| 40-60 cm | 4,4 | 4,7 | 3,1 | 2,6 | 16,1 | 16,9 | 14,3 | 17,7 |
| Total | 15,9 | 15,6 | 13,3 | 11,4 | 60,3 | 48,4 | 63,2 | 52,0 |

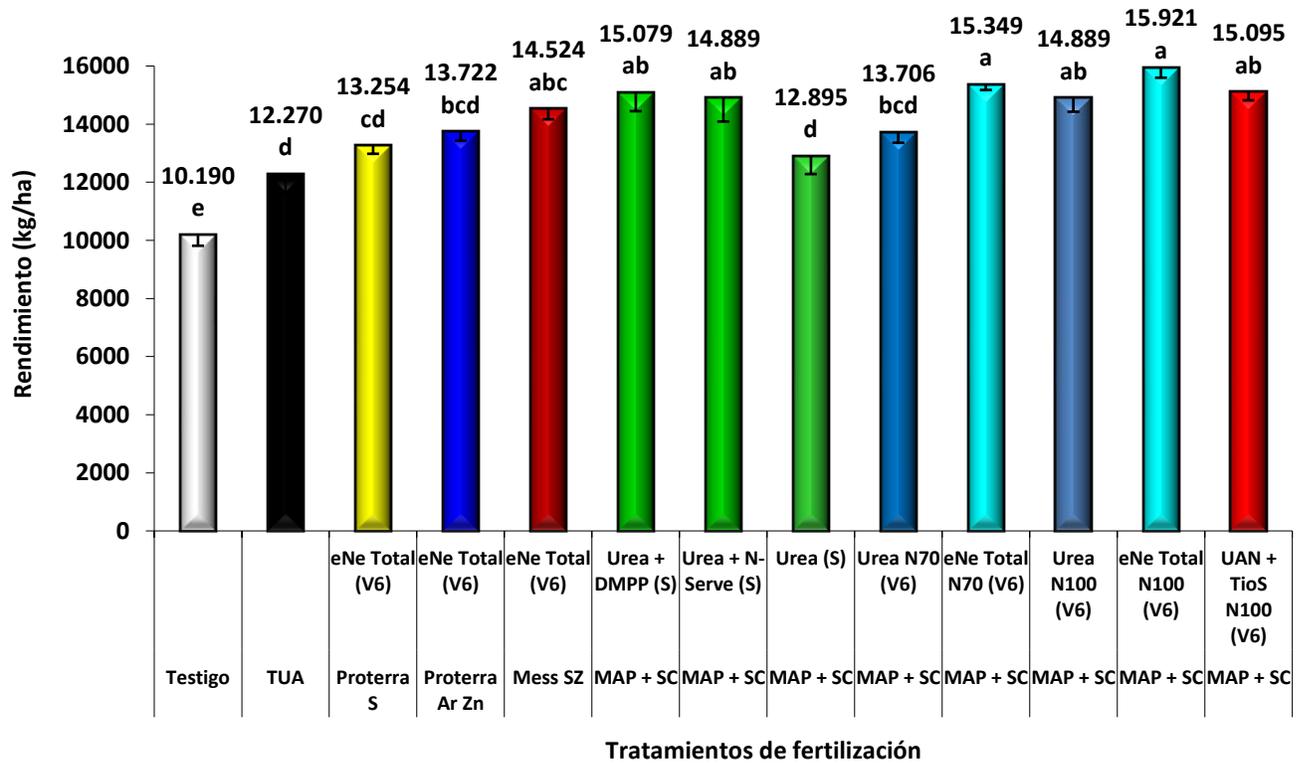


Figura 4: Rendimiento de maíz según estrategias de fertilización con fósforo, azufre, zinc y nitrógeno, combinando dosis, fuentes, momentos e inhibidores de volatilización o nitrificación. Pergamino, **maíz de siembra tradicional**, ciclo 2018/19. Letras diferentes sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$). DMS=1581. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

a) Cálculo de índices espectrales.

