

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO AL SECTOR AGROALIMENTARIO

N06 | BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS (I)

Octubre 2005

P02 Presentación **P03** Buenas prácticas agrarias **P04** Buenas prácticas agrarias en la aplicación de fertilizantes **P11** La fertilización de los cultivos en suelos calcáreos **P17** Los cultivos captadores de nitrógeno **P24** Entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural

www.ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia i Pesca**
www.gencat.net/darp





PRESENTACIÓN



Jordi William Carnes i Ayats
Director General de Desarrollo Rural

Fruto de la sensibilización creciente por el medioambiente, la sociedad tiende a priorizar las necesidades de carácter ambiental en la asignación de recursos escasos. Esta situación la hemos vivido durante la sequía de 2005 que ha conllevado el establecimiento de medidas totalmente excepcionales como la limitación parcial o total del riego agrícola en favor de caudales mínimos ecológicos.

También palpamos la misma problemática con otros recursos limitados, utilizados en la agricultura, como el suelo y la energía de origen no renovable. Nos encontramos, pues, en una situación realmente compleja a la que el conjunto de la sociedad debe de proporcionar las respuestas adecuadas.

En el marco general de la actual política agrícola común (PAC), dos políticas complementarias, la de apoyo a los mercados y a las rentas (1º pilar), y la de desarrollo rural (1º pilar), han de contribuir al alcance de los objetivos generales de cohesión económica y social, a las prioridades comunitarias de competitividad y

al desarrollo sostenible. Y es en este marco general en el que, los sistemas de ayuda a los agricultores para adaptarse a las exigencias de una agricultura moderna y de elevada calidad han de integrar los requisitos en materias como la protección del medioambiente, la seguridad alimentaria, la salud y el bienestar de los animales, de manera que los pagos de los ajustes queden supeditados al cumplimiento de estos requisitos, también llamados y conocidos como condicionalidad.

Así, este nuevo marco general ha determinado la conveniencia de establecer un nuevo sistema de relación y gestión consistente en un sistema contractual entre la administración y las explotaciones agrarias, con la finalidad de conseguir una agricultura sostenible desde el punto de vista económico, ambiental y social. Este nuevo sistema propuesto por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca, con el nombre de Contrato Global de Explotación (CGE), pretende optimizar la aplicación y gestión del gasto público con respecto a la justificación que se hace ante el conjunto de la sociedad, del uso más eficiente de los recursos que aporta, y también a la mejor adaptación para las necesidades de las explotaciones agrarias, tal como se ha dicho, en una agricultura europea competitiva y de calidad.

Las BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS y los avances tecnológicos constituyen la base para que la agricultura catalana alcance estos objetivos. Se trata de proveer alimentos de calidad, haciendo rentable la actividad de las empre-

sas agrarias, disponiendo de la aceptación del conjunto de la sociedad de las prácticas aplicadas y respetando el medioambiente.

Nos encontramos, pues, en un momento apasionante en que el conocimiento tecnológico, debidamente incorporado a la práctica diaria, se convierte en una de las llaves del éxito. Pero para que las empresas puedan adaptarse a la nueva realidad se debe realizar simultáneamente un importante esfuerzo en formación de técnicos, de los empresarios y de los activos del sector y a la vez disponer de un sistema de gestión y de asesoramiento que identifique necesidades y soluciones a nivel de explotación.

Con este número del DOSSIER TÉCNICO, el primero de una serie de cuatro dedicado a las Buenas Prácticas Agrarias (fertilización, suelo, aguas y productos fitosanitarios), se quiere contribuir a este proceso imprescindible de divulgación del conocimiento. Agradecemos el esfuerzo de los autores que han participado y de las instituciones de las que forman parte por su contribución al que, poco a poco, va constituyendo el nuevo manual de base de la agronomía de Cataluña.

Edita: Dirección General de Producción, Innovación e Industrias Agroalimentarias del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca.

dossier@ruralcat.net
www.ruralcat.net
www.gencat.net/darp

Foto portada: Camp de Fajol. Cal Pauet. L'Espunyola. (Berguedà) J. Tuson.

BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS



Visión de una máquina aplicadora de deyecciones ganaderas al suelo.

El sector agrario, por la naturaleza de su actividad, ha querido mantener desde siempre la calidad de los recursos naturales que utiliza. A mediados de los años treinta del siglo pasado y a partir de una corriente que venía de los Estados Unidos, la preocupación se centró en la conservación de los suelos ante la erosión; nacieron así un conjunto de prácticas que, con el paso del tiempo, se llamaron mejores prácticas de manejo, o BMP (Best Management Practices).

El desarrollo económico acelerado de la segunda parte del siglo pasado también se dio en la agricultura y conllevó a disponer de una cantidad y variedad de alimentos como nunca se había conocido. Esta situación de seguridad y calidad alimentaria surgió paralela a una intensificación y especialización de las explotaciones agrarias, que sustituyeron de manera masiva la mano de obra por inputs y tecnología. Con este desarrollo económico se ha llegado, en algunos casos, a una degradación del medioambiente en muchos lugares, que no

alcanza los niveles de calidad deseados por la sociedad actual: tecnológica, urbana y carente de ataduras con el sector productivo agrario.

Actualmente se habla de buenas prácticas agrarias como de aquel conjunto de técnicas de manejo orientadas a mantener una buena calidad ambiental, pero obteniendo unas producciones satisfactorias. Acostumbran a poner el acento en el uso de la tecnología y la información, con una extensibilidad de la actividad.

A menudo toman la forma de CÓDIGO; es decir, un conjunto de normas que establecen un compromiso para conservar y mejorar el medio.

Las buenas prácticas agrarias pueden tener diferentes finalidades y se pueden dirigir a:

- Conservar el suelo
- Conservar el agua
- Conservar la biodiversidad
- Preservar el paisaje
- Luchar contra la contaminación por nitratos

- Conservar la fauna autóctona
 - Evitar la dispersión de productos fitosanitarios
- La adopción de un determinado código de buenas prácticas agrarias en una determinada área o región es un proceso largo y complejo.

Exige, en primer lugar, definir y desarrollar las buenas prácticas agrarias a aplicar. Ello debe hacerse teniendo en cuenta las condiciones locales y la tecnología disponible, existente o a transferir.

A continuación, son necesarias un conjunto de acciones que podemos resumir en:

- Información a los técnicos y agricultores sobre la problemática que hay que abordar y sobre los utensilios disponibles
- Formación sobre las prácticas que se adoptarán
- Incentivo para el desarrollo y adopción de las prácticas

Este esquema, fuerza formal de I+D+T, adquiere en la práctica variantes más informales.

Normalmente, las buenas prácticas agrarias acostumban a tener un carácter voluntario, si bien en algunos casos pueden adquirir un carácter obligatorio. A menudo también se requieren acciones, en muchos casos de la Administración, que tiendan a eliminar los obstáculos de carácter estructural que limitan la adopción de las mismas.

Jaume Boixadera Llobet.

Sección de Evaluación de Recursos Agrarios. DARP.
jaume.boixadera@gencat.net



BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS EN LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES



Banda enyerbada. Foto: UdL.



Máquina para la inyección de purines. Foto: Centro de Mecanización Agraria, DARP.

