Primeros resultados de un ensayo de campo en Pertusa (Huesca)

Efecto de la fertilización nitrogenada en regadío

Sampériz Sarvisé, Manuel; Usón Murillo, Asunción

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza

06/11/2026

El nitrógeno es uno de los elementos de mayor importancia en la fertilización de los cultivos y su manejo condiciona tanto la producción como los costes. En el contexto actual, con precios elevados de los fertilizantes, ajustar las dosis a las necesidades reales del cultivo resulta cada vez más importante para mejorar la rentabilidad de las explotaciones. A este condicionante económico se suma la necesidad de reducir las pérdidas de nitratos al medio por lixiviación hacia las masas de agua, y de avanzar hacia los objetivos establecidos por la directiva europea [1].

Introducción

En zonas con una importante actividad ganadera, como Aragón y especialmente la provincia de Huesca, la fertilización orgánica mediante estiércoles y purines adquiere un papel relevante. Estos productos constituyen una importante fuente de nutrientes para los cultivos, pero es necesario conocer y tener en cuenta el nitrógeno que aportan a la hora de establecer posteriormente la fertilización mineral. Un ajuste inadecuado puede reducir su aprovechamiento y aumentar el riesgo de pérdidas de nitrógeno [2].

Optimizar la fertilización supone, por tanto, encontrar un equilibrio entre producción, coste y protección ambiental. Para conocer hasta dónde pueden ajustarse las aportaciones sin comprometer el rendimiento son necesarios ensayos de campo en condiciones agrícolas reales.



Figura 1. Aplicación purín porcino como fertilizante orgánico de fondo.

Datos generales

Se desarrolla un ensayo sobre una parcela agrícola de 5,5 ha de regadío por aspersión situada en Pertusa (Huesca). Las condiciones ambientales de la zona permiten implantar un sistema de doble cosecha, combinando cebada y maíz en un mismo año, lo que permite acelerar la obtención de información y evaluar el comportamiento del nitrógeno a lo largo de varios ciclos de cultivo.
El seguimiento contempla cuatro cultivos consecutivos: maíz 2025, cebada 2026, maíz como segundo cultivo en 2026 y cebada 2027. Esta sucesión permite estudiar tanto la respuesta de cada cultivo como la evolución del nitrógeno disponible entre campañas y su posible aprovechamiento por el cultivo siguiente.

La parcela dispone además de un sistema de drenaje que permite realizar un seguimiento de la concentración de nitratos lixiviados. Posteriormente, estos retornos se integran con los procedentes de otras parcelas de la zona, permitiendo comparar lo que ocurre desde la parcela hasta una escala mayor de cuenca.

Planteamiento del ensayo

Una parcela agrícola no se comporta de forma homogénea, dentro de existen zonas con diferencias en el desarrollo y la productividad de los cultivos. Esta variabilidad debe tenerse en cuenta al plantear un ensayo de fertilización, ya que una misma dosis de nitrógeno puede dar lugar a respuestas diferentes dentro de la parcela.
Para caracterizar esta variabilidad se analizó el NDVI medio de los cultivos durante los cinco años anteriores al inicio del ensayo. A partir de esta información se diferenciaron tres zonas de productividad histórica baja, intermedia y alta, que sirvieron para establecer los tres bloques experimentales y distribuir los puntos de monitorización.

Sobre este diseño se establecieron las estrategias de fertilización. Todos los tratamientos reciben una fertilización de fondo con purín porcino de cebo equivalente a 170 unidades por hectárea, que posteriormente se complementa con fertilización mineral de cobertera. Se comparan dos estrategias: la dosis mineral habitual del agricultor y una dosis reducida calculada con las necesidades del cultivo.



Figura 2. Diseño experimental.

