

La reducción del lavado de nitratos pasa por la mejora del manejo del agua y de la fertilización, ajustando al máximo las necesidades

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL NITRÓGENO MEDIANTE MONITORIZACIÓN DEL AGUA DE DRENAJE DE UNA ZONA REGABLE

Víctor Altés¹, Ingeniero Agrónomo
Miquel Pascual², Doctor Ingeniero Agrónomo
Josep Maria Villar¹, Doctor Ingeniero Agrónomo

¹Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo, Universidad de Lleida, 25003, Lleida

²Departamento de Hortofructicultura, Botánica y Jardinería, Universidad de Lleida, 25003, Lleida

En el escenario actual de incertidumbre y alza de precios de los productos agrícolas es necesario realizar un manejo adecuado de la maquinaria, el agua o los fertilizantes. A lo largo de este artículo se presenta una metodología para la evaluación de la gestión del nitrógeno en una zona regable, con una combinación del conocimiento de los agricultores y técnicos de la zona a estudiar con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los datos abiertos de mapas de cultivos. De este modo es posible conocer cómo se está realizando la fertilización y si ésta tiene margen de mejora. Se presenta un ejemplo práctico, así como referencias a estudios realizados de este tipo.

INTRODUCCIÓN

La implementación del riego en zonas con pluviometrías bajas proporciona altos rendimientos, mayores beneficios económicos y ayuda al desarrollo rural. No obstante, la contaminación por lixiviación de nitratos es uno de los problemas de mayor importancia en dichas áreas, con pérdidas económicas para los agricultores e impactos en los ecosistemas aguas abajo. La principal herramienta con la que se cuenta para minimizar esas pérdidas es el correcto manejo de la fertilización y el riego en dichas áreas, ya sea ajustando las dosis de nitrógeno a las estrictamente necesarias, realizar análisis de suelos o aportar riegos con mayor frecuencia y menor dosis. Conocer con precisión qué está pasando en el complejo suelo-agua-planta es de gran utilidad para mejorar dicho manejo. La moni-



torización es una herramienta muy útil para obtener dicha información. En el presente artículo se presenta una metodología para la evaluación de la gestión del nitrógeno mediante la monitorización del agua de drenaje de las zonas regables, la cual es la responsable del transporte de los lixiviados más allá de las cuencas de riego. Conociendo las concentraciones de nitrato que contiene dicha agua, así como los caudales de salida podremos conocer las exportaciones correspondientes a la lixiviación. Si conocemos las exportaciones producidas por los cultivos, la presencia de nitratos en el suelo y las aplicaciones de fertilizante realizadas anualmente, podremos conocer cual es la eficiencia de la cuenca en cuestión y si hay posibilidad de mejorarla.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para conseguir un buen monitoreo de los datos y que estos tengan validez, es fundamental la colaboración entre todos los agentes implicados (agricultores, técnicos de la comunidad, investigadores, laboratorios, etc.).

Cabe en primera instancia conocer la superficie con la que trataremos (2.1.); posteriormente será necesario conocer los inputs de nitrógeno que existan en la zona, así como los valores de nitratos en el suelo y los rendimientos o exportaciones de nitrógeno de los cultivos (2.2.); por otro lado, la monitorización del drenaje (2.3.) nos ayudará a cerrar el balance del nitrógeno (2.4.) y conocer así la eficiencia de nitrógeno en la zona de estudio.

2.1. Uso de sistemas de información geográfica

En primera instancia es necesario definir la cuenca de drenaje en la que se va a trabajar. La mayoría de las zonas regables de España cuentan con sistemas de drenaje, ya sea artificiales, realizados durante una hipotética concentración parcelaria, como naturales, siendo los barrancos (torrentes, arroyos o clamores) existentes previamente a la implementación del riego. Estos canales son los flujos preferentes de agua, así que serán los caminos principales que seguirá el agua, no solo cuando ocurran epi-

sodios de lluvia, sino también cuando haya un exceso de agua de riego. En ese caso, el agua pasará a través del suelo saturado y se llevará con ella sales y otros elementos como pueden ser nitratos, hasta llegar a un punto de flujo preferente, y finalmente a dicho barranco o torrente.

