

La utilización de ENTEC® EVO™ 27 permite reducir las pérdidas de N por lixiviación, favoreciendo la disponibilidad de N en las etapas finales del cultivo como es el llenado de grano del maíz

¿CÓMO AFECTA LA DOSIS DE NITRÓGENO EN FONDO Y EL TIPO DE FERTILIZANTE EN COBERTERA EN UN MAÍZ? ENSAYO 'ON-FARM' EN LEÓN

Jesús Val¹, Vanessa Paredes², José Ramón Rodríguez³, Israel Carrasco¹ y Ángel Maresma¹

¹Departamento de I+D de EuroChem Agro Iberia

²Área de Desarrollo Tecnológico, Subdirección de Infraestructuras, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL)

³Grupo de Investigación en Geomática e Ingeniería Cartográfica (GEOINCA), Universidad de León

El N es frecuentemente el nutriente más limitante para el maíz. La aplicación excesiva de N puede provocar impactos ambientales negativos, como la lixiviación de nitratos (NO_3^-) y la emisión de óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero. Por lo tanto, es crucial optimizar la aplicación de N para satisfacer las necesidades de los cultivos sin excesos, logrando así una producción de maíz más sostenible.



INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo que tiene una alta demanda de nutrientes, y en la gran mayoría de los casos, los suelos no son capaces de suministrarlos. Por lo tanto, es fundamental hacer el aporte de nutrientes necesario para que el cultivo se desarrolle y no perder potencial productivo. La fertilización resulta imprescindible, pero para hacer un uso eficiente de los recursos hay que ajustar bien la aportación de nutrientes con las necesidades del maíz. Hoy en día existen posibilidades para mejorar la eficiencia de la fertilización, destacan las herramientas de teledetección y la tecnología en los fertilizantes. Estos avances permiten optimizar el momento de aplicación y la dosis de nutrientes, promoviendo una fertilización más sostenible.

La teledetección, junto con los sistemas de monitoreo de rendimiento, permite la identificación de la variabilidad espacial del suelo y la delimitación de zonas de rendimiento diferenciado. En áreas homogéneas, se puede ajustar mejor el aporte de nitrógeno (N). Además, la información satelital y otras herramientas de teledetección pueden ser útiles para monitorear el estado del cultivo y detectar defi-

ciencias nutricionales a lo largo de su ciclo. En este sentido, los índices de vegetación derivados de imágenes multiespectrales, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) o el Índice de Contenido de Clorofila (CCCI), permiten evaluar el estado de los cultivos asociado a la disponibilidad de N.

El N es frecuentemente el nutriente más limitante para el maíz. La aplicación excesiva de N puede provocar impactos ambientales negativos, como la lixiviación de nitratos (NO_3^-) y la emisión de óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero. Por lo tanto, es crucial optimizar la aplicación de N para satisfacer las necesidades de los cultivos sin excesos, logrando así una producción de maíz más sostenible.

Para conseguir mejorar la eficiencia en el uso del N, el tipo de fertilizante juega un papel fundamental. Los fertilizantes en base a N ureico son altamente ineficientes, principalmente porque se producen altas pérdidas por volatilización de amoníaco (NH_3) a la atmósfera. De hecho, el Real Decreto 1051/2022, del 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la Nutrición Sostenible en los suelos

agrarios, implementa medidas para reducir las pérdidas de este gas tóxico a la atmósfera. Por otro lado, la transformación del N en forma amoniacal (NH_4^+) a forma nítrica (NO_3^-), mediante el proceso de nitrificación, genera acumulaciones de nitratos en el suelo que son susceptibles a pérdidas por lavado. Por este motivo, la utilización de fertilizantes ENTEC®, sin N ureico y que incorporan los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPSA permiten hacer un uso más eficiente del N, reduciendo las pérdidas por lixiviación de nitratos (NO_3^-) y por emisión de gases de efecto invernadero (N_2O).