En la Figura 5 se visualiza el índice NDRE (Borde Rojo de Diferencia Normalizada), el cual demostró amplia asociación con la oferta de N en los respectivos tratamientos, siendo de mayor ajuste respecto a NDVI y GNDVI. Se identifica especialmente el tratamiento control, el cual evidencia un rápido deterioro de la clorofila y senescencia del área foliar.

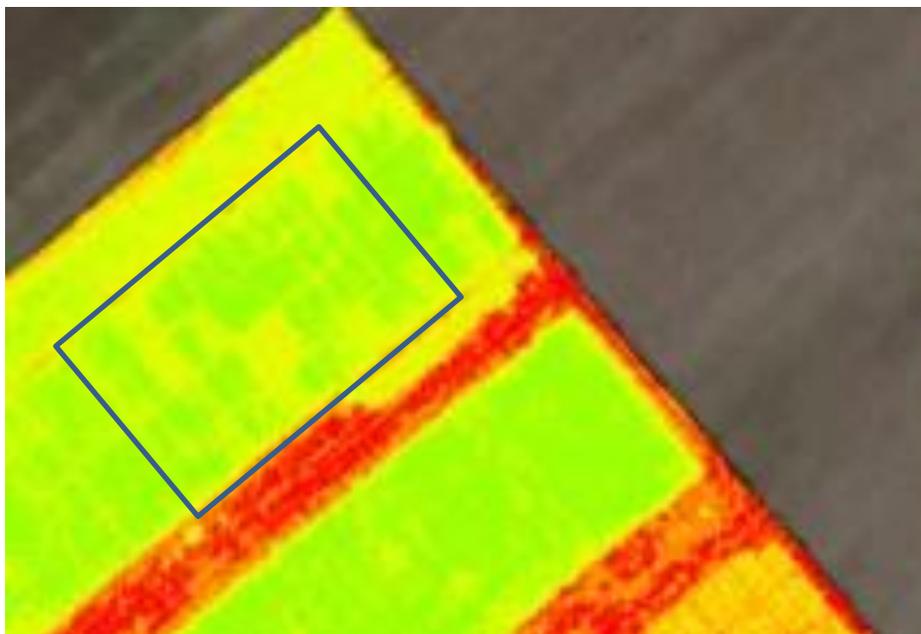


Figura 6: *Calculo de los índices OSAVI (izquierda) y TCARI (derecha) alrededor de anthesis. Los cuadros azules enmarcan las parcelas del presente experimento.*

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los rendimientos alcanzaron una media de 13983 kg ha⁻¹, alcanzando el techo productivo del ambiente en la actualidad. Aun los rendimientos del **Testigo** sin fertilización fueron elevados (Tabla 3).

El sitio muestra una clara limitación de N, el cual fue un condicionante de la expresión de rendimiento. Particularmente, se evidencia un fuerte proceso de lixiviación y dilución de N. Los mejores tratamientos reunieron alta dosis de N y aplicación dividida del nutriente (Figura 4, tratamientos descriptos en detalle en Tabla 1). Se determinaron diferencias significativas entre dosis de N (N100 vs N70) (Tabla 3 y Figura 4). La fuente protegida de volatilización eNeTotal Plus superó en rendimiento a urea, especialmente en dosis de N70 (T10 vs T9). UAN + Tiosulfato (T13) demostró un comportamiento intermedio, más cercano a Urea (T11) en rendimiento pero sin diferencias estadísticas con eNe Total Plus (T12).

La utilización de inhibidores como DMPP (T6) y Nitrapyrin (T7) sobre urea aplicada a la siembra otorgó una leve ventaja en la conservación de N, pero amplias diferencias en rendimiento (T8). Existe poca evidencia en Argentina de incrementos de esta magnitud. La aplicación de N en forma completa a la siembra (T8) evidenció rendimientos inferiores a los observados en tratamientos similares con aplicación en V6 (T3), dividida (T9), o incrementos en la oferta total de N (T11), utilizando la misma fuente.