Seguimiento de los nitratos

Una parte fundamental del estudio consiste en conocer qué ocurre con el nitrógeno que no aprovecha el cultivo y que puede ser lavado por el agua. Para

realizar este seguimiento se utilizan sensores FullStop, que permiten detectar el paso del frente de humectación y recoger una muestra del agua que circula a través del perfil [3].
Los FullStop se han instalado a 40 y 80 cm de profundidad y se encuentran distribuidos entre los diferentes bloques y estrategias de fertilización. Los 40 cm representan una zona de elevada exploración radicular, mientras que a 80 cm, aunque todavía pueden encontrarse raíces, su capacidad de exploración y aprovechamiento del nitrógeno es menor en condiciones de regadío. De esta forma, la segunda profundidad permite detectar el nitrógeno menos accesibles para el cultivo.

Cuando el agua alcanza el sensor, una parte queda retenida y la muestra se extrae mediante vacío. Posteriormente se lleva al laboratorio, donde la concentración de nitratos se determina mediante espectrofotometría, una técnica sencilla que permite obtener el valor de nitratos de forma rápida y económica.

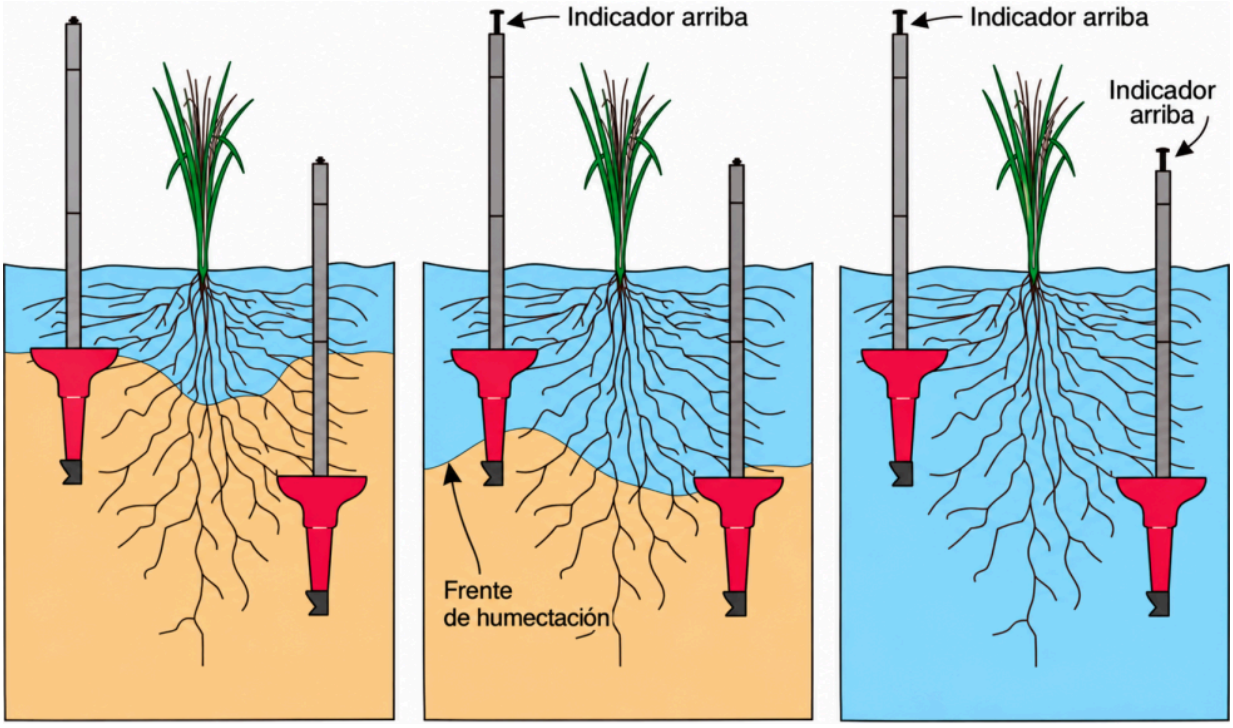


Figura 3. Funcionamiento sensores Fullstop.

¿Qué más se está midiendo?

Los FullStop proporcionan información de un lugar concreto, pero para interpretar correctamente estos datos es necesario conocer también qué sucede en el conjunto del sistema suelo—planta—agua.
Antes y después de cada cultivo se determina el contenido de nitratos en suelo, lo que permite conocer cuánto nitrógeno queda disponible al final del ciclo. En el momento de máximo desarrollo del cultivo se estudia además el sistema radicular, tomando muestras cada 10 cm hasta los 100 cm de profundidad.