01 Aplicación sostenible de fertilizantes

El contexto actual de excedentes de producción agrícola en Europa y los problemas medioambientales que una cincuentena de años de producción agrícola y ganadera (cada vez más intensivos) han acabado provocando, así como la creciente sensibilidad medioambiental de la población, hacen que desde muchos sectores de la sociedad se dibuje una agricultura de carácter multifuncional. Es

decir, una agricultura que produzca calidad, que garantice la viabilidad económica de la explotación y que, a la vez, conserve el medioambiente. Esta nueva forma sostenible de producir está resultando la única posible por imperativo de la sociedad y de los mercados europeos.

La sostenibilidad medioambiental y económica de la producción agrícola se consigue siendo más eficiente en utilizar los recursos (suelo, agua, material vegetal, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, etc.).

Planificar la gestión de cualquier recurso productivo es imprescindible para su uso eficiente. Gestionar eficientemente la fertilización significa fertilizar para producir conservando el medio en condiciones óptimas. Este "saber hacer" está recogido en el Manual del Código de Buenas Prácticas Agrarias en relación con el nitrógeno (<http://www.gencat.net/darp/c/camp/nitrogen/doc/cnitro01.pdf>), que son las siguientes:

01.01 Buenas prácticas para conservar el suelo

La protección del suelo y del agua es necesaria para mantener una producción sostenible en el tiempo. Algunas medidas de conservación de suelos son: trabajar el suelo perpendicularmente a la dirección de la máxima pendiente, el abancalamiento, el cultivo mínimo, la siembra directa, incorporar los restos de cosecha al suelo, no quemar los rastrojos, etc.

Además, el establecimiento de bandas enyerbadas (Figura 1) o arboladas a lo largo de cursos de agua es un buen sistema de conservación de suelos y de protección de los ríos ante la entrada de partículas de suelo erosionadas y de contaminantes arrastrados por el agua de escorrentía. Las bandas enyerbadas actúan en diversos sentidos:

- filtran el agua de riego o de la lluvia impidiendo que la carga arcillosa y fangosa que arrastran y otras sustancias lleguen al curso de agua: la rugosidad de la hierba frena el agua de filtración y propicia la sedimentación. Mientras las

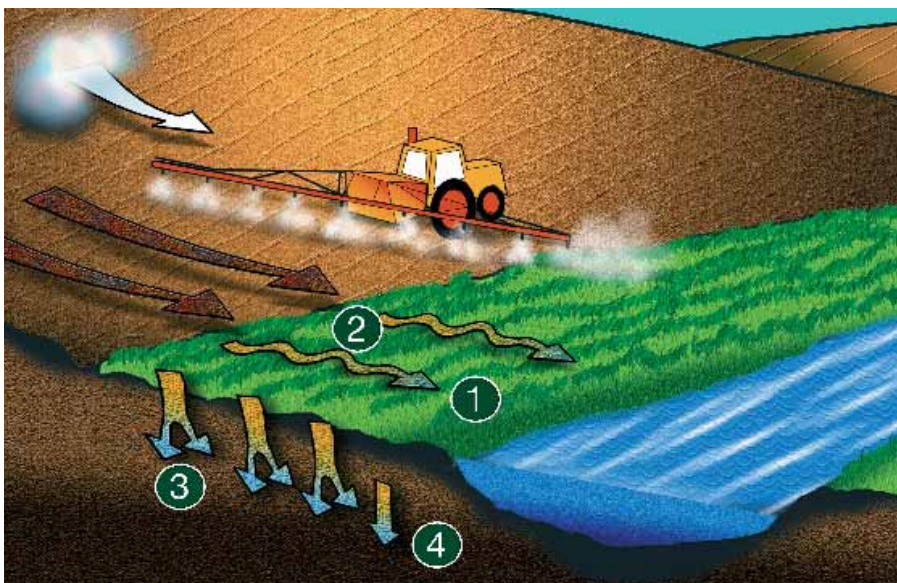


Figura 1. Modo de funcionamiento de las bandas enyerbadas (Adaptado de: Soltner, 2001)

- 1 Sedimentación y filtración
- 2 Retención en superficie.
- 3 Infiltración.
- 4 Degradación de los residuos orgánicos por la acción de plantas y microorganismos.

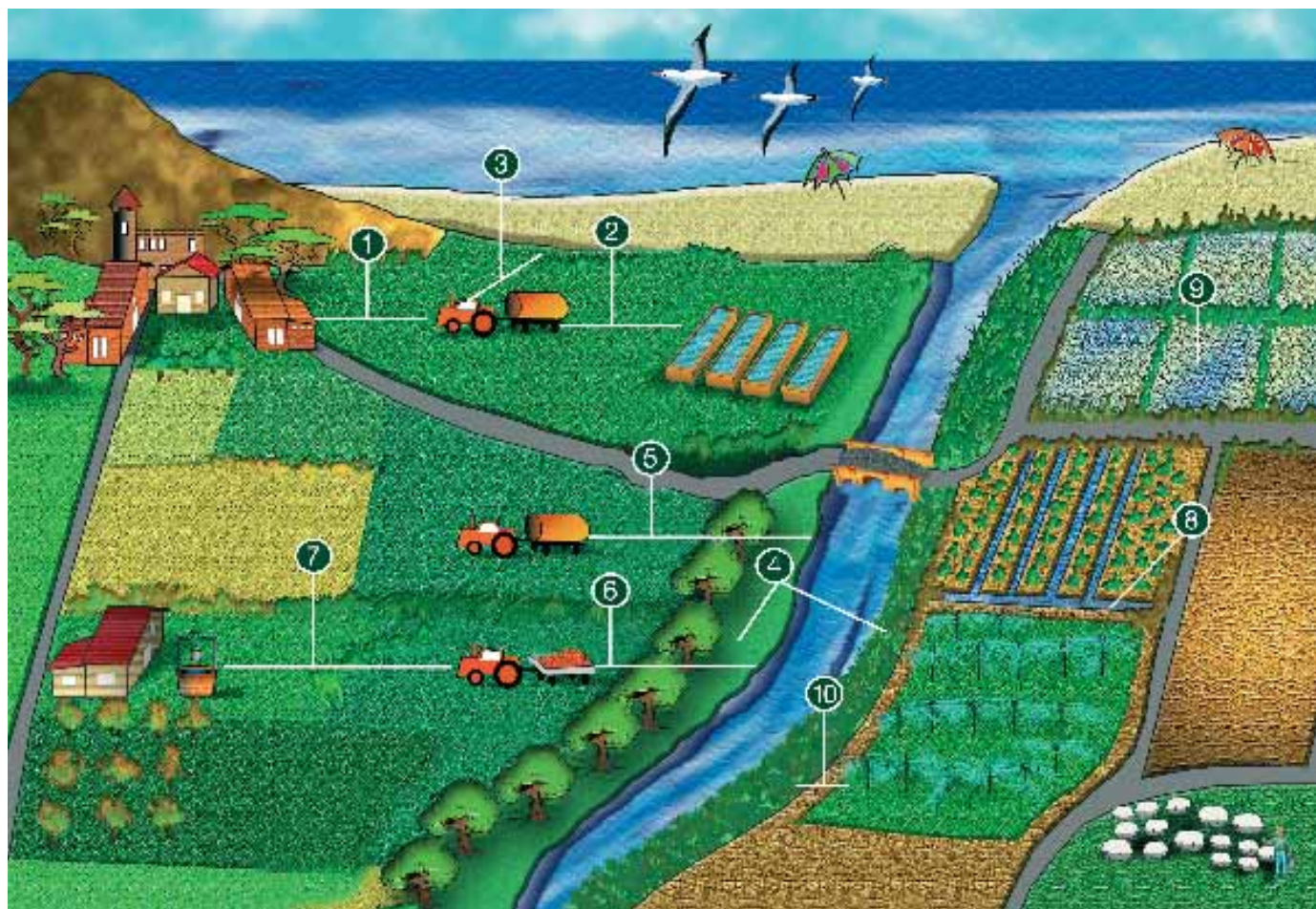


Figura 2. Buenas prácticas de fertilización para conservar la calidad del agua.