ENSAYO 'ON-FARM' DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ

El ensayo se llevó a cabo en Grisuela del Páramo (León) en una parcela de maíz (*Zea Mays* var. D5362) con sistema de riego por aspersión a través de pivot. La siembra del ensayo fue el 24/05/2024 a una densidad de 90.000 plantas/ha. Se realizó un análisis de suelo previo a la siembra para conocer el estado del suelo. Los tratamientos estudiados (tabla 1) se adaptaron a las condiciones iniciales del suelo y a la producción esperada. La distribución de los tratamientos queda definida mediante la figura 1.

Para estudiar la evolución del vigor vegetativo del maíz se ha utilizado el índice NDVI, ya que es uno de los índices más utilizados para el seguimiento de los cultivos. Se han analizado en total 24 imágenes satélite entre los meses de junio y octubre.

RESULTADOS

En la gráfica 1 se observa la evolución temporal del NDVI para cada tratamiento estudiado. Los valores NDVI obtenidos durante el desarrollo vegetativo del maíz (junio a octubre) muestran una primera etapa con un valor ligeramente superior de NDVI en el T3. Cabe destacar, que es el tratamiento que recibió mayor cantidad de N en fondo (+26 kgN/ha). En el 02/07/2024 se observa un



Medición de puntos GPS (RTK) de las bandas del ensayo 'on-farm'.

Tabla 1. Estrategias de fertilización utilizadas en el ensayo.

TRATAMIENTO		T1	T2	T3
Fondo	Producto	ENTEC® 13-10-20	ENTEC® 13-10-20	ENTEC® 13-10-20
	Fecha	08/05/2024	08/05/2024	08/05/2024
	Dosis (kg/ha)	700	700	900
	N (kg/ha)	91	91	117
Cobertera	Producto	UREA 40 + S	ENTEC® EVO™ 27	ENTEC® EVO™ 27
	Fecha	26/06/2024	26/06/2024	26/06/2024
	Dosis (kg/ha)	650	850	750
	N (kg/ha)	260	229	203
TOTAL N (kg/ha)		351	320	320

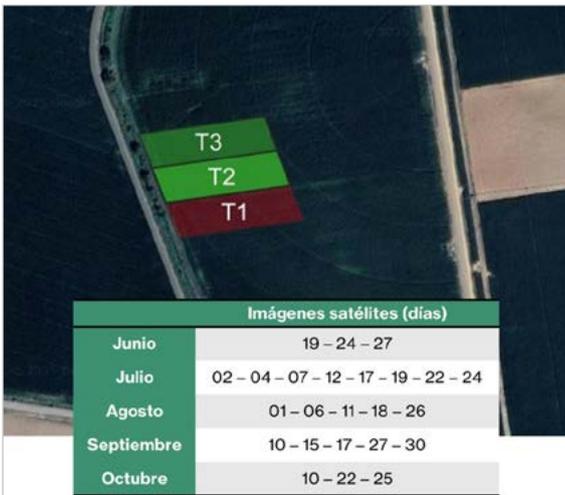
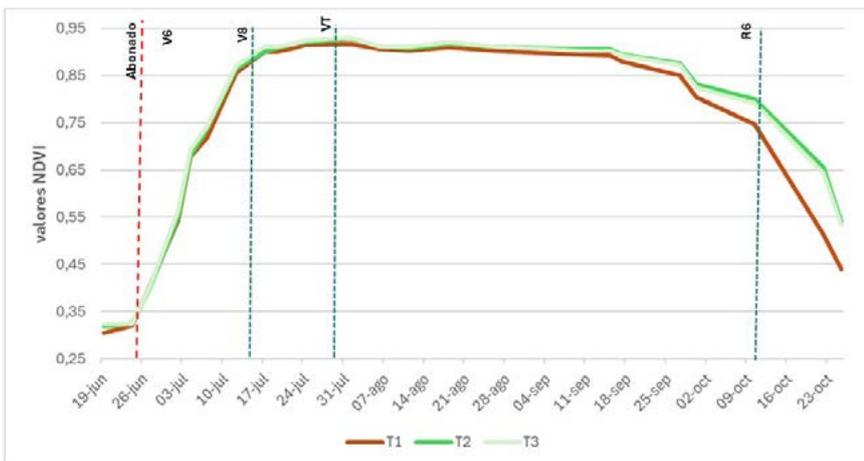


Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela del ensayo e imágenes satelitales utilizadas para el estudio.



