

# ***Optimización de la fertilización de los cereales de invierno***

**La gestión adecuada de la fertilización en la producción de cereal de invierno está determinada por varios factores que condicionan el ritmo de desarrollo de las plantas y de asimilación de nutrientes. En este artículo se revisan algunos de ellos con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y la optimización de recursos.**

**M. Videgain. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza, Campus Huesca.**

Nos adentramos en una nueva campaña agrícola de **cereal de invierno** y, como cada año, llega la toma de decisiones que nos acompañará durante todo el ciclo de cultivo. A la incertidumbre fija asociada a las condiciones climáticas, se suma este año un incremento en el precio de los fertilizantes, lo que obliga, en mayor medida, a afinar la **estrategia de fertilización** adoptada. En diferentes estudios se estima que los **fertilizantes** suponen entre el 30-40% del gasto anual de producción de cereal, no siendo proporcional al beneficio reportado por el aumento de producción. En este sentido, abordar la fertilización dentro de una estrategia continua de mejora de la fertilidad del suelo, y no como un acto puntual y aislado para cada campaña, será lo que nos permitirá optimizar a largo plazo los inputs. Para ello, será necesario tener en cuenta distintos factores.

## **Características edafoclimáticas de la explotación**

El potencial productivo de cada zona, derivado de las características edafoclimáticas y de la disponibilidad de agua de riego, es el factor que gobierna los criterios de fertilización. En ocasiones, estos criterios están adaptados a recomendaciones generalistas, aunque la experiencia del agricultor, el conocimiento que tiene de cada parcela, así como el asesoramiento técnico que recibe, ayudan a que se realicen actuaciones razonables en la mayoría de casos. Sin embargo, la adecuación de los aportes de nutrientes en condiciones de secano difiere con respecto a secanos frescos o regadíos.

Con excepciones concretas, los rendimientos anuales en **parcelas de regadío** se pueden considerar relativamente estables en el tiempo. El abanico de rotaciones de cultivo es amplio y, por lo general, los niveles de fertilidad del suelo son mayores que en secano. Todo ello facilita la toma de decisiones, y la probabilidad de éxito en la adecuación de las entradas fertilizantes es alta.



Foto 1. Cultivo de servicio: cubierta de Salsola kali en Monegrillo (Zaragoza). J. Sasot.

Pero las **condiciones de secano** están ampliamente representadas en la Península Ibérica, predominando un clima mediterráneo continental semiárido, con una alta variabilidad en las precipitaciones que afecta enormemente al rendimiento de los cultivos y al ciclo de los nutrientes en el suelo. También en los secanos frescos, el régimen hídrico puede tener una influencia mayor que las estrategias de fertilización sobre los rendimientos, lo que explica que las reservas de nutrientes del suelo y aquellos movilizados por los microorganismos resulten suficientes para mantener cosechas óptimas durante ciertos periodos de tiempo en suelos con alta aireación (Lacasta, 2010; Pérez-Redondo, 2020). En estas condiciones, la estrategia de fertilización no puede estar únicamente basada en un ajuste anual de macronutrientes. Además de no ser rentable en el tiempo, puede tener una repercusión medioambiental negativa.

En aquellos años de rendimientos bajos en los que no se hayan aprovechado los aportes aplicados, la distribución de lluvias en verano y otoño regulará el ciclo de los nutrientes en el suelo, haciendo que se lixivien ante la falta de actividad biológica en el suelo que se acusa en veranos secos. Así, la optimización de nutrientes pasa por un trabajo a fondo para mejorar la fertilidad del suelo, a nivel físico, químico y biológico. Desafortunadamente, no asistimos a un incremento sustancial en el desarrollo de variedades adaptadas a estas condiciones, y las opciones de especies a incluir en las rotaciones son muy limitadas. La mejora de la capacidad de retención de agua y la restitución de nutrientes a través de la incorporación de restos de cosecha y de cubiertas de flora arvense (**foto 1**) puede ayudar a activar biológicamente los suelos de estas zonas, haciéndolos más fértiles y resilientes a la variabilidad climática. Los aportes puntuales de materia orgánica favorecen también esta activación biológica que se traduce en una mejora del ciclo de nutrientes en el suelo, lo que permite optimizar enormemente la aplicación de fertilizantes químicos.

## **Variabilidad intraparcilaria y muestreo representativo del suelo**

La variabilidad de las propiedades del suelo a nivel intraparcilario sería otro factor a tener en cuenta para optimizar los aportes fertilizantes.