- 1 Evitar aplicaciones de abonos orgánicos en parcelas cercanas a núcleos habitados por problemas de malos olores.
- 2 Evitar aplicaciones de fertilizantes orgánicos a menos de 500 m. de viveros de moluscos.
- 3 Evitar aplicaciones de fertilizantes orgánicos a menos de 200 m. de zonas de baño.
- 4 Las bandas no cultivadas (tanto arboladas como enyerbadas) protegen la calidad del agua y conservan el suelo.
- 5 Al aplicar fertilizantes orgánicos líquidos, dejar una banda mínima de 10 m. a cursos de agua sin aplicación.
- 6 Al aplicar fertilizantes orgánicos sólidos, dejar una banda mínima de 5 m. a cursos de agua sin aplicación.
- 7 Evitar aplicaciones de fertilizantes orgánicos a menos de 50 m. a pozos o puntos de abastecimiento de agua.
- 8 En riegos por gravedad, evitar que el fertilizante salga de la parcela.
- 9 Cuidar de las aplicaciones de fertilizantes que se hagan en cultivos inundados.
- 10 Extremar las precauciones en la aplicación de los fertilizantes en sistemas de riego.

partículas se depositan sobre la hierba, el agua se infiltra en el suelo y así la carga arcillosa y fangosa queda retenida en el suelo,

- fijan las sustancias orgánicas y minerales en superficie,
- la actividad de las plantas y microorganismos degrada residuos orgánicos y fitosanitarios.

Las bandas enyerbadas también son útiles en otros emplazamientos. Por ejemplo, entre parcelas en paisajes con fuerte pendiente (o dentro de una misma parcela si es muy grande) evitan que aumente el volumen y la velocidad del agua de filtración y se produzca una erosión importante en las partes más bajas. También, en extremos o rincones de parcelas donde es

difícil acceder y donde se concentra el agua a causa de la inclinación de la parcela.

La ausencia de estas medidas puede provocar la colmatación con sedimentos, incluso de embalses, con la pérdida de fertilidad de los suelos aguas arriba que ello comporta, entre algunos efectos negativos (invalidación de las infraestructuras).

01.02 Buenas prácticas para conservar la estructura del suelo

Un suelo bien estructurado permite el almacenamiento, la circulación y el intercambio de aire y agua con la atmósfera y el subsuelo y ello posibilita

la vida de las plantas, los meso y los microorganismos. Un suelo bien estructurado se labra fácilmente cuando está relativamente seco y no se adhiere a los aperos cuando está húmedo.

Los suelos demasiado húmedos son sensibles a la deformación y pueden ser comprimidos si se someten a cualquier acción que implique una fuerza de compresión (paso de maquinaria).

Así pues, fertilizar suelos excesivamente húmedos, helados (durante todo el día) o cubiertos de nieve, estropea su estructura: aumenta la proporción de aglomerados grandes y su densidad y disminuye la proporción de poros de gran diámetro. Es decir, aumenta el riesgo de erosión,



Maquinaria para la aplicación de purines a ras del suelo.
Foto: www.rieoione.piemonte.it.



Maquinaria para la inyección de purines (arriba). Foto: Centro de Mecanización Agraria, DARP.



GESTIONAR EFICIENTEMENTE LA FERTILIZACIÓN SIGNIFICA FERTILITZAR PARA PRODUCIR CONSERVANDO EL MEDIO EN CONDICIONES ÓPTIMAS. ESTE “SABER HACER” ESTÁ RECOGIDO EN EL MANUAL DEL CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS EN RELACIÓN AL NITRÓGENO.

disminuye la capacidad de retención de agua disponible del suelo, se dificulta la infiltración del agua, la nascencia de las semillas y el crecimiento de las raíces (Porta et al., 1994).

Por otro lado, la fertilización en suelos excesivamente húmedos es poco eficiente: gran parte del fertilizante nitrogenado aplicado se filtra en contacto con el agua.

01.03 Buenas prácticas para conservar la calidad del agua

El consumidor es muy sensible a la calidad del agua, así como a la de todo lo que ingiere (alimentos y medicamentos). Puesto que en Catalunya la agricultura es la principal usuaria del agua disponible (utiliza un 71% aprox.) y, en conjunto, el agua es un bien escaso, es necesario preservarla y preservar su calidad.

La fertilización cercana a los cursos de agua (pozos, ríos, fuentes) y de zonas donde se desarrollan otras actividades (viveros de moluscos, actividades de ocio, etc.) requiere unas medidas de precaución específicas, ya que la entrada de fertilizantes orgánicos en el agua puede contaminarla por la aportación de patógenos y nutrientes.

Básicamente, estas medidas de precaución consisten en respetar un perímetro de seguridad alrededor de los cursos de agua y en tener cuidado cuando se riega. La distancia a respetar es más grande cuanto mayor el riesgo sanitario y medioambiental que implica una aplicación de fertilizantes orgánicos demasiado cercana a estos cursos de agua (observar Figura 2).

Por ejemplo, para evitar derrames directos a cursos de agua permanentes se debe respetar un perímetro mínimo de:

- 5 m sin aplicación de estiércoles sólidos,

- 10 m sin aplicación de fertilizantes líquidos; ya que el riesgo de filtración de éstos es mayor.

Se debe evitar la aplicación de fertilizantes orgánicos a menos de 50 m de distancia de fuentes, pozos, etc. de abastecimiento a personas y animales.

Las distancias que se deben respetar hacia los lugares de baño y actividades de ocio son superiores porque el riesgo de intoxicación de personas es mucho mayor: del orden de 200 m. En aplicaciones cercanas a viveros de moluscos (almejas, navajas, etc.), esta distancia aumenta hasta los 500 m.

El manejo del riego es decisivo para fertilizar de manera eficiente. Si se riega por gravedad, se ha de evitar que el fertilizante salga de la parcela o que pase al sistema de desagües. En riego por aspersión, cuando se aplica el fertilizante con el agua, debe garantizarse que la aplicación y la deriva de las gotas de agua respeten 10 m de distancia a cualquier curso de agua cercano a la parcela.

Tarde o temprano, cualquier pérdida incontrolada de fertilizante nitrogenado desembocará hacia las aguas (superficiales o subterráneas). Por lo tanto, deben evitarse las aplicaciones en condiciones favorables a estas pérdidas. Y se debe tener en cuenta que toda pérdida incontrolada de fertilizante es una pérdida económica. Puesto que los suelos poco profundos tienen poca capacidad de retención de agua y de nutrientes, hay que evitar aplicar fertilizantes en situaciones en que se pueden perder en profundidad: por ejemplo en suelos agrietados y con poca profundidad arraigable (menos de 30 cm.), sobre roca, o en campos donde recientemente (menos de 12 meses) se haya instalado un sistema de drenaje.

En zonas donde el suelo está compactado o bien presenta un subsuelo impermeable y está a capacidad de campo, los fertilizantes líquidos

(minerales o purines) se filtrarán superficialmente. Es necesario evitar, pues, aplicarle fertilizantes sobre todo si se trata de zonas cercanas a cursos de agua, pozos, fuentes, etc.