El seguimiento de los nitratos se realiza también a una escala mayor. Además de los FullStop, se toman muestras en el drenaje de la parcela y en el colector de los flujos de retorno de la cuenca. Así podemos observar el comportamiento del nitrógeno a tres escalas (punto, parcela y cuenca) y comprobar si la reducción de la fertilización se traduce en una menor exportación de nitrógeno fuera de la zona cultivada.

El seguimiento se completa con imágenes de satélite e índices de vegetación, que permiten observar la evolución del cultivo, detectar de forma temprana posibles carencias y disponer de información para actuar cuando sea necesario. Finalmente, los mapas de rendimiento obtenidos con cosechadora de precisión permiten comprobar si las estrategias de fertilización terminan afectando a la producción.

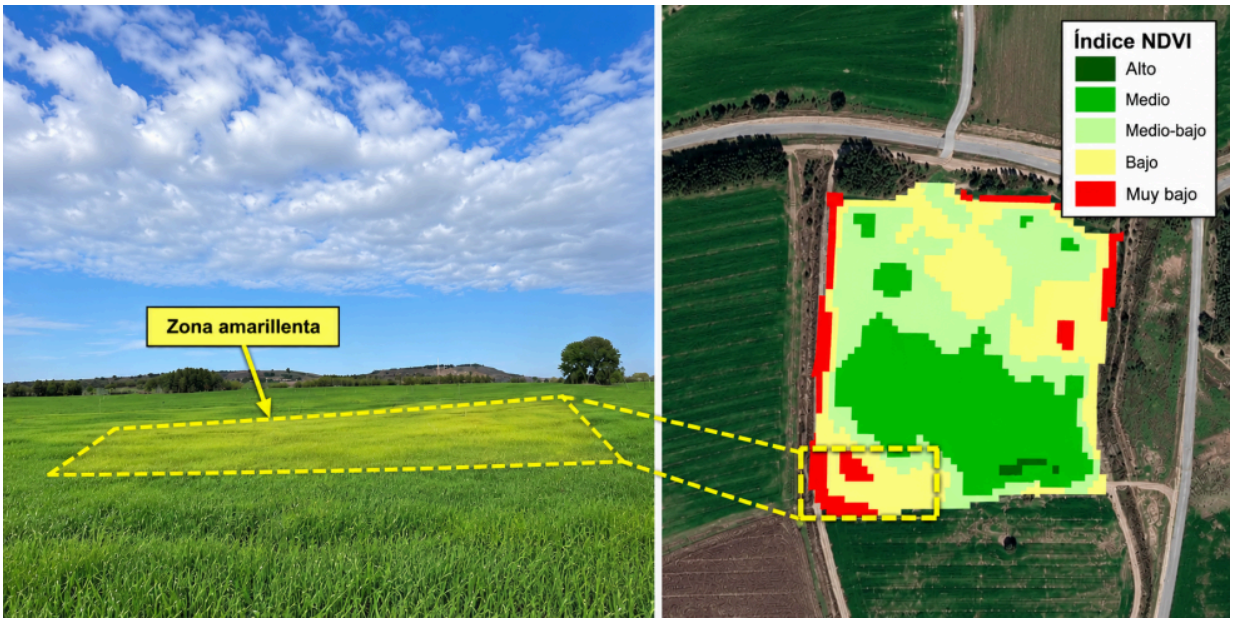


Figura 4. Variabilidad observada en campo e índice NDVI.

Primeros resultados: ¿Qué ocurre al reducir la fertilización?

Aunque el ensayo todavía está en marcha, los primeros cultivos permiten empezar a observar cómo responde el sistema ante diferentes niveles de fertilización:

Del sensor a la cuenca

El seguimiento de los lixiviados muestra una elevada variabilidad dentro de la parcela. Los sensores FullStop registran concentraciones de nitratos muy diferentes entre puntos y fechas. Al pasar al drenaje, donde se recoge y mezcla el agua procedente del conjunto de la parcela, estas variaciones comienzan a amortiguarse.