La aplicación de “starters” con Zn (T4, T5) representó una ventaja respecto de una fuente similar con aporte sólo de S (T3). Sin embargo, en términos absolutos no estuvieron en el rendimiento máximo, probablemente por el menor aporte de N respecto de otras estrategias (T11, T12 y T13). Por último, el tratamiento TUA, una especie de manejo básico zonal, alcanzó rendimientos satisfactorios pero lejos de la potencialidad del ambiente.

Diversos parámetros del cultivo lograron anticipar eficazmente la respuesta en rendimiento. Se rescatan especialmente los índices espectrales, los cuales permiten un monitoreo permanente del cultivo y eventualmente realizar ajustes durante el ciclo.

Las variables más representativas y con mayor correlación con los rendimientos fueron NG ($r^2=0,1$), Altura de planta ($r^2=0,81$), biomasa en V10 ($r^2=0,78$), Altura de Inserción ($r^2=0,73$), NDVI por Green

seeker ($r^2=0,69$), cobertura e intercepción ($r^2=0,64$), contenido foliar de N estimado por Spad ($r^2=0,62$ y $0,52$) y la calificación subjetiva del vigor ($r^2=0,46$) (Tabla 3).

Los resultados obtenidos permiten aceptar las hipótesis propuestas. Las tecnologías de mayor impacto estuvieron relacionadas al manejo de N. En un ciclo húmedo, se transforma en una limitante crucial. La nutrición de un maíz de alto rendimiento es un proceso complejo, que requiere combinar fuentes y momentos de aplicación, con el fin de aportar una diversidad creciente de elementos pero en tiempo y forma de manera de asegurar una recuperación eficiente por parte de los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Barbieri, P. A.; Echeverría, H. E. y Sainz Rosas, H. 2005. "Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización en el cultivo de maíz en función de la fuente, dosis y métodos de colocación del fertilizante". (Convenio INTA Balcarce - Profertil, 2004/05).

P.M. Chalk, E.T. Craswell, J.C. Polidoro, C. Chen. 2015. Fate and efficiency of ^{15}N -labelled slow- and controlled release fertilizers. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 102. pp. 167-178.

Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-27. En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.

Ferraris, G., L. Couretot y M. Toribio. 2010. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino (Bs As). Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (AACS) "El Suelo, Pilar de la Agroindustria en la Pampa Argentina". Comisión 3: Nutrición Vegetal y Fertilidad de Suelos. Rosario, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.

Ferraris, G., Boem, F. G., Prystupa, P., Salvagiotti, F., Couretot, L., & Dignani, D. 2015. a. Fertilización azufrada en maíz, evaluación de la respuesta del cultivo y análisis de metodologías de diagnóstico de la fertilización azufrada: reporte final. Proyecto Regional Agrícola. Desarrollo Rural INTA Pergamino. [en línea] < www. profertilnutrientes. com. ar >. (consulta: 9.)

Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi y L. Couretot. 2015. b. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. Actas CD Simposio Fertilidad 2015. pp 137-142. "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". Rosario, 19-20 Mayo 2015. IPNI Cono Sur – Fertilizar AC.

Ferraris, G.N.; Elias, G.; Galetto, M.L. 2014. Pérdidas de Nitrógeno por Volatilización en Maíces Tardíos en Pergamino (Bs As). Efectos de Fuente y Dosis. En. Actas MAIZ HD - X Congreso Nacional de Maíz. Comisión 3. Suelos y Fertilización. Rosario, Septiembre de 2014.

Ferraris, G., F. Missart y F. Prats. 2016. a. Fertilización con zinc bajo diferentes escenarios de fertilidad nitrogenada en maíz de siembra temprana. En: XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. "Ordenamiento Territorial, Un desafío para la Ciencia del Suelo". Comisión III: Fertilidad y Nutrición Vegetal. Río Cuarto, 27 de Junio al 1 de Julio de 2016.