Gráfica 1. Evolución temporal del índice NDVI para los 3 tratamientos y fechas clave del cultivo.

ligero diferencial en el NDVI (figura 2a) a favor del T3, comparado con los otros 2 tratamientos que cuentan con menor abonado de fondo (T1 y T2). Posteriormente, con la aplicación del abonado de cobertera (26/06/2024) el desarrollo del maíz fue muy rápido y las imágenes NDVI saturaron sin mostrar diferencias aparentes entre los tratamientos durante el resto de fase vegetativa y el inicio de la fase reproductiva del cultivo.

A partir del 15 de septiembre, casi un mes antes de que el maíz alcance la madurez fisiológica - R6 (10/10/2024), se observan aparentes diferencias en los valores NDVI entre los tratamientos T2 y T3 frente a T1. El T1 recibió una mayor cantidad de N total, 351 kg N/ha frente a los 320 kg N/ha del T2 y T3, y este hecho nos haría pensar que la disponibilidad de N en la fase final del cultivo sería mayor, pero la realidad no es así. El tipo de fertilizante utilizado en cobertera para el T1 es un N en forma de urea frente al T2 y T3 donde se aplicó un ENTEC® EVO™ 27 (nitrógeno - amoniacal con inhibidor de la nitrificación DMPSA).

La utilización de ENTEC® EVO™ 27 permite reducir las pérdidas de N por lixiviación, favoreciendo la disponibilidad de N en las etapas finales del cultivo como es el llenado de grano

del maíz. Este tipo de productos se adaptan perfectamente a la normativa actual de fertilización, ya que reduciendo la aportación total de N a 320 kgN/ha frente a 350 kgN/ha con el fertilizante en base a urea, se consigue una mayor disponibilidad de N y un aumento en la producción del maíz.

La producción de maíz en cada estrategia de fertilización se obtuvo a partir del monitor de rendimiento instalado en la cosechadora. Se observa que existe una correlación entre la imagen NDVI en madurez fisiológica (10/10/2024) (figura 2b) y la producción obtenida con el mapa de rendimiento (figura 3).

Los rendimientos obtenidos en T2 y T3 son similares (figura 3) y superiores en un 10% al T1 (gráfica 2), a pesar de aplicar una cantidad menor de N (-9%). Esta diferencia entre el tipo de coberteras nitrogenadas se observa principalmente en la etapa final del cultivo y puede estar relacionada con la disponibilidad de N en la fase de llenado.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la importancia de la teledetección para conocer la evolución del desarrollo vegetativo de los cultivos. Aunque en este caso, en el momento que se observaron diferencias claras ya no se habría podido corregir con una aplicación extra de N, permite entender la diferencia de rendimiento entre las estrategias de fertilización evaluadas. El índice de vegetación NDVI ha permitido determinar una mayor fase de llenado de grano para el maíz en los tratamientos con ENTEC® EVO™ 27, que posteriormente se ha traducido en un mayor rendimiento en cosecha (+10%).