Tampoco no se deben aplicar fertilizantes en suelos que se inundan regularmente, desde un mes antes de la inundación. Esta medida evita que el agua de inundación pueda arrastrar el fertilizante aplicado (tanto superficial como profundamente). Un mes es el margen de tiempo mínimo a partir del cual se considera que ya no quedarán cantidades significativas de los fertilizantes aportados (siempre que la cantidad aplicada sea la razonable) que se puedan perder con el agua de inundación.

Los cultivos captadores de nitrógeno son también una buena práctica agrícola para minimizar el lavado de nitrato del suelo en cultivos extensivos (ver más adelante en este dossier). Estos cultivos son interesantes en períodos en que el suelo está desnudo, la cantidad de nitrato acumulado en el suelo es notable, se dan lluvias importantes y los suelos tienen poca capacidad de retener el agua o son poco profundos. Pero estos cultivos pueden competir con la disponibilidad de agua con el cultivo principal en zonas con disponibilidad limitada de agua.

01.04 Buenas prácticas para conservar la calidad del aire

Aproximadamente el 50% de las emisiones globales de amoníaco (NH₃) se atribuyen a la ganadería y a la utilización de abonos minerales (Bouwman y Van Der Hoek, 1997). El 80,6% de las emisiones de origen agrario proviene de las deyecciones ganaderas y el 19,4% restante, de los fertilizantes químicos. La estimación de la emisión de amoníaco de la FAO and IFA (2001) es del 14% del nitrógeno mineral usado como abono y del 22% del nitrógeno amoniacal presente en las deyecciones ganaderas.

La pérdida de amoníaco a través del sistema suelo-planta es una de las causas de la baja eficiencia fertilizante del nitrógeno (Moal, 1994). Una gran parte del amonio volatilizado se redepone enseguida en forma seca y húmeda y ocasiona la eutrofización de las aguas. El resto puede transformarse en la atmósfera y contribuir a la lluvia ácida y al calentamiento global.

La Directiva 2001/81/CE, del 23 de octubre de 2001, limita las emisiones anuales de determinados contaminantes atmosféricos a partir del año 2010 para cada estado (para España la emisión máxima permitida será de 353·103 t de NH₃ año⁻¹). Según las estimaciones disponibles, en 1994 la mayoría de los países europeos superaban los límites de emisión fijados en esta Directiva.

La aplicación localizada y la incorporación de fertilizantes orgánicos (el mismo día de la aplicación) mejoran significativamente la eficiencia en el uso del nitrógeno aplicado y reducen las pérdidas por volatilización de amoníaco o por filtración superficial.

Cuando el suelo está muy seco, deben evitarse aplicaciones de fertilizantes orgánicos, ya que no se pueden enterrar. Dejar el fertilizante orgánico en superficie puede comportar la volatilización del 20% del nitrógeno amoniacal presente en el fertilizante (volatilización que puede llegar hasta un 70% si las temperaturas son altas y hace viento).

Además, los malos olores son causa de malestar entre los vecinos. La aplicación localizada y/o el enterramiento el mismo día de la aplicación de los fertilizantes líquidos evita los malos olores asociados a esta aplicación. La desodorización de los fertilizantes orgánicos sólidos puede conseguirse si se hace compostaje adecuadamente.

01.05 Buenas prácticas para minimizar el riesgo epidemiológico de la fertilización orgánica

Una buena gestión de los fertilizantes orgánicos puede minimizar el riesgo epidemiológico de transmisión de enfermedades (Aujeszyk, fiebre aftosa del bovino, etc.) que se puede llegar a producir al aplicar deyecciones ganaderas, fangos de depurador, abono compuesto, etc., en el suelo.

En primer lugar, se debe remarcar la importancia del almacenamiento de las deyecciones ganaderas ya que, si es suficientemente largo (unos 4 meses o más), reduce la carga inicial de microorganismos patógenos de manera significativa. A su vez, una capacidad de almacenamiento suficientemente grande permite aplicar las deyecciones en el suelo en el momento en que los cultivos las necesiten, minimizando así las pérdidas de nutrientes por lavado en profundidad (lixiviación). Evitar la aplicación de fertilizantes orgánicos en días de viento e incorporarlos al suelo también disminuye el riesgo de transmisión de enfermedades.

También se debe destacar la capacidad de higienización del suelo, que actúa como filtro depurador siempre que las dosis aplicadas no sean excesivas y las condiciones del suelo sean las adecuadas para aplicar fertilizantes orgánicos (Daudén, 2001).

Las garantías sanitarias que se exigen a la aplicación de productos orgánicos en el suelo van en aumento (ver el Real Decreto 824/2005 del Estado español y el Decreto núm. 97-1133 de Francia).

Los tratamientos que permiten garantizar una higienización de los productos orgánicos son: el compostaje, la digestión aerobia y la anaerobia térmica, el secamiento térmico y la pasteurización.

Ahora bien, estos tratamientos sólo son efectivos a partir de una determinada temperatura y tiempo de retención a que se debe someter el producto (Ubach y Teira, 2005).

02 Planificación de la fertilización

La gestión correcta de la fertilización sólo es posible si se planifica con la finalidad de ajustar la dosis de fertilizantes a las necesidades y el momento de aplicación.

Planificar significa escoger la estrategia de abonado en función del cultivo, de la cosecha que se pretende obtener y de los fertilizantes de que se dispone (realizar un balance de nutrientes de la explotación).

Se debe evaluar:

- la disponibilidad de nutrientes procedentes de fuentes propias de la explotación y
- la demanda de nutrientes (según la superficie de los cultivos de la explotación potencialmente receptores de cada tipo de fertilizantes y sus necesidades).

Además, la planificación de la fertilización de la parcela o de la explotación ha de tener en cuenta:

- la forma que se aplicará el abono (orgánico o mineral, líquido o sólido, con el agua de riego, en superficie o enterrada, etc.),
- las características de los suelos,
- los cultivos y la fertilización de las campañas anteriores y
- el coste de los fertilizantes.

Fertilizar bien significa aportar sólo los nutrientes que necesita el cultivo en el momento óptimo para el máximo aprovechamiento por parte de la planta y minimizar las pérdidas incontroladas (uso eficiente). Lo ideal es que la planta disponga de los



Medida del estado nutricional del maíz mediante la medida óptica del contenido de clorofila de las hojas (SPAD).
Foto: J. Lloveras, UdL.



FERTILIZAR BIEN SIGNIFICA APORTAR SÓLO LOS NUTRIENTES QUE NECESITA EL CULTIVO EN EL MOMENTO ÓPTIMO PARA EL MÁXIMO APROVECHAMIENTO POR PARTE DE LA PLANTA Y MINIMIZAR LAS PÉRDIDAS INCONTROLADAS (USO EFICIENTE).

nutrientes cuando las extracciones del cultivo son máximas y pueda utilizarlos inmediatamente.

02.01 Disponibilidad de nutrientes de la explotación

Si la explotación es estrictamente agrícola, puede utilizar los estiércoles o purines de una explotación ganadera cercana o bien adquirir fertilizantes minerales para fertilizar.

En una explotación ganadera se prioriza el uso de estiércoles y purines para fertilizar. La explotación dispone de una cantidad de nutrientes que se considera fija (depende del número de animales), independientemente del volumen de deyecciones generado.