Este efecto es todavía más evidente en la cuenca. Al integrarse los retornos de una superficie agrícola mucho mayor, las concentraciones elevadas se diluyen y los valores de nitratos son generalmente menores y mucho más estables que los observados en el drenaje y, especialmente, en los sensores.

Estos resultados muestran la importancia de la escala de medida: una concentración elevada de nitratos detectada en un punto concreto del suelo no se traslada necesariamente con la misma intensidad al drenaje de la parcela ni al conjunto de la cuenca.

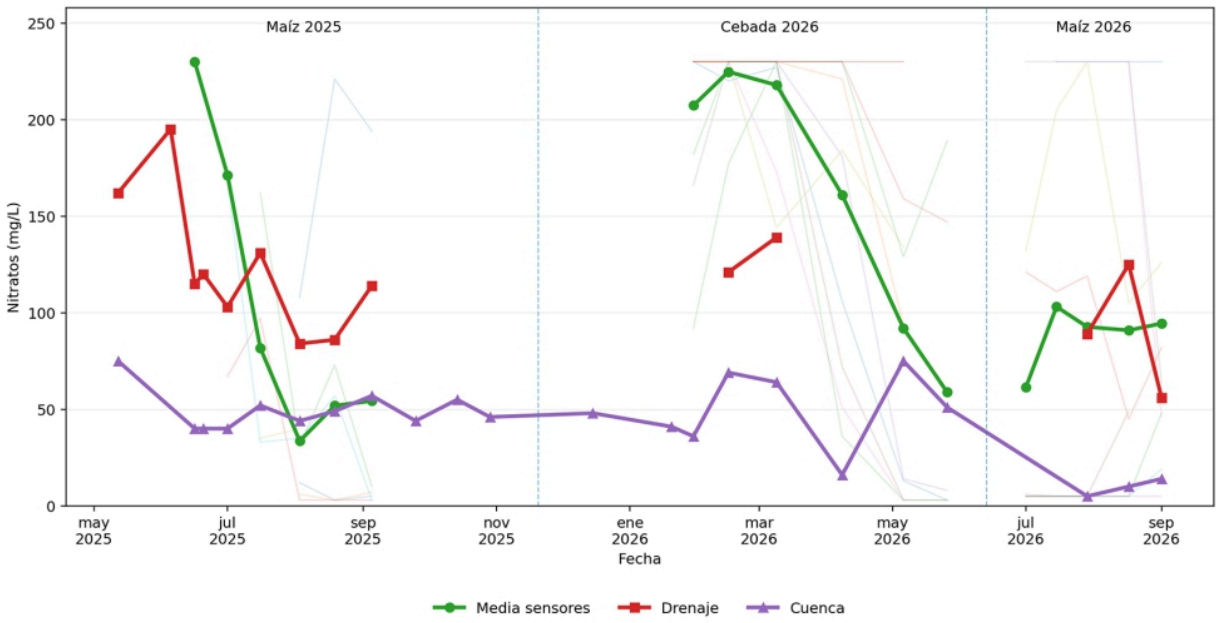


Figura 5. Evolución de la concentración de nitratos (mg/L).

¿Cambia el desarrollo de las raíces?

El seguimiento del sistema radicular muestra diferencias claras entre cultivos. La cebada presentó mayor cantidad de raíces que los dos cultivos de maíz, con presencia de raíces a lo largo de buena parte del perfil.

Al comparar las estrategias de fertilización se observa además una tendencia común en los tres cultivos: con fertilización mineral el desarrollo del sistema radicular fue menor que en las zonas sin fertilización mineral.

Este comportamiento responde a la forma en que la planta busca los nutrientes. Cuando el nitrógeno está fácilmente disponible, la planta necesita explorar menos para encontrarlo y puede destinar menos recursos al desarrollo de raíces. Cuando la disponibilidad es menor, aumenta la importancia de la exploración del suelo y el sistema radicular adquiere un papel mayor en la captación de nitrógeno.

