

Implementant la fertilització variable en cultius extensius: del mapa de prescripció a l'aplicació en camp

jul. 30, 2026 |

Habitualment la fertilització dels cultius es fa aplicant la mateixa dosi d'adob a tota la parcel·la. Tot i que és una pràctica senzilla, no té en compte que dins d'un mateix camp els sòls poden presentar diferències importants de textura, humitat o profunditat, característiques que n'afecten el potencial productiu. Això fa que les necessitats reals de nutrients no siguin les mateixes a tot arreu.

Com a conseqüència, algunes zones poden rebre més fertilitzant del que realment necessiten, incrementant costos i augmentant el risc de pèrdues de nutrients amb el consegüent impacte sobre el medi ambient. En canvi, les zones amb més capacitat productiva poden quedar insuficientment fertilitzades, limitant el seu rendiment.

La fertilització variable és una de les principals eines de l'agricultura de precisió per donar resposta a aquesta problemàtica. El seu objectiu és molt senzill: aplicar la dosi adequada de fertilitzant a cada zona de la parcel·la segons les seves necessitats.

En moltes comarques, els fertilitzants orgànics són molt abundants i més utilitzats que els sintètics per la fertilització dels cultius extensius. Per tant, és d'especial interès poder implementar les tecnologies de fertilització variable amb adobs orgànics, malgrat que aquestes tecnologies es troben molt menys esteses per l'aplicació d'aquests productes que per la de fertilitzants minerals. Per aquests productes, s'han d'utilitzar equipaments especialitzats per a l'aplicació d'aquests adobs, si bé els passos a seguir per realitzar les prescripcions i carregar-les al tractor no es veuen afectats pel tipus de fertilitzant que s'acaba utilitzant.

Com es fan les prescripcions

L'aplicació variable de fertilitzants es basa en l'elaboració de mapes de prescripció que divideixen la parcel·la en zones de maneig homogènies segons les característiques del sòl i/o

del cultiu. A cadascuna d'aquestes zones se li assigna una dosi específica de fertilitzant que l'equip d'aplicació interpreta automàticament durant el treball per ajustar la quantitat distribuïda en cada punt de la parcel·la.

Per caracteritzar, i posteriorment categoritzar, les diferències intrínseques dels sòls de la parcel·la es poden utilitzar diferents tècniques i criteris. Les millors pràctiques es basen en la combinació de diferents fonts d'informació que, combinades, descriuen el comportament del cultiu i les característiques del sòl.

Una de les fonts més rellevants són els mapes de rendiment generats per les recol·lectores equipades amb sensors (Figura 1), que enregistren la producció obtinguda a cada punt durant la collita. Quan s'analitzen les dades de diverses campanyes és possible identificar patrons productius que es mantenen al llarg del temps i distingir-los de les variacions provocades per les condicions meteorològiques d'un any concret. Aquesta informació es pot complementar amb els mapes de conductivitat elèctrica del sòl, obtinguts mitjançant sensors d'inducció electromagnètica (Figura 2), que permeten detectar diferències relacionades amb la textura, el contingut d'humitat o la profunditat del sòl. La interpretació d'aquests mapes és encara més precisa quan es combina amb anàlisis de sòl realitzades al laboratori.

Una altra eina de gran utilitat són les imatges de satèl·lit, per exemple les procedents de Sentinel-2, a partir de les quals es poden calcular índexs de vegetació com l'NDVI (Figura3). Aquests índexs permeten avaluar el vigor del cultiu al llarg del seu cicle i identificar les diferències existents dins de la parcel·la. Per obtenir una visió més representativa de la variabilitat és recomanable analitzar imatges de diferents moments del cultiu i de diverses campanyes. La integració de totes aquestes fonts d'informació proporciona una caracterització molt completa de la variabilitat agronòmica de la parcel·la, que constitueix la base per elaborar mapes de prescripció de la fertilització. Aquests mapes defineixen zones homogènies de maneig i assignen a cadascuna la dosi de fertilitzant més adequada, afavorint una gestió més eficient dels nutrients.



Figura 1. Recol·lectora equipada amb sensor de rendiment. A la dreta, imatge en detall del

monitor de la recol·lectora, on es visualitzen en temps real les dades recollides per la màquina.



Figura 2. Sensor d'inducció electromagnètica utilitzat en l'elaboració de mapes de sòl, en plena operació, muntat en un trineu i desplaçat per un camp utilitzant un quad.