Si la disponibilidad de nutrientes es alta, es aconsejable implantar, tanto como sea posible, cultivos con una alta demanda de nutrientes para gestionar mejor el subproducto orgánico de la explotación.

El balance de nutrientes de la explotación ganadera (necesidades de nutrientes - disponibilidad de nutrientes) puede conducir a una o más de estas situaciones:

- adquirir nutrientes de otras fuentes para poder cubrir las necesidades de los cultivos,
- evaluar la capacidad de almacenamiento necesaria para una correcta gestión de las deyecciones y,
- en caso de necesidad, prever otras formas de gestión de estos subproductos orgánicos (minimizarlos en origen, llevarlos a una planta de tratamiento, etc.).

El uso de las deyecciones como abono implica disponer de una capacidad de almacenamiento suficiente de acuerdo con el plan de abonado. En definitiva, se deben de poder aplicar los fertilizantes orgánicos en el momento en que los cultivos los necesiten y con la dosis adecuada.

02.02 Petición de nutrientes (o necesidades) de cada parcela

Las necesidades de nutrientes están en función del cultivo y de su eficiencia de absorción de nutrientes, que no es nunca del 100% (una gestión óptima en condiciones óptimas puede llegar a alcanzar una eficiencia -expresada como índice de cultivo de nitrógeno- cercana al 60%).

Necesidades de nitrógeno

Las necesidades de nitrógeno de la explotación corresponden a las necesidades del conjunto de parcelas de la explotación. Parcela a parcela, las necesidades de nitrógeno se pueden evaluar mediante distintos métodos:

- el método del balance de nitrógeno (mirar el apartado siguiente)
- el análisis de nitratos del suelo (método Nmin)
- la medida óptica del contenido de clorofila de las hojas (Soil Plant Analysis Development, SPAD), entre otros.

El nitrógeno es un elemento muy móvil (el ión nitrato se encuentra en la solución del suelo) y por tanto la interpretación del análisis va relacionada al momento en que se ha realizado. Por ejemplo: el análisis de nitratos en el suelo antes de sembrar permite establecer un programa de abonado del cultivo y determinar la

fracción de nitrógeno que se debe aplicar en el fondo (presembrado).

Un análisis, en el momento que se inicia el período de mayores extracciones del cultivo permite afinar más la recomendación de abonado en cobertura. Éstos son los dos momentos del año cuando interesa hacer el análisis de los nitratos del suelo. Las necesidades de abonado nitrogenado de la parcela corresponden a la diferencia entre las extracciones del cultivo y el nitrógeno disponible en el suelo. Es erróneo pensar que se deben aportar todas las extracciones de nitrógeno del cultivo. A menudo, considerar el nitrógeno disponible en el suelo implica una reducción en el coste de fertilización del 50%.

Algunos métodos complementarios para ajustar mejor el abono nitrogenado en cobertura son: el análisis del contenido de nitratos en la base del tallo (es un buen indicador de la nutrición nitrogenada del cereal) y la medida óptica del contenido de clorofila de las hojas (SPAD).

Necesidades de fósforo y potasio

Si tenemos en cuenta el comportamiento del fósforo y del potasio en el suelo, la única manera de conocer las necesidades de abono con estos nutrientes es el análisis del suelo. Los contenidos de estos nutrientes determinarán la estrategia de fertilización fosfórica y potásica a seguir de 3 a 4 años, momento que se deberá hacer un nuevo análisis para continuar con la misma estrategia de fertilización o bien reconducirla. La estrategia de fertilización fosfórica y potásica se basa en la respuesta de los cultivos al abono y en la corrección de la fertilidad del suelo.



Las leguminosas como la alfalfa no necesitan fertilización nitrogenada de mantenimiento. La aportación de nitrógeno el año de implantación del cultivo es necesaria sólo si el contenido de nitratos del suelo es bajo. Foto: J.Lloveras, UdL-IRTA.



A MENUDO, CONSIDERAR EL NITRÓGENO DISPONIBLE EN EL SUELO IMPLICA UNA REDUCCIÓN EN EL COSTE DE FERTILIZACIÓN DEL 50%.



Muestreo del suelo para la determinación del contenido de nitrógeno mineral. Foto: Secció d'Avaluació de Recursos Agraris, DARP.

Las tablas de interpretación de los contenidos de fósforo y potasio en el suelo se elaboran en base a la respuesta de los cultivos (tablas 1 y 2). Es decir, en suelos con un contenido muy bajo o bajo de fósforo o potasio la estrategia de fertilización que se debe adoptar va encaminada a cubrir las necesidades de los cultivos y a restituir la fertilidad del suelo. En cambio, si el contenido es alto o muy alto, no hay respuesta a la fertilización por parte de los cultivos y, por lo tanto, se puede suspender la fertilización temporalmente.

02.03 Momento de aplicación

La estrategia de fertilización nitrogenada es diferente a la de los otros nutrientes porque es mucho más soluble. Se recomienda aportar ni-

trógeno justo antes del momento que el cultivo tiene una gran demanda de este nutriente. El fraccionamiento del abono nitrogenado, pues, es una buena práctica para ajustar al máximo las aportaciones a la demanda de nitrógeno por parte del cultivo.

Para el fósforo y el potasio, se recomienda hacer una única aplicación (habitualmente en el fondo). Si se utilizan productos orgánicos, las aplicaciones se deben realizar principalmente en el fondo, aunque algunos productos con bajo contenido en materia orgánica (relación Carbono/Nitrógeno-C/N-baja; fertilizantes tipo 2 según la normativa catalana) también se pueden aplicar en cobertura. El nitrógeno orgánico que contienen los productos orgánicos necesita mineralizar antes de resultar disponible

para el cultivo. Los productos con una relación C/N alta mineralizan más lentamente que los otros.

En el cereal de invierno, por ejemplo, las aplicaciones de fertilizantes orgánicos se realizarán como máximo un mes antes de la siembra del cereal (entre los meses de setiembre y octubre).

Aplicaciones anteriores a esta fecha no son recomendables, ya que el nitrógeno que mineraliza puede ser lavado por las lluvias del otoño, sobre todo si la relación C/N del producto es bajo. Aplicaciones muy tardías de productos con una relación C/N alta tampoco son eficientes ya que, cuando el cultivo necesita el nitrógeno, éste aún no está disponible (aún no ha mineralizado) (Figura 3).

Debe tenerse en cuenta que la aportación se debe hacer con la suficiente antelación (el momento de aplicación de los fertilizantes orgánicos es anterior al de los minerales) e incorporar el producto en el suelo lo antes posible para aumentar la eficiencia del nitrógeno.

Independientemente del fertilizante que se utilice, la aplicación de abonos nitrogenados en cobertura se realiza preferentemente en las zonas con poca disponibilidad de agua (secanos áridos y semiáridos). En zonas más frescas o de regadío, donde el agua es menos limitante, el momento de aportación del nitrógeno puede acercarse más al momento de máxima demanda de nitrógeno del cultivo y es recomendable fraccionar más su aplicación (2 coberturas) y verificando que sea necesaria.