Ferraris, G., M. Díaz Zorita y A. Grasso. 2017. Intensificación productiva en maíz: comparación de modelos de fertilización para la Región Núcleo Pampeana. *Revista de Tecnología Agropecuaria*: Vol. 10 N° 34. Agosto 2017.

Fontanetto, Hugo y Keller, Oscar. 2006. Manejo de la fertilización en Maíz. Experiencias en la Región Pampeana Argentina. En: Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106. pp 85-113 INTA EEA Rafaela.

Gilsanz, C., D. Bæz, T.H. Misselbrook, M.S. Dhanoa, L.M. Cárdenas. 2016. Development of emission factors and efficiency of two nitrification inhibitors, DCD and DMPP. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 216. pp. 1-8

Guardia, G., Marsden, K. A., Vallejo, A., Jones, D. L., & Chadwick, D. R. (2018). Determining the influence of environmental and edaphic factors on the fate of the nitrification inhibitors DCD and DMPP in soil. *Science of the total environment*, 624, 1202-1212.

Keeny D R, Nelson W D. 1982. In *Methods of Soil Analysis. Part. 2. Chemical and Microbiological properties*, A L Page ed. pp. 643-693. American Society of agronomy, Madison, Wisconsin (USA).

Monzón, J.P. 2015. Atlas Mundial de Brechas de Rendimiento: Trigo, soja y maíz en Argentina. pp 55-59. En: Actas Simposio Fertilidad 2015 "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". IPNI Cono Sur – AC Fertilizar. Rosario, 19 y 20 de Mayo de 2015. 252 pp.

Osmond, D, C. Crozier, J. Dunphy, K. Edminsten, L. Fisher, R. Heiniger, R Weisz and D. Hardy. 2008. Testing New Fertilizers and Fertilizer Additives. Department of Soil Science. NC State university. Disponible on line. www.stanly.ces.ncsu.edu/files/library/84/Fertilizer%20Additives.3.7.2008.pdf Plant Soil. 39:309-318.

- Rabbinge, R. 1993. The Ecological Background in Food Production. En Crop Protection and Sustainable Agriculture, D. J. Chadwick y J. Marsh (Eds.). John Wiley and Sons.
- Rose, T. J., Wood, R. H., Rose, M. T., & Van Zwieten, L. (2018). A re-evaluation of the agronomic effectiveness of the nitrification inhibitors DCD and DMPP and the urease inhibitor NBPT. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 252, 69-73.
- Sainz Rozas, H, Echeverría H.E, Studdert G.A, Andrade, FH, 1997a. Volatilización de amoníaco desde urea aplicada al cultivo de maíz bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 15: 12-16
- Sainz Rozas, H., Eyherabide, M., Echeverría, H., Barbieri, P., Angelini, H., Larrea, G., Ferraris, G.N. y Barraco, M. 2013 ¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos? 62-72. En: García y Correndo (eds) Simposio Fertilidad 2013. Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable. - 1a ed. 314 pp. IPNI Cono Sur,
- SIIA, Sistema integrado de información agropecuaria. 2014. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. <http://www.siiia.gov.ar>, consultado el 17/02/14.
- Singh, G., & Nelson, K. A. (2019). Pronitridine and Nitrapyrin With Anhydrous Ammonia for Corn. *Journal of Agricultural Science*, 11(4).
- Trenkel, M.E. 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. 151 p
- Videla, CC. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA Balcarce INTA Bol.Tec. 131, 16 p.
- Vilas, M. P., Verburg, K., Thorburn, P. J., Probert, M. E., & Bonnett, G. D. (2019). A framework for analysing nitrification inhibition: A case study on 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). *Science of The Total Environment*.
- Watson, C.J. 2000. Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. 39 p

Dosis x Momentos x Espaciamiento x Densidad
Los sistemas están en permanente evolución