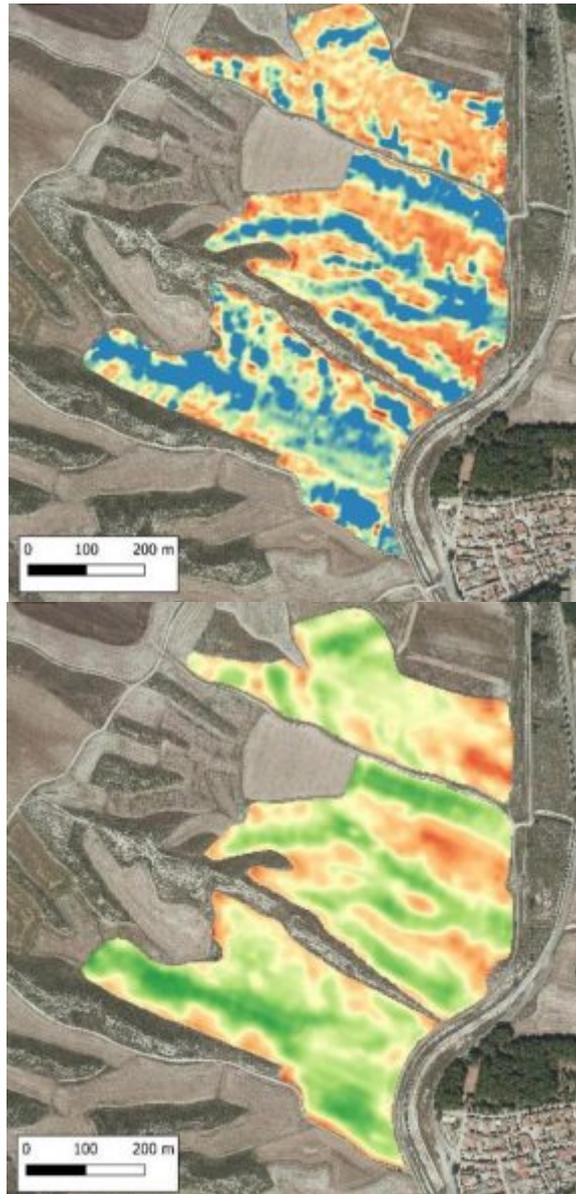
Estamos asistiendo en los últimos años a un gran avance tecnológico, la agricultura de precisión (AP) es una realidad y, aunque su adopción no está todavía generalizada, cada vez son más los agricultores y técnicos que se apoyan en las nuevas tecnologías para ajustar las dosis fertilizantes.

El **muestreo y análisis físico-químico de suelo** en cada campaña es una práctica relativamente común en las explotaciones, cuya adopción también ha sido creciente en los últimos años y su interpretación ampliamente explicada en publicaciones anteriores de esta

revista (Vida Rural: Villar *et al.*, 2018; Molina, 2016; Irañeta, 2016). Con la entrada de las nuevas tecnologías, los muestreos van un paso más allá, ya que en la actualidad tenemos la posibilidad de analizar la variabilidad intraparcularia de una manera más precisa, anteriormente basada en la observación y la experiencia en campo. Gracias a los monitores de rendimiento, los sensores de conductividad eléctrica aparente del suelo, las imágenes de satélite, o la determinación de índices de verdor in situ, podemos obtener información precisa de cada punto de la parcela, lo que ayuda a realizar los muestreos de suelo de una forma dirigida y ajustar en consecuencia las dosis fertilizantes.

Con estas herramientas se obtiene una información valiosa que define la variabilidad, pero la observación en campo y la correcta interpretación de los análisis físico-químicos siguen siendo indispensables para asociar esas diferencias de producción con diferentes propiedades y casuísticas en cada parcela.

En el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2014-2020, se está trabajando dentro de un grupo de cooperación para la puesta en práctica de técnicas de AP y el establecimiento de protocolos de toma de decisiones para prescripciones de dosis variables de insumos sitio-específicas. En el primer año de trabajo, una de las conclusiones obtenidas es la alta correlación entre los mapas de **variabilidad de conductividad eléctrica aparente del suelo** (relacionada con diferentes propiedades del mismo) y los **mapas de índices de vegetación del cultivo (figura 1)**.



**Figura 1. Mapa de conductividad eléctrica aparente del suelo (izda) y mapa de índice de vegetación del cultivo NDVI (dcha) en parcelas de Valsalada (Huesca). Minuesa, 2021.**

Aunque el número de empresas de servicios que realizan el **mapeo de la conductividad eléctrica** aparente del suelo está en aumento, el beneficio reportado por este tipo de estudios dependerá de las características de cada explotación; en este sentido, la obtención de mapas de rendimiento, o el seguimiento de imágenes de satélite cada día están más presentes, con aplicaciones específicas de fácil manejo para técnicos y agricultores que ofrecen información valiosa a tener en cuenta en el manejo de las parcelas.