03 Balance de nitrógeno

El método del balance de nitrógeno consiste en estimar las necesidades de abonado de una parcela para satisfacer las necesidades del cul-

Tabla 1. Interpretación de los niveles de fósforo asimilable del suelo (LAF, 1999. cuaderno de divulgación 12)

Contenido de P Olsen en el suelo (ppm)	Interpretación del contenido de P del suelo
< 12	Bajo
12 - 25	Normal
25 - 40	Alto
> 40	Muy Alto

Tabla 2. Interpretación de los niveles de potasio del suelo (LAF, 1999. cuaderno de divulgación 12)

Contenido de K (1M AcONH ₄ , pH 7,0) al sol (ppm)	Interpretación del contenido de K del sol
< 125	Bajo
125 - 250	Normal
250 - 375	Alto
> 375	Muy Alto

tivo, teniendo en cuenta las aportaciones de nitrógeno por parte del suelo (se debe llevar una contabilidad del nitrógeno del suelo).

El método del balance se basa en tres puntos clave (Sió et al., sin fecha):

1. las necesidades de nitrógeno de la parcela,
2. las aportaciones de nitrógeno por parte del suelo,
3. la eficiencia en el uso del nitrógeno (porcentaje del nitrógeno disponible que el cultivo utiliza).

Las **necesidades de nitrógeno de la parcela** se calculan sobre la base de un rendimiento objetivo realista (el rendimiento medio de las cinco últimas campañas). El rendimiento se multiplica por las necesidades de nitrógeno del cultivo (estas necesidades varían para cada especie vegetal). El principio del método del balance es aprovechar todo el nitrógeno que aporta el suelo y realizar aportaciones de nitrógeno sólo hasta cubrir las necesidades del cultivo (igualar el balance a 0, eficiencia máxima).

Las **aportaciones de nitrógeno por parte del suelo** son: el nitrógeno mineralizado (N orgánico del suelo que pasa a formas asimilables) durante la campaña anterior o bien durante la campaña actual (mineralización del humus), el nitrógeno procedente de abonos orgánicos y minerales, el nitrógeno resultante del efecto de prados y leguminosas anteriores y el nitrógeno aportado mediante el agua de riego.

El nitrógeno aportado por el propio suelo es importante. Por ejemplo, el nitrógeno que resulta

disponible por mineralización de la materia orgánica del suelo está entre 50 Kg. N/ha y año en zonas áridas de secano y 80 Kg. N/ha y año en secanos frescos. En las zonas de regadío esta cifra puede superar los 100 Kg. de N/ha y año.

El resto de aportaciones dependen del historial de manejo de la parcela. Sólo una parte del nitrógeno orgánico aportado con fertilizantes orgánicos se aprovecha el mismo año de la aplicación, el resto se aprovecha los años siguiente; por lo tanto, se debe considerar el efecto residual de estas aplicaciones durante unos cuantos años. Por ejemplo, una aplicación de 40 toneladas de estiércol de bovino aporta aproximadamente:

- 80 Kg. de N asimilable durante el año de la aplicación
- 27 Kg. de N el año después de la aplicación
- 6 Kg. de N dos años después de la aplicación y
- unos 3 Kg. de N/ha durante el tercer, cuarto y años siguientes.

Debe considerarse también que las leguminosas liberan nitrógeno una vez crecido el cultivo. Por ejemplo, una alfalfa asentada durante más de 3 años aporta las siguientes cantidades de nitrógeno:

- 100 Kg. N/ha cuando ha transcurrido menos de un año desde que nació la alfalfa
- 120 Kg. N/ha cuando ha transcurrido más de un año, y
- 80 Kg. N/ha cuando ya han transcurrido 2 años.

El balance también tiene en cuenta **la eficiencia del uso del nitrógeno**. Se estiman las pérdidas de nitrógeno por lavado según la textura y la hondura del suelo y la pluviometría en los períodos que el suelo está prácticamente desnudo o el cultivo no realiza liberaciones. Los suelos más profundos y arcillosos son los que presentan menos lavado. Es decir, las aportaciones de nitrógeno por parte del suelo son importantes. Tenerlas en cuenta y abonar en el momento y la forma adecuados permite ahorrar abono, producir lo óptimo y minimizar las pérdidas incontroladas de nitrógeno (máxima eficiencia en el uso de los abonos).

El método del balance del nitrógeno utiliza las mejores estimaciones posibles de las cantidades consideradas, pero no deja de ser una estimación. Si se gestionan grandes superficies de cultivo (grandes cantidades de abono), es recomendable ajustar la estimación del balance con el análisis del nitrógeno disponible en el suelo en los momentos de abonado.

03.01 Cálculo de un plan de abonado en RuralCat

La Web de RuralCat ofrece desde hace poco tiempo una herramienta que permite realizar el cálculo de un plan de abonado. La herramienta proporciona al usuario la cantidad de fertilizante que se debe aportar en el fondo y en cobertura a cada parcela para los cultivos de trigo, cebada y maíz (en la primera versión de la herramienta).

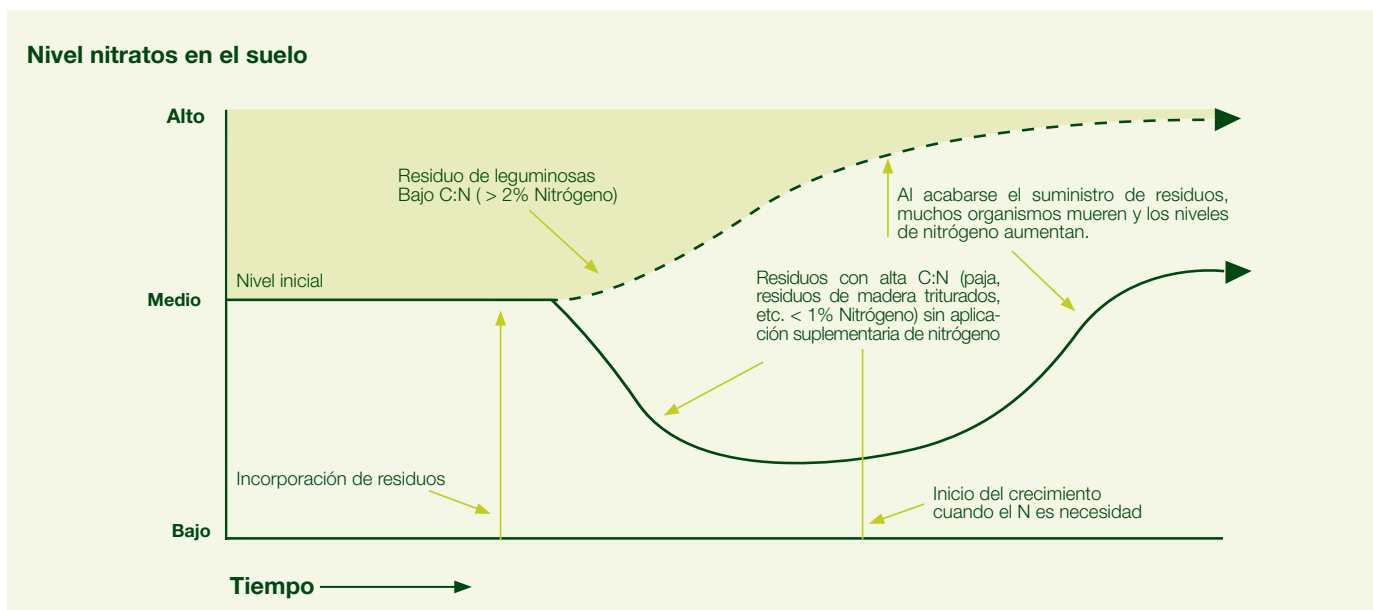


Figura 3. Efecto de la relación C/N de los residuos sobre la disponibilidad de nitratos para el crecimiento de la planta (Manual del código de buenas prácticas agrarias: nitrógeno 2000) (Adaptado de Mafra, Ontario, 1994).