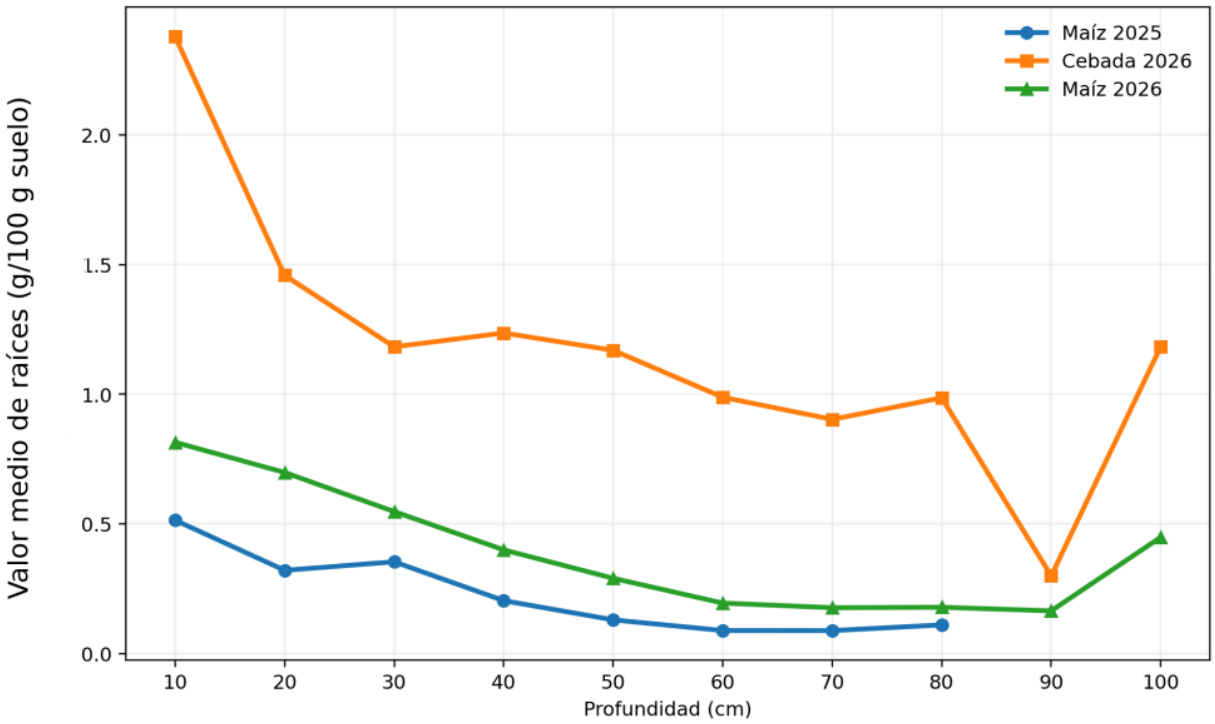


Figura 6. Distribución media del sistema radicular (g raíces /100g suelo).