Es importante recalcar la importancia de utilizar estas fuentes de información adecuadamente, como referencia para realizar muestreos de suelo dirigidos y observaciones in situ que serán los que permitan afinar la información y establecer los mapas de prescripción variable para la optimización de insumos.

Las opciones que encontramos en **abonadoras de nueva generación** para trabajar de esta forma sitio-específica cada vez son más amplias (**foto 2**). Sin embargo, parece que la tecnología está un paso por delante de la información que llega al usuario para su correcta utilización, haciéndose imprescindible un asesoramiento también específico para cada agricultor y cada explotación que ayude a rentabilizar la tecnología adquirida.



Foto 2. Aplicación de dosis variable de fertilizante en fondo.

Cuando se realicen análisis de suelo, es importante asegurar su representatividad. Es necesario relacionar los resultados con el resto de información de la parcela, relativa al manejo, rotaciones, producciones, degradación de restos de cosecha, etc. No siempre es posible realizar análisis anualmente, además no es necesario para aquellas variables que varían poco o nada con el paso del tiempo (pH o textura). En el caso de parcelas de cereal, es posible realizar un cálculo aproximado de extracciones y aportes durante varias campañas, y analizar el suelo en intervalos de tiempo que permitan evaluar la tendencia a la mejora o deterioro de la fertilidad de nuestro suelo. En caso de aportes orgánicos, se debe analizar la enmienda o, al menos, tener en cuenta datos tabulados de los aportes realizados.

## Evaluar la campaña agrícola anterior

Es de gran importancia considerar los aportes o extracciones de la campaña anterior. Si se ha rotado con leguminosas, tener en cuenta el objetivo que se buscó con esa rotación; si el objetivo fue la producción de grano y se abonó en consecuencia, no sobreestimar los aportes de nitrógeno de ese cultivo, puesto que, si estaba fertilizado, puede que fueran muy bajos o nulos. En el caso de aportes de residuos de cosecha de cereal, se han de valorar las cantidades de nutrientes restituidos en función del rendimiento. ¿Se ha deshecho toda la paja a lo largo del periodo estival y otoñal? ¿La he incorporado o la mantengo en superficie para sembrar directamente? Es necesario mantener una correcta relación carbono/nitrógeno que dependerá de la actividad biológica del suelo (condicionada por la disponibilidad de agua). Los aportes de materia orgánica son positivos y mejoran la calidad del suelo, pero si se acumula materia orgánica y no se activan los mecanismos para su mineralización, podemos encontrarnos con problemas de “hambre de nitrógeno” en el ciclo de cultivo posterior.

## Fuente de nutriente, dosis, forma y aplicación

Analizando la información anterior, llega la toma de decisiones. Existe una amplia gama de fertilizantes a disposición del agricultor, a pesar de que siempre destacan los llamados *commodities* a nivel de comercialización, por su precio y rutina en la recomendación. No obstante, cada vez son más los agricultores que optan por **fertilizantes de “eficiencia mejorada”** (con inhibidores de la nitrificación, de la ureasa, fertilizantes recubiertos, diferentes fuentes azufradas, etc.). También los **biofertilizantes** se están abriendo camino en los últimos años, con resultados muy variables en el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, y hongos micorrícicos arbusculares (HMA).

Resulta paradójico que se planteen, por un lado, productos que inhiben la actividad de los microorganismos y, por otro lado, productos que se basan precisamente en ella. El interés de cualquier producto de este tipo viene determinado por condiciones concretas, tanto meteorológicas como del tipo de suelo y pueden resultar efectivos para la optimización de nutrientes puntualmente, sin olvidar que **la estrategia realmente efectiva es la de fomentar la actividad biológica propia de cada suelo**, aspecto que se empieza a tener en cuenta en las formulaciones de fertilizantes de algunas empresas.

Desde la Escuela Politécnica Superior de Huesca se desarrollan, en colaboración con el Centro de Sanidad y Certificación Vegetal del Gobierno de Aragón y diferentes empresas, ensayos para la evaluación de productos fertilizantes innovadores. Tanto en campo (**foto 3**), como en condiciones controladas de invernadero, se evalúa el interés de muchos de estos productos para facilitar la toma de decisiones de técnicos y agricultores.