Dichos canales son quienes definen la cuenca como tal, y será en el punto final de esos barrancos donde realizaremos la monitorización. Hay dos opciones para monitorizar aguas de drenaje: realizarlas a nivel de parcela, en caso de que existan drenajes artificiales o a nivel de cuenca de drenaje. En este artículo nos centramos en este último caso, pero la metodología es comparable a nivel de parcela (con drenajes instalados) si se quiere conocer a nivel más detallado el manejo del nitrógeno.

La delimitación de la cuenca se realiza mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Hay programas tales como QGIS totalmente gratuitos. Los inputs necesarios para seguir con la



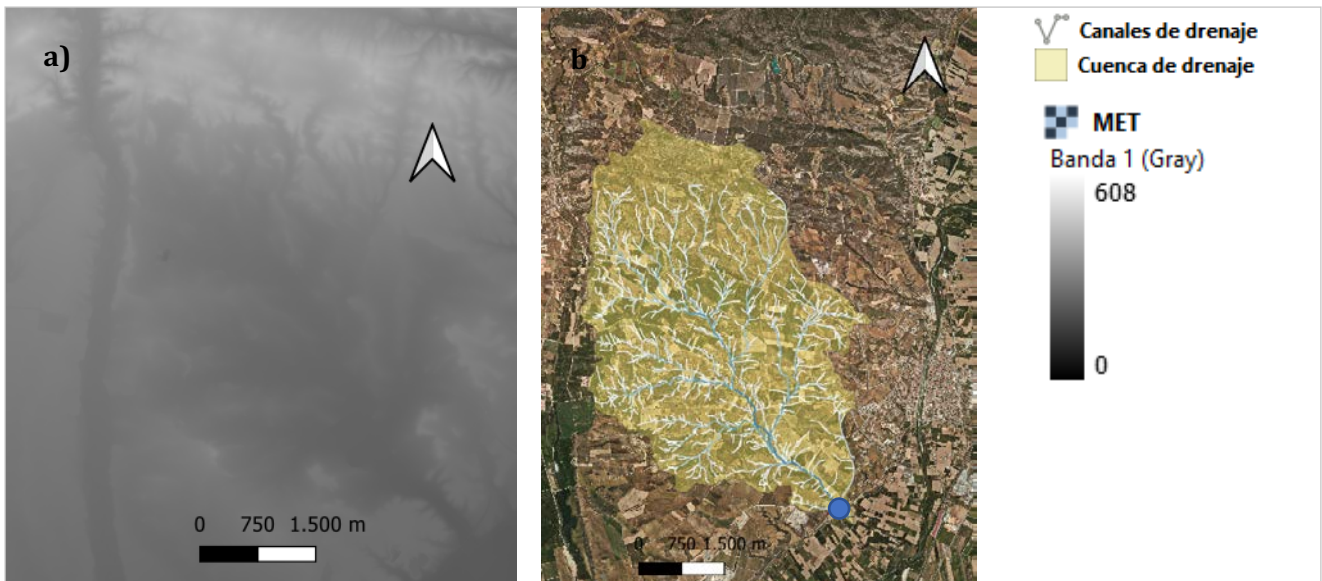
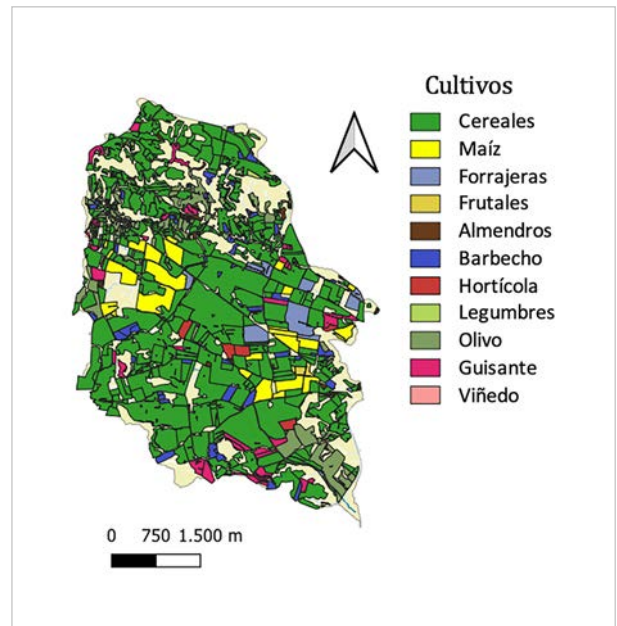