Una altra eina de gran utilitat són les imatges de satèl·lit, especialment les procedents de Sentinel-2, a partir de les quals es poden calcular índexs de vegetació com l'NDVI (Figura 3). Aquests índexs permeten avaluar el vigor i el desenvolupament del cultiu al llarg del seu cicle i identificar les diferències existents dins de la parcel·la. Per obtenir una visió més representativa de la variabilitat és recomanable analitzar imatges de diferents moments del cultiu i de diverses campanyes.

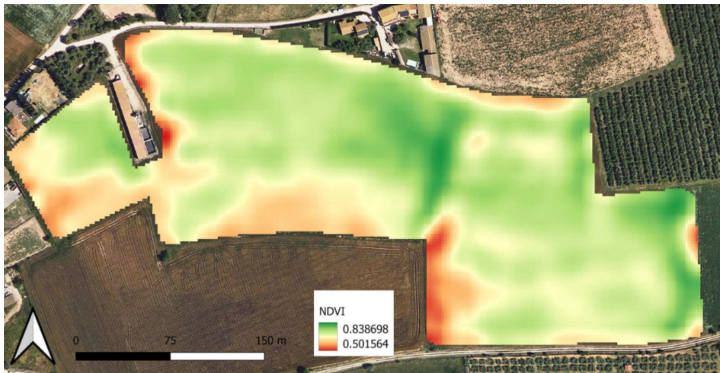


Figura 3. Índex de vegetació NDVI a partir d'una imatge de satèl·lit Sentinel, suavitzat mitjançant algoritmes.

La integració de totes aquestes fonts d'informació proporciona una caracterització molt completa de la variabilitat agronòmica de la parcel·la, que constitueix la base per elaborar mapes de prescripció de fertilització. Aquests mapes defineixen zones homogènies de maneig i cal assignar a cadascuna la dosi de fertilitzant més adequada, afavorint una gestió més eficient dels nutrients.

Transferir la informació al monitor de l'aplicador

El mapa d'aplicació generat s'ha de carregar al terminal de l'equip per a poder realitzar les aplicacions (Figura 4). Això es fa o bé a través d'internet, si l'equip ho permet, o bé mitjançant una memòria USB. La majoria de serveis en línia i de programari especialitzat permetran exportar directament les dades en formats compatibles amb els monitors. El format més habitualment acceptat és el "shape" (tres arxius: .shp, .shx, .dbf). En funció del monitor aquests s'hauran d'aportar comprimits dins un únic arxiu (.zip) o dins una carpeta amb un nom específic (p.ex.: Rx). Alguns monitors treballen en "isoxml" (.xml), encara que aquest format és menys comú. En qualsevol cas, el com s'ha d'aportar la informació que es posa en un USB dependrà del monitor, i es poden trobar les especificacions buscant a internet o bé contactant amb el concessionari corresponent.

Durant l'aplicació, de forma automàtica el sistema determina la seva posició amb precisió centimètrica gràcies al GPS amb correcció RTK i ajusta la dosi aplicada en cada punt de la parcel·la segons la informació continguda en el mapa de prescripció.

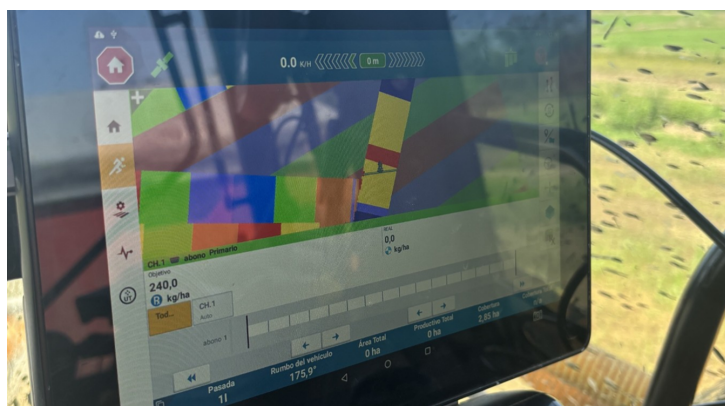


Figura 4. Exemple de mapa de prescripció vist des del terminal de l'equip d'aplicació.

Aplicació variable de fertilitzants per augmentar l'eficiència d'ús del nitrogen: un exemple.

En aquest exemple, es mostra una aplicació variable realitzada en un camp d'unes 6 hectàrees de la zona de Montargull, dins del municipi d'Artesa de Segre, on aquesta campanya s'hi ha cultivat blat.