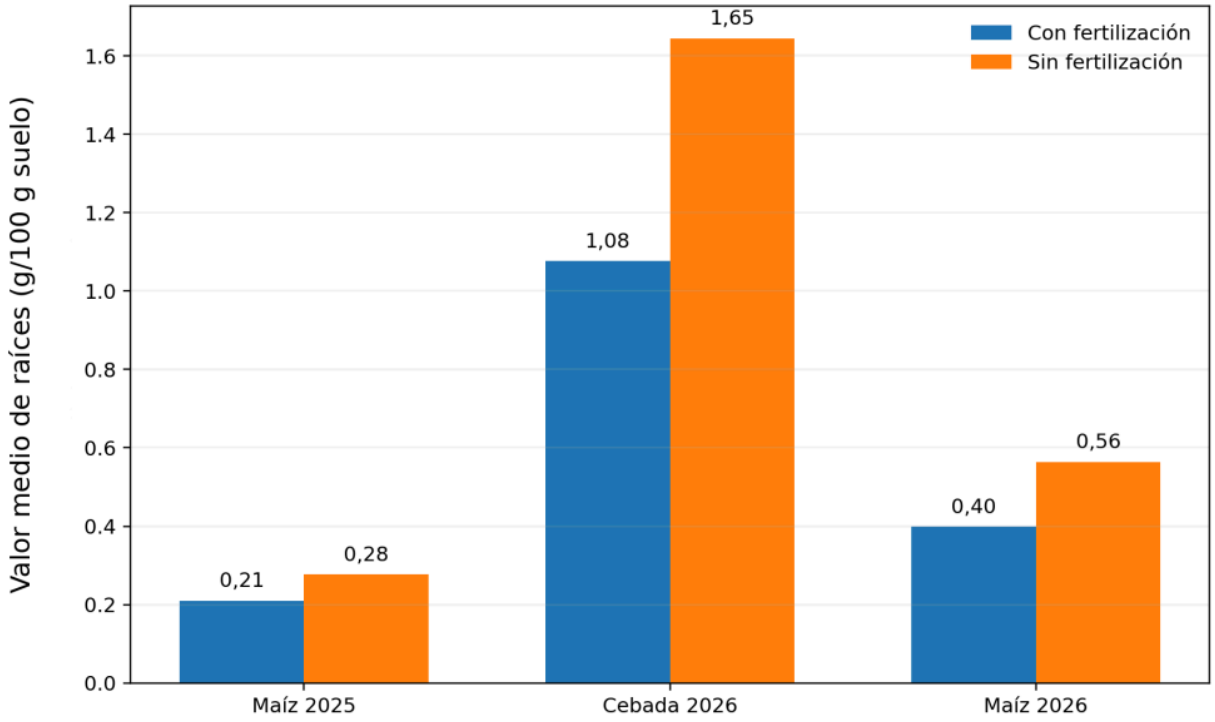


Figura 7. Desarrollo sistema radicular según fertilización (g raíces/100g suelo).

¿Qué ocurre con el rendimiento?

El rendimiento muestra una respuesta diferente a la fertilización en los dos cultivos ya cosechados. En el maíz de 2025, la fertilización mineral no produjo un aumento general de la producción. Con la fertilización mineral el rendimiento solo aumentó en la zona de mayor productividad.

En la cebada de 2026 el comportamiento fue distinto: el rendimiento fue mayor con fertilización mineral en los tres bloques, aunque la magnitud de la respuesta varió entre las diferentes zonas de la parcela.

En cualquier caso, las diferencias de rendimiento observadas son relativamente pequeñas y no siempre resultan estadísticamente significativas, por lo que estos primeros datos deben interpretarse como tendencias que habrá que confirmar a medida que avance el ensayo.

Esta diferente respuesta entre cultivos podría estar relacionada con la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, mayor al inicio del ensayo y más ajustada en el cultivo posterior.