El cálculo de este plan de abonado se basa en el método del balance de nitrógeno y también incluye la posibilidad de calcular las necesidades de abonado nitrogenado en base al análisis de los nitratos del suelo.

La utilización de esta herramienta desde el portal de RuralCat ofrece muchas ventajas para el usuario. La más importante es que el usuario puede guardar el historial de manejo de cada parcela para posteriores consultas, modificar los datos y volver a calcular las necesidades de abonado.

Además, si el usuario accede al programa antes de efectuar la cobertura, la herramienta utiliza los datos meteorológicos de la red agroclimática de Cataluña para calcular, con datos reales, los nitratos lavados y ajustar las necesidades de cobertura si es necesario.

Bibliografía:

- Bouwman, A. i Van Der Hoek, K., 1997. "Scenarios of animal waste production and fertilizer use and associated ammonia emission for the developing countries". *Atmospheric Environment*, 31: 4095-4102.
- Daudén Ibáñez, A., 2001. "Riesgos sanitarios asociados a la aplicación agrícola de residuos orgánicos". p. 213-228. En: J. Boixadera y M.R. Teira (eds.). *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*. Edicions de la Universitat de Lleida, Lleida. 356 pp. ISBN: 84-8409-093-0.
- Directiva 2001/81/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001, sobre "techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos". 27/11/2001 DOCE L 309/22.
- FAO (Food and Agriculture Organisation) and IFA (International Fertiliser Association). 2001. "Global estimates of gaseous emissions of NH₃, NO and N₂O from agricultural land". Roma, Italia. 106 pp.
- LAF (Laboratori de anàlisi i fertilitat de sòls). 1999. "Notes sobre la utilització de purins d'origen porcí en sòls agrícoles". Quaderns de divulgació núm. 12. 26 pp.
- Moal, J.F., 1994. "Volatilisation de l'azote ammoniacal des

- lisiers après épandage. Quantification et étude des facteurs d'influence". Tesis doctoral, Universidad de Perpiñán, 230 pp.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C., 1994. "Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 807 pp. ISBN: 84-7114-468-9.
- Sió, J., Serra, J., López, A., Boixadera, J. i Teixidor, N. Sense data. "Gestió de l'adobat nitrogenat en el conreu dels cereals d'hivern". DARP, IRTA i Fundació Mas Badia. 8 pp.
- Soltner, D. 2001. "Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers". Collection sciences et techniques agricoles. 23 pp. ISBN: 2-907710-21-4.
- Ubach N. i Teira M.R., 2005. "Requisitos para la higienización de productos orgánicos. Revisión bibliográfica". *Residuos*. 85: 78-89.

M. Rosa Teira Esmatges

Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del suelo. Universitat de Lleida.
rosa.teira@macs.udl.es

Núria Ubach Miró

Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del suelo. Universitat de Lleida.
nubach@macs.udl.es

LA FERTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS EN SUELOS CALCÁREOS



Canal de desguaces con características de eutrofización por la presencia excesiva de nutrientes como el N y el P, hecho que provoca falta de oxígeno en las aguas, en una zona regada del valle del Ebro. Foto: JM. Villar.



Instalación de lisímetro de capilaridad pasiva en la zona regable del Canal de Urgell para estudiar el lavado de nitratos. Foto: JM. Villar.

01 Introducción

Es difícil cuantificar los resultados de la aportación de nutrientes en la producción final agrícola. En países como los EUA y la Gran Bretaña, el porcentaje medio de rendimiento que se atribuye a los fertilizantes comerciales se encuentra entre un 40 y un 60% (Stewart et al., 2005), porcentaje también aplicable a las condiciones de la agricultura catalana.

En Europa, la sede experimental de uso de fertilizantes más antigua es la estación de Ro-

thamsted (Inglaterra). Desde el año 1843, se realizan experimentos continuados en trigo, que permiten conocer la contribución potencial de la fertilidad natural de los suelos, el efecto de la fertilización continuada, la respuesta de los cultivos a los fertilizantes comerciales y la evolución de la demanda de nutrientes de las nuevas variedades obtenidas en procesos de mejora. La mejora de plantas a lo largo del tiempo ha conllevado que la respuesta productiva de los cultivos sea superior y, en consecuencia, ha provocado un aumento de la demanda de nutrientes.

Los fertilizantes comerciales, los orgánicos (estiércoles, purines, composts...), la fertilidad natural del suelo (materia orgánica, arcillas) y la fijación biológica de N de la atmósfera suministran los nutrientes que necesitan las plantas. Gestionar la nutrición de las plantas implica optimizar el retorno económico de los nutrientes aplicados y minimizar el efecto contaminante, principalmente sobre las aguas.

En este artículo se comentan algunos aspectos referentes al uso de fertilizantes minerales para optimizar la producción en suelos calcáreos.

La fertilidad natural de los suelos, en la mayoría de los casos, no es suficiente. Las necesidades de nutrientes varían mucho según el cultivo, los objetivos productivos, el sistema de producción y el historial de la explotación. La utilización creciente de fertilizantes orgánicos de distintos orígenes y el uso de fertilizantes minerales obliga a los empresarios agrarios a realizar análisis de suelos y de la planta para hacer un seguimiento esmerado de su plan de fertilización. El reto del futuro es desarrollar e implementar tecnologías que favorezcan la productividad de los cultivos y mantengan la calidad de los suelos, del agua y del aire. Éste es un factor clave de sostenibilidad. En este sentido, es fundamental seguir las directrices que proponen los códigos de buenas prácticas agrarias.

Los elementos esenciales para el desarrollo de los cultivos son 17, de los cuales 9 se clasifican como macronutrientes y 8 como micronutrientes, según si su concentración en la planta supera los 500 ppm o bien es inferior a los 100 ppm. El nutriente más importante al que los cultivos responden con más claridad, es el nitrógeno. Desde un punto de vista de sostenibilidad, se debe mantener un equilibrio entre las necesidades nutritivas de las plantas y la aplicación de fertilizantes. Transcurrido un tiempo, cuando las aplicaciones de fertilizantes minerales o de tipo orgánico son superiores a las extracciones por parte del cultivo se produce, al cabo del tiempo, una acumulación de nutrientes en el suelo. Ello implica aumentar el riesgo potencial de pérdidas de nutrientes hacia las aguas, por drenaje o por erosión.

A pesar de todo, en los últimos años es posible que, ya sea por la mayor sensibilización ambiental, ya sea por el incremento del precio de los fertilizantes, haya una tendencia a reducir las dosis de fertilizantes. Una gestión adecuada de los residuos de la cosecha de maíz permite gestionar producciones del orden de 13-15 t/ha con aplicaciones como máximo de 200-250 Kg. N/ha (ver Dossier Técnico núm. 1). A principios de los años 90 aún eran habituales aplicaciones anuales de 350-400 Kg. N/ha en el cultivo de maíz. En algunas zonas del valle del Ebro aún son habituales estas dosis, que no están en absoluto justificadas. Trabajos de modelización a largo plazo también lo corroboran (Villar et al., 1996). La primera consecuencia, a parte del beneficio económico, será una disminución de la contaminación por N y P en las aguas. El papel de la administración (DARP) mediante el código de buenas prácticas agrarias, la investigación experimental en el uso de fertilizantes de centros como la UdL y el IRTA y la gran cantidad de información generada por el LAF (ver Quaderns de divulgació)



LOS ANÁLISIS DE SUELOS SON LA BASE PARA HACER UN CORRECTO USO DE LOS FERTILIZANTES, TANTO MINERALES COMO ORGÁNICOS.

contribuyen a este proceso. Las exportaciones de nutrientes por parte de los diferentes cultivos se han ajustado a la realidad y las recomendaciones de fertilización de los cultivos son más precisas.

