

La red de ensayos 'on-farm' de EuroChem tiene un enfoque que combina sostenibilidad y agricultura de precisión, optimizando la producción de cereales en diferentes condiciones agroclimáticas

ESTRATEGIAS INNOVADORAS PARA OPTIMIZAR LA FERTILIZACIÓN DEL CEREAL DE INVIERNO: RESULTADOS DE ENSAYOS 'ON-FARM'

Ángel Calvo, Israel Carrasco y Ángel Maresma

Departamento de I+D de EuroChem Agro Iberia

La nueva campaña cerealista ya está en marcha y la duda de 'cómo y cuándo' fertilizar se muestra presente en el sector. Para poder hacer un buen uso del fertilizante y conseguir maximizar los rendimientos y la rentabilidad de la explotación, es imprescindible conocer la demanda de nutrientes del cultivo.

MOMENTO Y FORMA DE FERTILIZAR

En las primeras etapas de desarrollo, las necesidades nutricionales del cereal son relativamente bajas. Por lo general, el incremento de las temperaturas a la salida del invierno suele ser el desencadenante para incrementar la demanda nutricional debido a la mayor actividad que tiene el cereal (crecimiento y desarrollo). Pero también es importante evaluar el tipo de fertilizante para intentar ser lo más eficiente posible con los nutrientes.

El tipo de fertilizante, además de valorar las propiedades físicas (granulometría, solubilidad, o presencia de polvo), hay que tener en cuenta la composición química del abono (cantidad de nutrientes, forma de nitrógeno (N), disponibilidad del fósforo, nutrientes secundarios, etc.). Por lo general, el N es el nutriente más limitante para la producción de cultivos, y dadas sus propiedades, también es uno de los nutrientes más susceptible a pérdidas. Concretamente, por emisiones de gases de efecto invernadero (N_2O), por volatilización de amoníaco (NH_3) o por lixiviación de nitratos (NO_3).

RED DE ENSAYOS 'ON-FARM' PARA MEJORAR LAS PRÁCTICAS DE FERTILIZACIÓN

EuroChem lleva más de 25 años apostando por la eficiencia en uso de nutrientes, entre ellos, el nitrógeno que es uno de los elementos más móviles en el suelo, y por ende, el más suscep-



Figura 1. Mapa de la red de ensayos 'on-farm' en las últimas 4 campañas (puntos rojos) y los 54 ensayos seleccionados para el análisis por la similitud en las estrategias de fertilización utilizadas (puntos blancos).

tible a pérdidas. Gracias al desarrollo de los inhibidores de la nitrificación presentes en la gama ENTEC® (DMPP y DMPSA) se ralentiza la transformación de amoniacal a nítrico, manteniendo el N disponible para la planta durante más tiempo y reduciendo las pérdidas al medioambiente.

Desde 2020, la empresa ha establecido más de 130 ensayos 'on-farm' en fincas reales de agricultor en diferentes cultivos. En dichos ensayos se han ido evaluando diferentes estrategias de fertilización para obtener información de la respuesta del cultivo a la aplicación del abono, teniendo en cuenta las diferentes condiciones agroclimáticas. Además, las nuevas tecnologías de bases de datos y plataformas satelitales nos permiten realizar análisis globales de los datos.

Para este estudio se han seleccionado un total de 54 ensayos de cereal de invierno que cuentan con estrategias similares para poder comparar (Figura 1). Estas estrategias son: ENTEC® doble aplicación, ENTEC® única aplicación y la estrategia habitualmente utilizada por el agricultor, estableciendo las mismas unidades de N en cada una de ellas. (Tabla 1)

Por un lado, se ha estudiado la evolución y el desarrollo del cultivo, a través de imágenes de satélite (libres de nubosidad), mediante el índice de vegetación NDVI. Para ello, se ha calculado la media NDVI total de las distintas campañas de los meses más representativos del cereal de invierno, es decir, de enero a junio (figura 2).

Tabla 1. Estrategias evaluadas y momentos de aplicación de los fertilizantes.