Figura 1. a) Modelo de elevación del terreno (MET) de una zona regable al norte de Lleida. Los colores oscuros muestran altitudes inferiores y los colores más claros altitudes mayores. b) Cuenca delimitada con QGIS originada a partir del MET de a). Como output obtenemos una cuenca en archivo SHP (amarillo) y los principales canales de drenaje (azul). En el caso de ejemplo se trata de una cuenca de 2348 ha de extensión, indicado en las características del objeto. Se ha añadido una capa ráster de ortofoto para facilitar la visualización.

delimitación son principalmente los Modelos de Elevación del Terreno (MET) accesibles de manera gratuita en el Instituto Geológico Nacional (Centro de Descargas del CNIG (IGN)) así como a nivel autonómico (Fig 1.a.). Es fácil encontrar en internet tutoriales de como delimitar una cuenca (p.e. (acolita.com)) así que no entraremos en detalle en este artículo. Una vez realizada la delimitación, obtendremos un archivo similar a la Figura 1.b gracias al cual conoceremos la superficie que abarca dicha cuenca.

Cabe ahora conocer la cantidad de superficie de la cuenca que se encuentra cultivada. Para ello utilizaremos el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), accesible de manera gratuita a nivel estatal y autonómico (p.e. Datos Abiertos | Junta de Castilla y León (jcyl.es), Mapa de cultivos DUN-SIGPAC, entre otros). Dichos datos se encuentran geolocalizados y los podremos superponer (mediante herramientas de geoprocso>cortar capa) a nuestro archivo SIG de la cuenca, obteniendo un resultado como el de la Figura 2. Asimismo, podremos exportar la tabla de atributos (Cultivos-

Figura 2. Cultivos de la cuenca de estudio obtenidos mediante DUN-SIGPAC. Se han modificado los colores de cada cultivo para una mejor observación de los resultados.



>exportar->guardar como->valores separados por comas) y conocer la extensión de cada cultivo, así como el tipo de manejo (secano o regadío).

Por otra parte, cabe tener en cuenta la concentración de nitratos en el agua de riego, siendo esta normalmente baja o muy baja (1 mg/L N-NO₃⁻). Una excepción son las aguas subterráneas que han recibido algún drenaje

agrícola o residual, en dicho caso será necesario realizar algún muestreo para conocer el contenido de nitratos en dicha agua.

2.2. Riego, fertilización, extracciones y contenido de nitratos en el suelo

Una vez conocidos los cultivos de la zona, será necesario conocer el riego y la fertilización que se realiza en la campaña de estudio. Para ello,

la mejor metodología es la recopilación de información de los agricultores de la zona creando una base de datos suficientemente sólida como para poder extrapolar al total de la cuenca. También puede ser interesante conocer los períodos de aplicación del fertilizante, así como el tipo de fertilizante utilizado. Cabe tener en cuenta especialmente las aplicaciones de fertilizantes de origen orgánico como estiércol y purín, dado que son sensibles a la lixiviación. En cuanto al riego, valores promedio para cada cultivo pueden ser de utilidad, ya sea con la información de los agricultores o la de la comunidad de regantes.