La zonificació d'aquest camp es va realitzar mitjançant imatges espectrals recollides en els moments de màxim vigor (proper a la floració) del cereal de les últimes 5 campanyes, utilitzant la eina SATIVUM. Amb aquesta informació es va obtenir el mapa d'aplicació de la Figura 5.

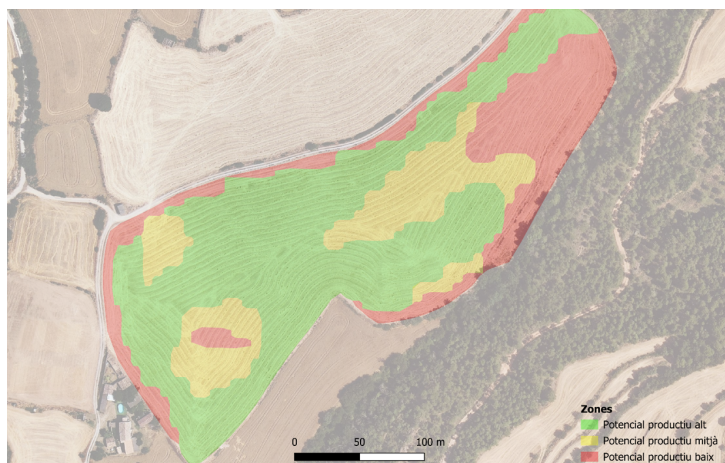


Figura 5. Zonificació de la parcel·la demostrativa d'aplicació variable de Montargull (Artesa de Segre).

Treballant amb una producció objectiu de 5 tones de gra de blat per hectàrea, es va establir que es necessiten aproximadament 150 kg N/ha. I es va planificar l'aportació d'aquesta quantitat de N en la zona de potencial productiu mitjà (color groc), de 170 kg N/ha en la zona amb potencial productiu alt (color verd) i de 130 kg N/ha en la zona amb potencial productiu baix (color vermell).

Aquest nitrogen es va aportar de forma fraccionada: Una primera aplicació en fons, on es va aplicar purí de porc en dosis de 60, 80 i 100 kg N/ha segons el potencial productiu (aplicant més purí allí on el potencial productiu és més alt) i una aplicació posterior de cobertura única i homogènia de 70 kg N/ha, també amb purí de porc, per aportar les dosis de N planificades en cada zona i que cobreixen les necessitats agronòmiques del cultiu.

En el moment de la collita es va obtenir un mapa de rendiment (**més informació sobre mapes de rendiment**) per estudiar com les diferents dosis aplicades han afectat la producció del cultiu (Figura 6).

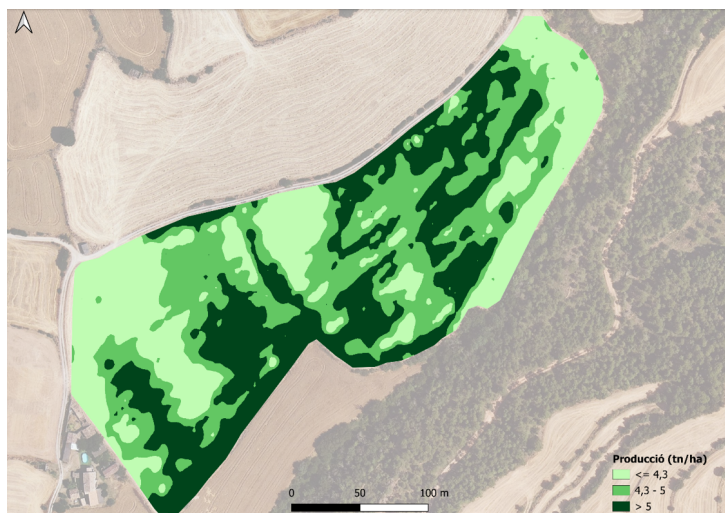


Figura 6. Mapa de rendiment obtingut a la parcel·la demostrativa de fertilització variable de Montargull (Artesa de Segre) en la campanya 2025-26.

El rendiment més alt s'ha obtingut (Figura 7) en la zona amb major potencial productiu. Aquest rendiment més elevat no es deu únicament a la dosi més elevada de fertilitzant aplicada en aquesta zona, si no que també està causat pel major potencial productiu propi del sòl en aquesta part. En les altres dues zones -de menor potencial productiu- el rendiment ha estat similar, malgrat que les dosis aplicades han estat diferents (Figura 7).