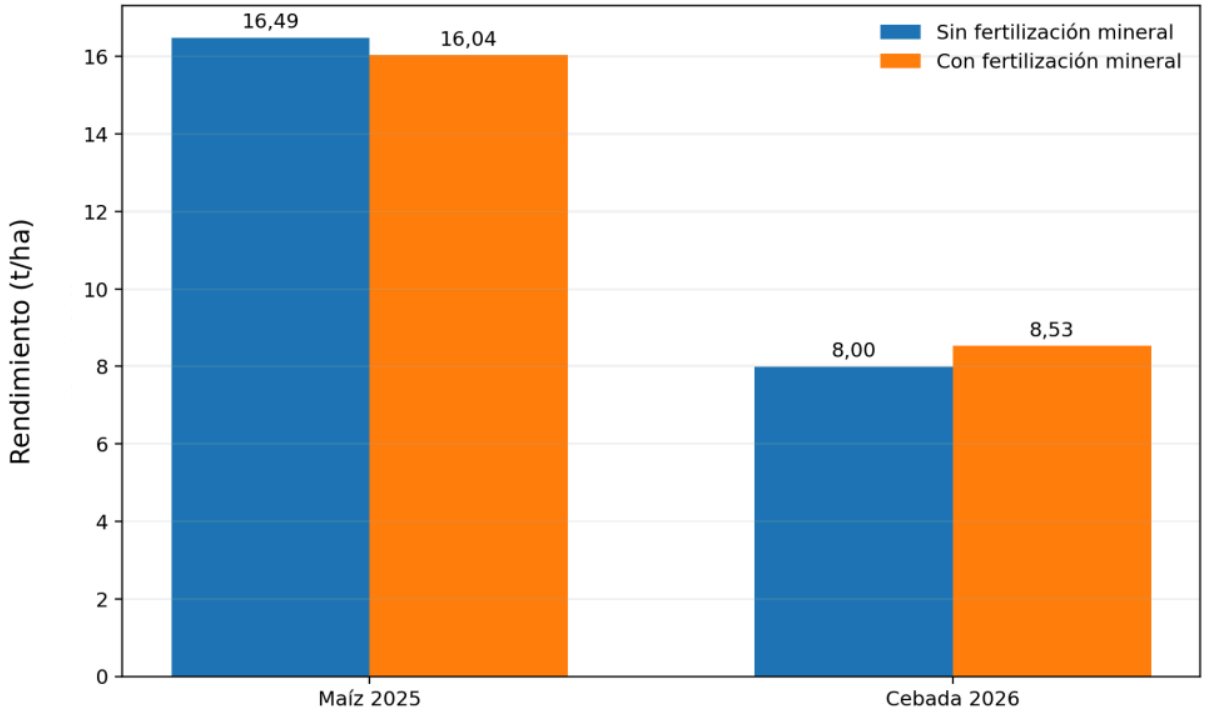
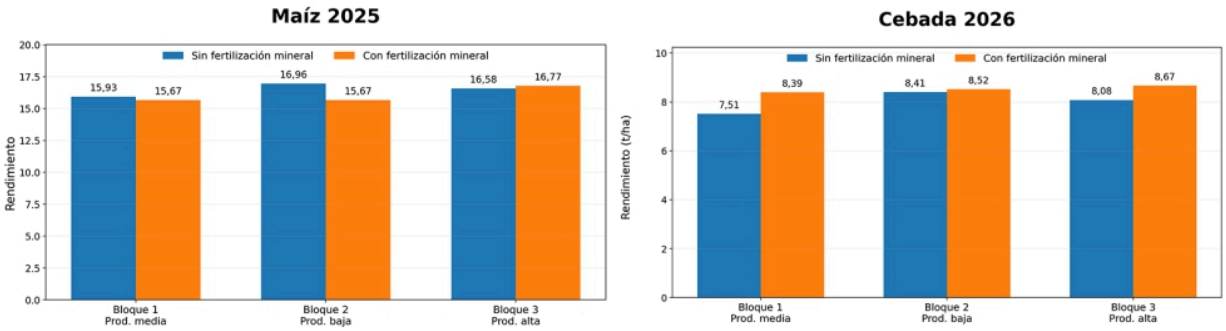


Figura 8. Rendimiento en función de la fertilización.
Figura 9. Rendimiento en función de cultivo, bloque y fertilización.



Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran diferencias en la respuesta a la fertilización entre cultivos y entre zonas de la parcela, aunque todavía deben considerarse preliminares. El ensayo se encuentra a mitad de su

desarrollo y será necesario completar los dos cultivos restantes para disponer de una visión más completa del comportamiento del nitrógeno y de su efecto sobre la producción.

Esto permitirá valorar hasta dónde es posible ajustar la fertilización nitrogenada en regadío sin comprometer el rendimiento, mejorando su aprovechamiento y reduciendo el riesgo de pérdidas por lixiviación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Consejo de la Unión Europea. 1991. Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. DO L 375, 31.12.1991, pp. 1—8.

[2] Bayes, M. y Espada, M. 2021. Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario de Aragón. V Programa de Actuación. Informaciones técnicas nº278. https://www.aragon.es/documents/20127/77519864/IT_278-21.pdf/75508d92-3c27-6b84-a9b4-182178ca961a?t=1632297149071

[3] CISRO. 2004. FullStop Wetting Front Detector. https://www.fullstop.com.au/