	FONDO / ÚNICA APLICACIÓN		COBERTERA NITROGENADA	
	FERTILIZANTE	MOMENTO	FERTILIZANTE	MOMENTO
Doble aplicación ENTEC®	ENTEC® N-P-K	Octubre-diciembre	ENTEC® EVOTM 27	Enero-abril
Única aplicación ENTEC®	ENTEC® N-P-K	Diciembre-febrero	-	-
Doble aplicación convencional	NPK convencional	Octubre-diciembre	NAC 27 ó Urea	Febrero-abril

RESULTADOS

Vigor del cultivo (NDVI)

El efecto del abonado de fondo en el vigor del cultivo (representado por el NDVI promedio mensual) se puede observar de manera clara en los meses de enero y febrero (figura 2). Las estrategias de fertilización que incluyen abonado de fondo presentan un vigor más alto que la estrategia que no incorpora fertilizante en fondo. Además, también es apreciable la diferencia de vigor del fondo ENTEC® comparado con un fondo N-P-K convencional (+4%). Este efecto puede explicarse con la acción del inhibidor de la nitrificación (DMPP/DMPA), que reduce las pérdidas de N y permite al cultivo tener mayor disponibilidad de este nutriente a la salida del invierno.

La diferencia en el vigor entre la doble aplicación de ENTEC® y la estrategia de fertilización convencional sigue siendo evidente tras la aplicación de las coberteras nitrogenadas, manteniéndose entre un 4-5% por encima. Se puede observar de manera generalizada como el cultivo va creciendo (mayor valor de NDVI) a medida que avanza la primavera, y como la estrategia de fertilización tiene un efecto en el crecimiento y disponibilidad de N para el cultivo.

Por otro lado, la estrategia de aplicación única ENTEC® muestra valores de vigor más bajos hasta el mes de marzo, cuando se posiciona en valores de NDVI ligeramente superiores a la estrategia de fertilización convencional de fondo + cobertera. A partir de ese momento, se sitúa con valores de NDVI intermedios entre las otras estrategias evaluadas, y siendo entorno a un 2% superior a la estrategia de fertilización convencional.

Correlación NDVI - Rendimiento de grano

Son numerosas las publicaciones científicas que demuestran una buena correlación entre el vigor del cereal

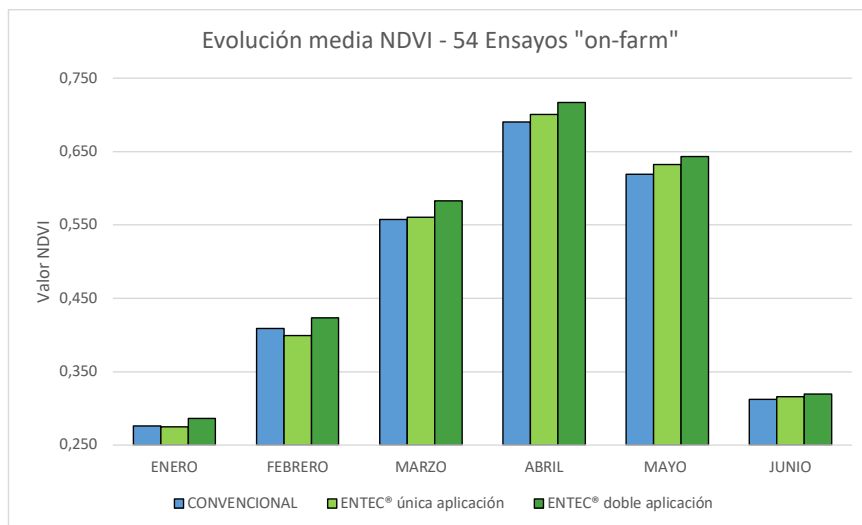


Figura 2. Valores medios de NDVI mensuales en las diferentes estrategias de fertilización.



Figura 3. Mapa de rendimiento de cosecha 2024 (a) y mapa NDVI del mes de mayo 2024 (b) de un ensayo 'on-farm' que se ha implementado en Burgos en esta próxima campaña (2024-2025).

El índice de vegetación NDVI es una herramienta clave para monitorear el vigor del cultivo y predecir el rendimiento, permitiendo ajustes oportunos en las prácticas agronómicas

de invierno (medido como NDVI) y el rendimiento, especialmente en fechas cercanas a cosecha. Esto se debe a que el NDVI mide la diferencia relativa entre la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) y la luz roja (Red), lo que refleja el vigor y la densidad de la vegetación, que está estrechamente ligado a la producción final (figura 3).