Por otro lado, es necesario conocer las exportaciones de los cultivos de la cuenca. Si no se conoce el valor en N, puede ser suficiente con conocer los

rendimientos y aplicar los porcentajes de concentración de N indicados en bibliografía [1]-[3]. Por ejemplo, un maíz de ciclo largo FAO 700, con una producción de 16 t/ha (14% HR) y unas concentraciones de 1,5% N en grano y 0,6% N en tallo y hojas tendrá unas extracciones (considerando un 50% de índice de cosecha) de 290kg N/ha.

En cuanto a los niveles de nitratos en el suelo, estos dependerán de las aplicaciones y cultivos en los años anteriores. Es muy recomendable realizar dichos análisis previamente a la siembra del cultivo para poder programar correctamente la fertilización. Es común que las casas de fertilizantes provean a los agricultores de análisis de suelo antes de recomendarles las aplicaciones. En caso de no tener disponibles estos datos,

se pueden realizar análisis de nitratos en suelos de parcelas representativas, a distintas profundidades (0-20, 20-40 cm), normalmente, los laboratorios nos devuelven los resultados con valores de mg N-NO₃⁻/kg de suelo seco o ppm. Por ejemplo, un nivel de 25 ppm de N-NO₃⁻, muestreado a una profundidad de 20 cm, y considerando una densidad estándar del suelo de 1400 kg/m³, equivale a:

$$25 \frac{\text{mg N-NO}_3^-}{\text{kg}} \cdot 0,20 \text{ m de prof} \cdot 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{ha}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} = 70 \text{ kg N/ha}$$

En sistemas de riego, podemos considerar que las raíces, sobre todo en el caso de cultivos anuales, no exploran más allá de los 50 cm de profundidad, siendo los análisis de nitratos a profundidades de 30-50 cm suficientes para conocer la disponibilidad de N para la planta.

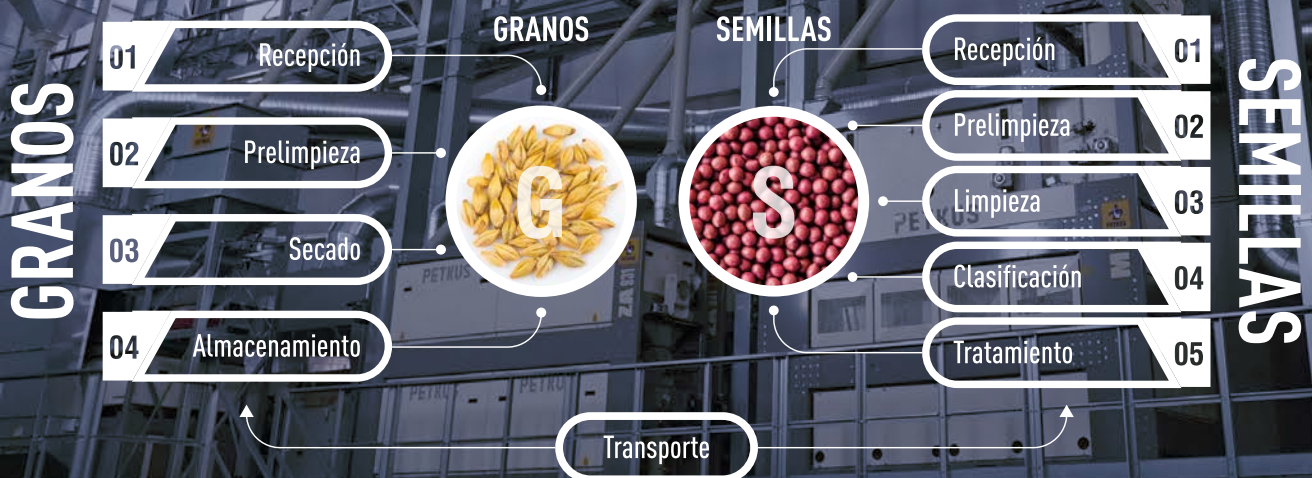
Tecnología e Innovación PETKUS

Soluciones para el Procesamiento de Semillas y Granos



PETKUS

Nueva Planta de Selección de Semillas y Clasificación de Legumbre. Cooperativa AN, Villamartín de Campos (Palencia).