Foto 3. Ensayo de estrategias de fertilización en Sádaba (Zaragoza).

Este tipo de **ensayos anuales** contribuye a la transferencia de información sobre tecnologías concretas e interesantes para una zona, pero son los ensayos de larga duración los que permiten afinar estrategias en zonas edafoclimáticas concretas. En los ensayos realizados en la pasada campaña, tanto de fertilizantes como de variedades, se ha constatado un alto porcentaje de micorrización (natural) de las plantas cultivadas en diferentes ambientes, lo que alienta a trabajar en las posibilidades de optimización de nutrientes que nos pueden ofrecer estos microorganismos (como es el caso del fósforo).

**Ninguna formulación se va a adecuar exactamente a las necesidades concretas de nutrientes de un suelo.** Una vez revisados e interpretados los análisis, es recomendable elegir aquella formulación que más se aproxime a nuestras necesidades y calcular la dosis correspondiente teniendo en cuenta las extracciones medias para el rendimiento esperado en cada zona, a ser posible teniendo en cuenta experiencias locales de larga duración.

Por lo general, en el caso del nitrógeno se suele aplicar entre un 20% y un 25% de las **unidades fertilizantes nitrogenadas en presembrado**, cuando se constatan niveles bajos en ese momento. En ocasiones se podría prescindir de esta aplicación nitrogenada en fondo, ya que las necesidades del cultivo en etapas tempranas son bajas y si el otoño ha sido lluvioso se ha podido fomentar la mineralización de la materia orgánica. En el caso de abonos orgánicos, el porcentaje de aplicación en fondo puede ser algo superior, recomendándose en ese momento la aplicación de abonos sólidos, al contrario de los líquidos, cuya aplicación está más recomendada en cobertera por la mayor facilidad de asimilación de nutrientes. El resto hasta completar las unidades fertilizantes se aplica en cobertera (entre los estadios de ahijado y encañado).

El **fraccionamiento de la cobertera** puede resultar de interés, siempre y cuando se disponga de la maquinaria adecuada para realizar aplicaciones tardías sin dañar el cultivo. El efecto del fraccionamiento no siempre es significativo sobre el rendimiento (Villar *et al.*, 2018), si bien permite alcanzar mayores niveles de proteína en grano, adecuar los niveles de nitrógeno a los requerimientos de la planta y optimizar la dosis total ante la incertidumbre pluviométrica.

Atendiendo a las formulaciones disponibles en el mercado para las aplicaciones en fondo, es lógico pensar que existe un gran desajuste en la aplicación de **fósforo y potasio**, puesto que en muchas ocasiones se selecciona el tipo de fertilizante en función de los requerimientos de uno de los nutrientes y se fertiliza por exceso o por defecto el resto. A ello se suma que la eficiencia en el aprovechamiento de fósforo y potasio es muy baja (15-20% de lo aportado), por lo que existe un amplio margen de actuación para la optimización de estos nutrientes.

En general, se deberían restituir en el suelo en función de las **extracciones**. En zonas de secano árido/semiárido con disponibilidad de aportes de abonos orgánicos (el purín sería el ejemplo de la zona del Valle del Ebro), los niveles de estos nutrientes se mantienen con aplicaciones esporádicas de abonos de este tipo, así como devolviendo al suelo los restos de cosecha. Además, la **aplicación de abonos orgánicos** ayuda a restituir el resto de los catorce nutrientes esenciales que necesitan las plantas. Es en condiciones de secanos frescos y de regadío en las que se justifica en mayor medida la aplicación de fósforo y potasio a través de fertilizante químico en presiembra, debiéndose respetar siempre las analíticas de suelo para evitar la sobrefertilización.

Por último, en cuanto a la forma y la aplicación, en el caso de fertilizantes químicos en formato sólido, es conveniente utilizar productos de morfología homogénea para favorecer la correcta aplicación en campo. Además, el correcto calibrado de los equipos de aplicación resulta fundamental para asegurar la distribución homogénea del producto cuando se aplica en superficie. En el caso de fertilizantes localizados en la línea de siembra, se tendrá en cuenta la composición del producto, reduciendo las dosis convencionales y teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante para evitar fitotoxicidades.

Los fertilizantes líquidos facilitan la distribución homogénea, suele ser el caso de aplicaciones en cobertera, en las que se deberá contar con un equipo apropiado para realizar las aplicaciones dirigidas al suelo, evitando la pérdida de producto encima de las plantas (si no se trata de abonos foliares) y teniendo en cuenta el factor climático para evitar pérdidas por volatilización de nitrógeno.