Nuestro trabajo, nos ha permitido comparar en cada uno de los tratamientos el rendimiento de grano con los valores promedios de NDVI en distintos meses. Se puede observar cómo en el mes de mayo, los tratamientos con valores más bajos de NDVI han sido los que han obtenido menores rendimientos, y del mismo modo, los valores con valores altos de NDVI han obtenido mayores rendimientos (figura 4). De hecho, el NDVI ha podido explicar el 70% de la variabilidad de rendimiento.

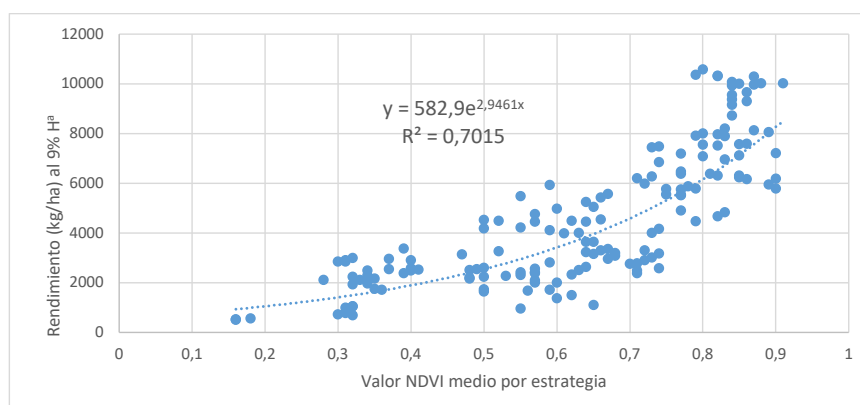


Figura 4. Correlación entre valores NDVI promedio en mayo y rendimiento de grano de las estrategias de fertilización evaluadas en cada ensayo 'on-farm'.

Según el análisis realizado, los meses con mayor correlación en el ciclo de un cereal son abril ($R^2 = 0.43$), y especialmente mayo ($R^2 = 0.70$) (figura 4). Esto se debe a que a medida que el cultivo avanza hacia fases críticas como el llenado de grano, la acumulación

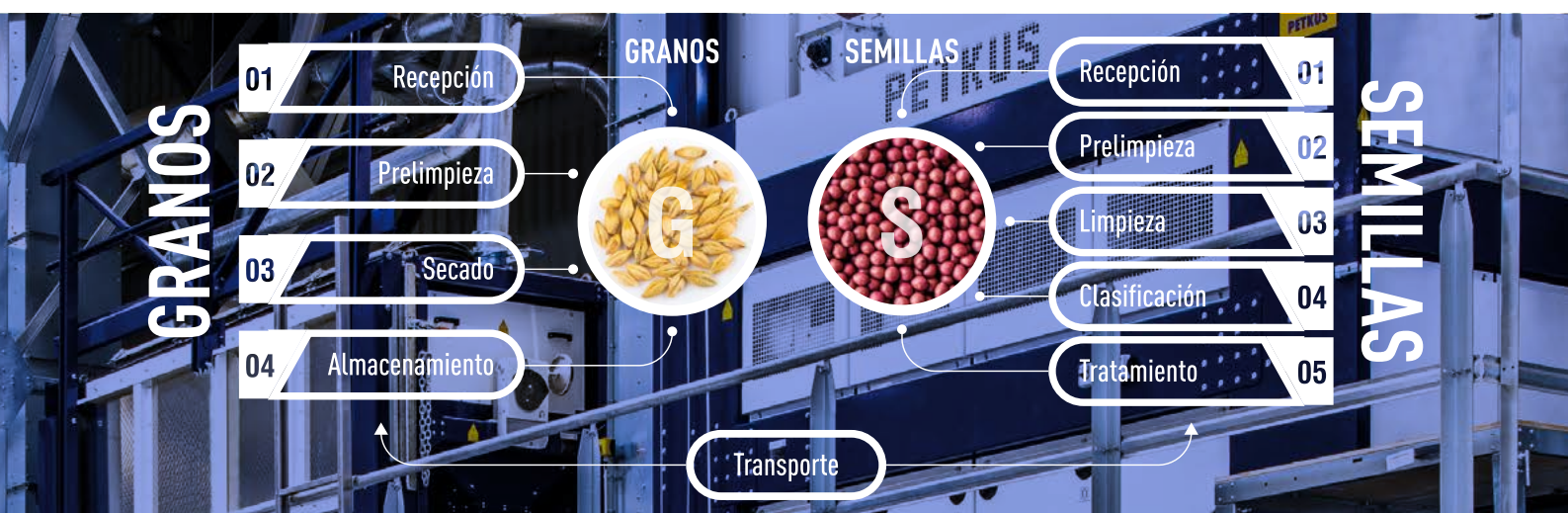
de biomasa (reflejada en el NDVI) está más directamente relacionada con la capacidad del cultivo para formar y llenar granos. En etapas tempranas (por ejemplo, el ahijado), el NDVI refleja principalmente la densidad y uniformidad de la vegetación, pero