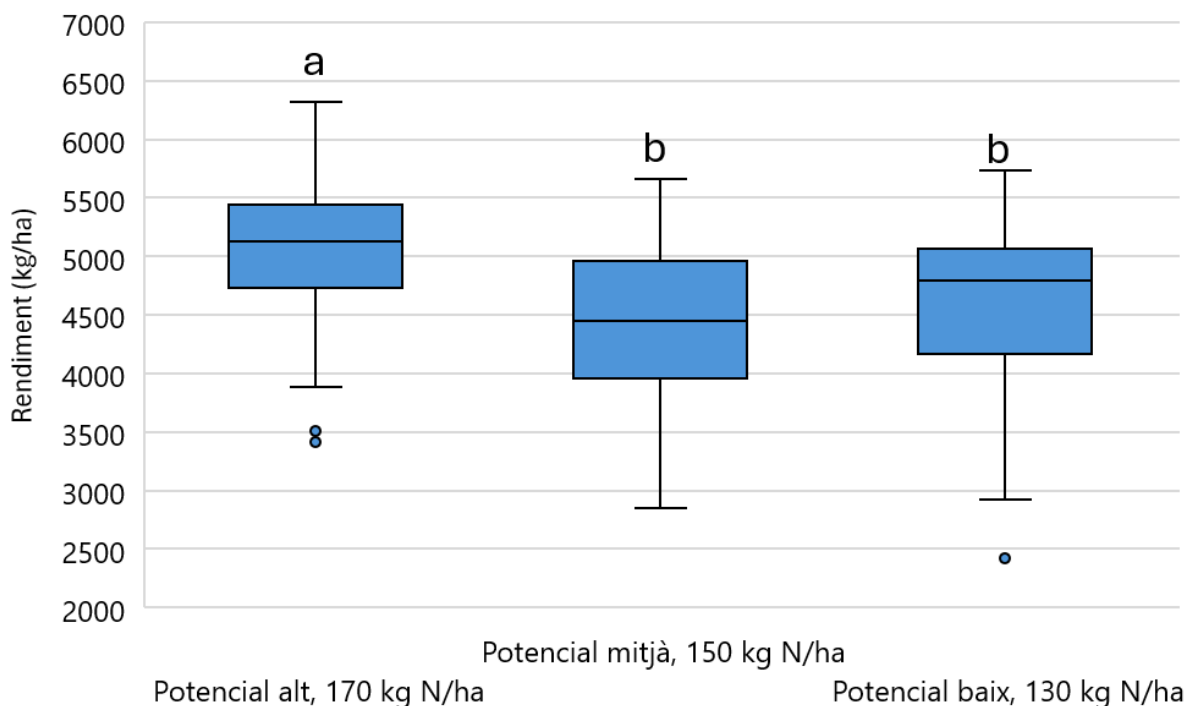


Figura 7. Rendiment (kg de gra de blat/ha) obtingut en les diferents zones d'aplicació de la parcel·la demostrativa de fertilització variable de Montargull (Artesa de Segre) en la campanya 2025-26.

Com s'ha comentat més amunt, un dels objectius de la fertilització de precisió és augmentar l'eficiència en l'ús dels nutrients. En la Figura 8 es mostra l'eficiència en l'ús del nitrogen assolida en cada zona de la parcel·la. S'observa que l'eficiència es manté igual (respecte la zona de potencial mitjà) quan s'augmenta la dosi aplicada en la zona amb potencial productiu alt. S'aplica una dosi més alta de N però també s'obté un augment del rendiment. Sí que s'ha vist un augment de l'eficiència en l'ús del N en la zona amb un potencial productiu més baix (Figura 8) ja que es redueixen les aportacions de N, però es manté la producció respecte la zona amb un potencial productiu mitjà (Figura 7).