Para alcanzar una agricultura más sostenible es fundamental la utilización de herramientas de teledetección, así como fertilizantes de eficiencia mejorada, que permiten una mayor optimización del fertilizante. ■

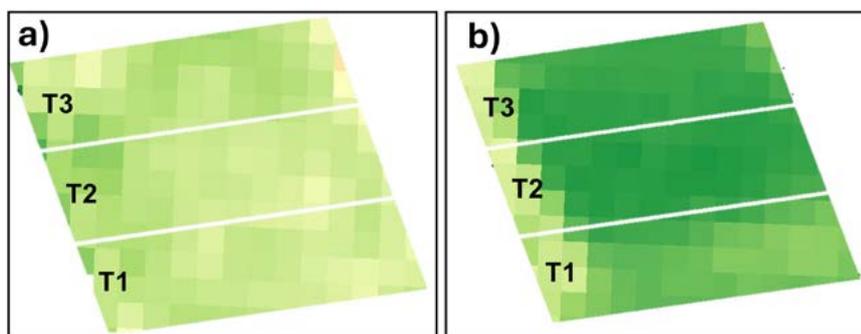


Figura 2. Imágenes NDVI de los tratamientos. a) 02/07/2024 y b) 10/10/2024.

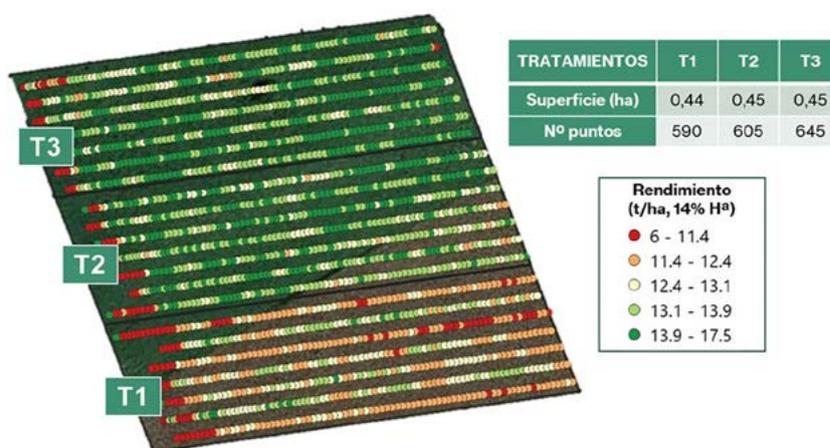
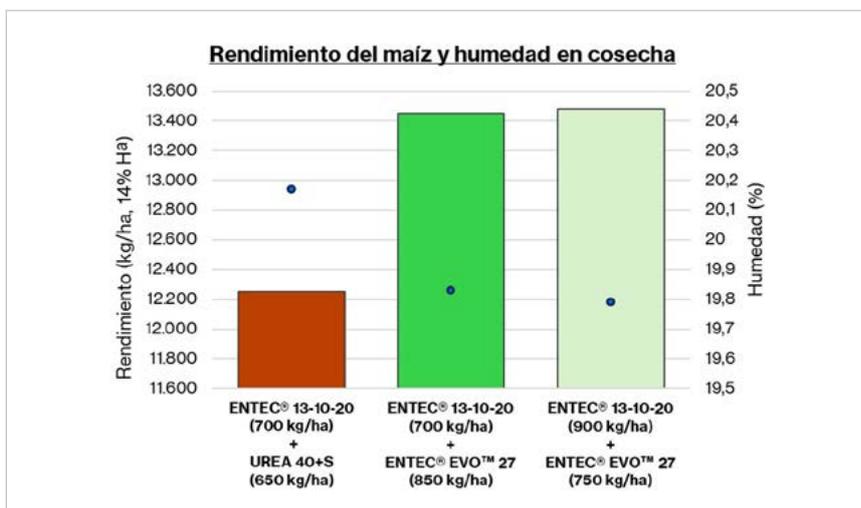


Figura 3. Mapa de rendimiento con los tratamientos de fertilización estudiados.



Gráfica 2. Rendimiento de grano (corregido al 14% de H²O) y humedad en el momento de cosecha del maíz en los tratamientos de fertilización evaluados en el ensayo 'on-farm'.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León por la ayuda destinada (expediente de subvención nº 3/2023-ATI) a la realización de proyectos de investigación industrial en el marco de la Plataforma de dinamización de I+i Agraria y Agroalimentaria.