Tecnología e Innovación PETKUS

Soluciones para el Procesamiento de Semillas y Granos



PETKUS



Strong Seed. Healthy Grain.

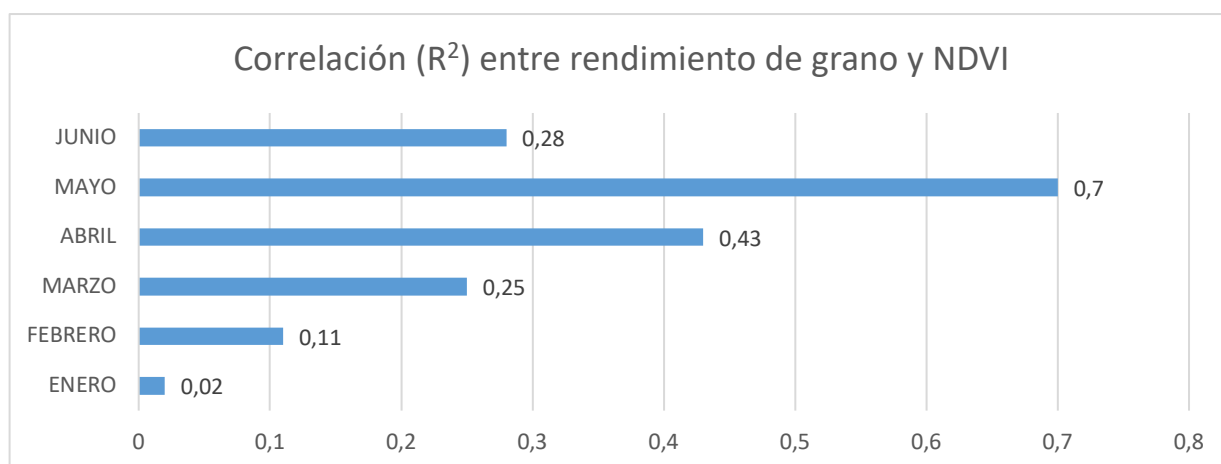


Figura 5. Distribución de la correlación (R^2) entre el rendimiento y NDVI promedio mensual de las diferentes estrategias entre enero y junio.



esto no siempre está directamente relacionado con el rendimiento final debido a posibles ajustes fisiológico. Además, cuanto más lejos está la cosecha, mayor incerteza hay en las condiciones climáticas en las que se va a desarrollar el cultivo y que tienen tanta importancia en el rendimiento de grano final.

CONCLUSIÓN

Una fertilización eficiente, ajustada al tipo, momento y forma de aplicación, es fundamental para maximizar el rendimiento de los cereales de invierno. La red de ensayos 'on-farm' de EuroChem tiene un enfoque que combina sostenibilidad y agricultura de precisión, optimizando

la producción de cereales en diferentes condiciones agroclimáticas. En el proyecto se ha demostrado una buena relación entre el NDVI y el rendimiento de grano, especialmente a medida que avanza el ciclo del cultivo. Esto confirma que el NDVI es una herramienta clave para monitorear el vigor del cultivo y predecir el rendimiento, permitiendo ajustes oportunos en las prácticas agronómicas.

Las estrategias de fertilización con ENTEC®, ofrecen ventajas significativas al reducir las pérdidas de nitrógeno y mantener su disponibilidad durante fases críticas del cultivo. Principalmente, se ha observado un mayor vigor del cultivo, medido a través del NDVI, que se ha traducido en rendimientos superiores a la fertilización convencional. Además, con ENTEC® no solo se mejora la productividad, sino que también se contribuye a una agricultura más sostenible al reducir el impacto ambiental. ■

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la beca Torres de Quevedo PTQ2020-011271/ AEI / 10.13039/501100011033 recibida por Dr. Ángel Maresma.