Strong Seed. Healthy Grain.

2.3. Monitorización del drenaje

Con tal de conocer las pérdidas de nitratos por lixiviación, es necesario monitorizar el drenaje. Esto se realizará en el punto final de la cuenca de estudio. En el ejemplo de este artículo se encuentra en la zona indicada con un círculo azul en la Figura 1.b., llamado punto final de descarga u outlet. En dicho punto se monitorizará tanto el caudal como la concentración de nitratos. Hay distintas herramientas para conocer el caudal con pros y contras cada una: el uso de sensores de medición continua de altura de agua (p.e. Sonda CTD-10 o Hydros21, de METER INC, WA, USA) con un coste económico mayor pero con datos cada 15 o 30 minutos; el uso de estaciones de aforo en el caso de que existan en el punto de descarga; por último, en el caso de que no se cuente con ninguna de las dos herramientas anteriores, se puede calcular de manera periódica (una vez cada una o dos semanas durante el período de riego) el caudal presencialmente para tener valores aproximados sin costes.

Por otro lado, se tomarán muestras de agua para realizar análisis de nitratos de ésta, ya sea en un laboratorio como con el uso de medidores fotométricos o refractómetros portátiles tales como Nitrachek 404 (KPG Products Ltd, UK) y tiras reactivas de nitrato. En caso de no contar con un refractómetro, se puede aproximar la concentración de nitratos del agua muestreada con la escala de colores que incluye el kit de tiras reactivas de nitrato (Fig 3.), a un precio bastante asequible. Podemos encontrar concentraciones de nitrato en el agua de drenaje des de 25 ppm a 120 ppm de NO_3^- .



Figura 3. Tiras reactivas de nitratos con escala de color y su equivalente en N-NO_3^- .

Así pues, una vez conocidos los caudales y concentraciones de nitrógeno del agua de drenaje (1ppm de nitrato equivale a 0,226 ppm de nitrógeno) podemos conocer, al extender dichos valores a lo largo del mes o año, la cantidad de nitrógeno que se ha exportado en la cuenca de estudio a través del agua de drenaje, donde está también el agua de lluvia u otros, cuyos valores de nitrógeno pueden ser muy bajos en relación al balance total, siendo pues los valores de nitrógeno que encontremos los provenientes de la agricultura.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se ha estudiado una cuenca de 143 ha en la comunidad de regantes Canal Algerri-Balaguer, al norte de Lleida, con los datos indicados en la Tabla 1 y Tabla 2.

Así pues, en el ejemplo mostrado se han encontrado pérdidas de nitrógeno por lixiviación de alrededor del 10%, mostrando un buen manejo tanto del riego como de la fertilización. Es necesario indicar que disminuir a 0% el lavado de nitratos es una tarea difícilmente realizable, dado que el agricultor no tiene el control sobre la intensidad y frecuencia de la lluvia, por lo que el manejo del riego es esencial para reducir ese lavado al mínimo posible.

PARA LLEVARSE A CASA

En España se han realizado estudios en distintas cuencas de drenaje, encontrando valores de pérdidas de nitrógeno entre 7 kg N-NO_3^- /ha hasta más de 100 kg N-NO_3^- /ha [4]-[7]. Estos valores dependerán de distintos factores, como bien indican Quemada

CULTIVOS	SUPERFICIE OCUPADA (ha)	RIEGO PROMEDIO (m^3/ha)	FERTILIZACIÓN PROMEDIO (kg N/ha)
Cebada+Maíz	57	7076	354
Cebolla	21	5888	150
Trigo+Maíz	21	7000	340
Maíz Ciclo Largo	18	7034	290
Frutales	22	5464	120
Guisante+Maíz	4	8541	280
Total	143	6678	276

Tabla 1. Cultivos, superficie usada, riego y fertilización promedio de la cuenca estudiada, para la campaña 2021.