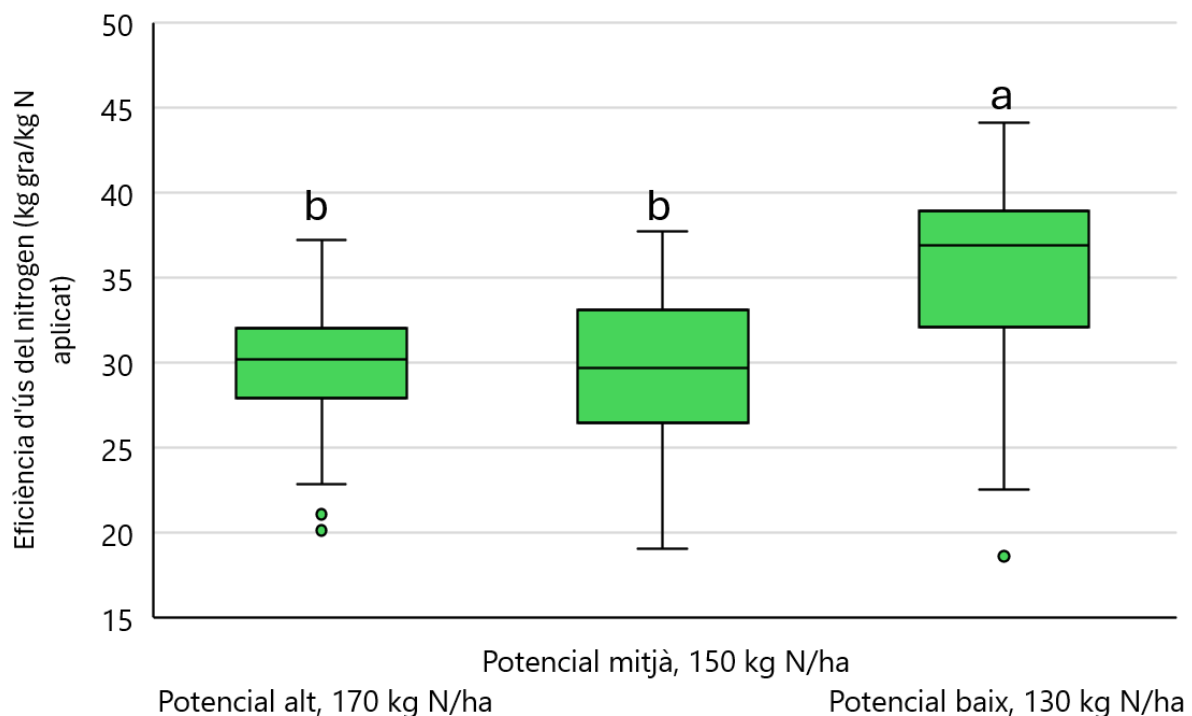


Figura 8. Eficiència d'ús del nitrogen en les diferents zones d'aplicació de la parcel·la demostrativa de fertilització variable de Montargull (Artesa de Segre) en la campanya 2025-26.

Missatge principal

Conèixer les zones amb major i menor potencial productiu de la parcel·la permet ajustar les dosis que s'apliquen al cultiu en cada zona i un millor aprofitament dels nutrients, sense condicionar la producció, augmentant l'eficiència en l'ús dels fertilitzants. Al mateix temps es poden reduir els costos econòmics, amb el consegüent estalvi, i les afectacions ambientals que la fertilització comporta.

Per a més informació sobre la importància i l'ús de l'aplicació variable d'adobs, es pot

consultar el vídeo següent:

<https://youtu.be/6kHK9uRpJug?si=oRdMIqKEWjUquNX5>

Agraïments

A la Cooperativa Agropecuària d'Artesa de Segre SCLL per la seva col·laboració i suport, i especialment a en Josep M^a Puigpinós per prestar-se a realitzar l'estudi als seus camps i per la comprensió i la confiança en els moments crítics de la campanya.



Aquesta actuació ha comptat amb el finançament de:

Plans per la millora de la fertilització agrària a les Comarques Gironines, el Vallès i Osona.



**Generalitat
de Catalunya**



Oficina de fertilització i tractament
de dejeccions ramaderes

FERTI-ORG-PRECÍS - Eines per una fertilització orgànica de precisió ajustada a les necessitats reals dels cultius extensius. Activitat cofinançada per la UE a través de la intervenció 7201 del Pla estratègic de la PAC 2023-2027.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



**Generalitat
de Catalunya**



**Cofinançat per
la Unió Europea**

LIFE FERTI-WISE LIFE24-GIE-ES-LIFE FERTI-WISE (Project 101215801) - *Ampliación del uso de herramientas de gestión de nutrientes para la gobernanza de la estrategia “de la granja a la mesa” mediante experimentos “On-Farm”.*



FERTI WISE



**Cofinanciado por
la Unión Europea**

AUTORS

PAU SOLÉ

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

GERARD MASFERRER

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

MARIA ROSSELL

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

GONÇALO NASCIMENTO

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

FRANCESC DOMINGO

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

PERE SOLÀ

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

ALINA FONT

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

LAIA LLADÓ

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles

ELENA GONZÁLEZ

IRTA – Programa de Cultius Extensius
Sostenibles