RESULTADOS AGUA DE DRENAJE	
Volumen total de agua (m^3)	142014
Volumen de agua (m^3/ha)	993
Valor promedio de nitratos (ppm NO_3^-)	120
Nitrógeno equivalente por hectárea en el agua de drenaje (kg N/ha)	26
% de nitrógeno perdido en el drenaje respecto el aplicado	9,4

Tabla 2. Resultados del agua de drenaje para la cuenca de estudio. Se indica el volumen total monitorizado en continuo con sonda METER INC, así como el promedio de concentración de nitratos, obtenido con el uso de Nitrachek 404 con muestreo mensual, para el año 2021.

FENDT

fendt.com | Fendt is a worldwide brand of AGCO.

et al. [8], en su meta análisis concluyeron que las mejores herramientas para reducir el lavado de nitratos son: la mejora del manejo del agua, la mejora del manejo de la fertilización ajustando al máximo las necesidades, así como la combinación de ambas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio tuvo el apoyo del proyecto IDEWA (PRIMA 2019-Sección 2), con ayudas proporcionadas por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de PCI2020-112030. Agradecemos a los técnicos y agricultores de la comunidad de regantes de Algerri-Balaguer por su colaboración. ■



REFERENCIAS

1. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Balance Del Nitrógeno En La Agricultura Española. 2008. 35-54.
2. Villar, J.M.; Villar, P.; Rufat, J.; Pascual, M. Fertilización Del Maíz En Regadío Con Un Objetivo Productivo Elevado. *Vida Rural*. 2018, pp 30-36.
3. Villar, J. M.; Villar, P.; Rufat, J.; Pascual, M. Directrices Para La Fertilización de La Cebada y El Trigo Con Objetivos Productivos Variables. *Vida Rural* 2018, 34-42.
4. Caveró, J.; Beltrán, A.; Aragüés, R. Nitrate Exported in Drainage Waters of Two Sprinkler-Irrigated Watersheds. *J. Environ. Qual.* 2003, 32 (3), 916-926. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.9160>.
5. Cuchí Oterino, J. A.; Andrés Mateo, R.; Royes Consul, L. Primer Balance de Agua, Sales y Nitrógeno En La Cuenca de La Clamor Vieja, Castellflorite, Santalecina, Alcolea de Cinca (Huesca). *Drenaje de Un Regadío Modernizado*. 2019, 843-855. https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3513.
6. García-Garizábal, I.; Causapé, J.; Abrahao, R. Nitrate Contamination and Its Relationship with Flood Irrigation Management. *J. Hydrol.* 2012, 442-443. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.03.017>.
7. Abrahao, R.; Causapé, J.; García-Garizábal, I.; Merchán, D. Implementing Irrigation: Salt and Nitrate Exported from the Lerma Basin (Spain). *Agric. Water Manag.* 2011, 102 (1), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.10.011>.
8. Quemada, M.; Baranski, M.; Nobel-de Lange, M. N. J.; Vallejo, A.; Cooper, J. M. Meta-Analysis of Strategies to Control Nitrate Leaching in Irrigated Agricultural Systems and Their Effects on Crop Yield. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2013, 174 (October 2018), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.018>.



Tú lo soñabas.
Nosotros lo fabricamos.
Nuevo Fendt 700 Vario Gen7,
pionero en el segmento de 200-300 CV.

Rendimiento a una nueva escala: nuevo motor de 7,5 l con el concepto de bajas revoluciones Fendt iD; transmisión inteligente VarioDrive; y sistema hidráulico de alto rendimiento con caudal de hasta 220 l/min.

Descubre más en fendt.com/NextGen700



It's Fendt. Porque comprendemos la agricultura.