A pesar de todo, aún se debe aumentar la sensibilización hacia este tema y mejorar la información y la formación de los productores. En este sentido, hay dos propuestas que pueden ser interesantes. La primera es la formación de agricultores mediante cursos de extensión universitaria, que aportan una formación básica sobre los principios de la nutrición, los efectos sobre los cultivos y el medioambiente y aspectos prácticos de la gestión de fertilizantes minerales y orgánicos, especialmente en cuanto a dosis de aplicación, momento y tipo de fertilizante. La segunda es formar técnicos especializados en fertilidad de suelos y nutrición de plantas, capaces de resolver los problemas del sector.

02 Los suelos calcáreos

Los suelos calcáreos ocupan una superficie muy importante de Cataluña. Se caracterizan por la presencia de carbonato cálcico (CaCO_3) en su perfil. Los cationes predominantes en el suelo son el Ca^{2+} i el Mg^{2+} . El pH. de los suelos calcáreos es básico. La reacción de la hidrólisis del CaCO_3 en el suelo da un pH. entre 7,2 y 8,5:



Cuando la presencia de carbonatos de calcio y de magnesio en el suelo es elevada, el pH. predominante se encuentra entre 7,9 y 8,4. Este valor depende del equilibrio entre el CO_2 disuelto en la solución del suelo y la solubilidad del carbonato cálcico. La solución del suelo actúa como una solución atenuante a los cambios de pH. La capacidad neutralizadora de la acidez viene dada por la ecuación siguiente:



Primer reactor utilizado por el ingeniero y químico Carl Bosch para fabricar amoníaco (NH_3) el año 1913. Necesario para fabricar todos los fertilizantes nitrogenados de síntesis. (BASF Limburgerhof, Alemania). Foto: JM. Villar.

Por ello, se reduce mucho el efecto acidificante de los fertilizantes. La mayor parte de los abonos nitrogenados que contienen amonio, como el sulfato amónico y el nitrato amónico, o abonos como la urea y el fosfato diamónico tienen una reacción de nitrificación ácida en el suelo. La acidificación de la rizosfera por la exudación de protones (H^+) permite una cierta solubilidad de los nutrientes en contacto con las raíces y favorece su absorción.

El porcentaje de saturación de bases de un suelo calcáreo es del 100% y el catión predominante es el calcio (Ca^{2+}). Valores de alto pH. superiores a 8,5 indican la presencia de sodio (Na).

La productividad de los suelos calcáreos puede ser muy elevada en condiciones de regadío. En los suelos calcáreos la disponibilidad de algunos nutrientes puede estar temporalmente afectada, especialmente algunos micronutrientes y muy es-

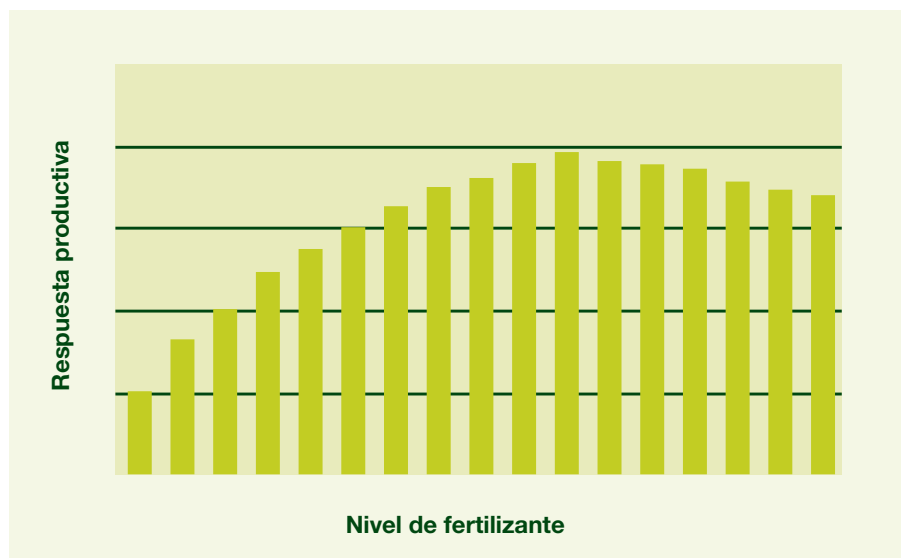


Figura 1. Respuesta teórica de los cultivos a la aplicación de fertilizantes.

pecialmente el hierro (Fe), que se manifiesta en síntomas de clorosis en las hojas. La gestión de los fertilizantes requiere algunas medidas que se describen más adelante.

03 Los análisis de suelos

Los análisis de suelos son la base para hacer un correcto uso de los fertilizantes, tanto minerales como orgánicos. Se utilizan en todo el mundo pero se deben tener en cuenta algunos aspectos básicos para que sean útiles. Se deben tomar las muestras de los suelos de forma precisa, para que sean representativas, y un número de submuestras que depende de las dimensiones de la parcela. Los laboratorios de análisis o los consultores expertos en fertilidad de suelos asesoran en este sentido. Los análisis deben hacerse en un laboratorio de calidad contrastada, es decir, que garantice los resultados analíticos. La interpretación y las recomendaciones sobre el uso de fertilizantes que hacen los laboratorios son más precisas cuanto más experiencia tengan en la zona de actuación.

04 Fertilizantes

Los cultivos necesitan minerales para su nutrición y por este motivo se utilizan fertilizantes. Los fertilizantes son principalmente productos naturales (como el cloruro potásico y el nitrato sódico) o productos sintetizados mediante algún proceso industrial como por ejemplo el nitrato amónico o el fosfato diamónico, que contienen uno o más de los nutrientes estables como esenciales. Los fertilizantes se pueden presentar en forma sólida (cristalina, en polvo, granulada), líquida (soluciones y suspensiones) y gaseosa. El amoníaco anhidro es

un gas que se mantiene en forma líquida bajo presión. Los criterios para escoger los fertilizantes más adecuados son: las distintas propiedades físicas y químicas de éstos, su coste, la facilidad de la manipulación (como los granulados), o la facilidad de la mezcla (urea con cloruro potásico). Se debe tener en cuenta que el fosfato diamónico (DAP) y la urea

no se pueden mezclar, por la facilidad con que se desprende el amoníaco. Las propiedades físicas de algunas mezclas, como el cambio en la humedad relativa crítica (humedad atmosférica por encima de la cual una sal absorbe agua de la atmósfera) del producto mezclado respecto a la de los materiales no mezclados, limitan esta práctica.

La práctica cada vez más importante de la fertirrigación, sobre todo en los nuevos regadíos con sistemas de riego a presión, permite aplicar fertilizantes líquidos como el ácido fosfórico, disoluciones simples de N, de P o de K, disoluciones binarias de NP, NK o de PK y disoluciones triples de NPK con riqueza variable. También se utilizan fertilizantes líquidos con micronutrientes.

Las aplicaciones foliares sólo están justificadas en casos graves de deficiencia (K, Mg, B, Fe), ya que si son excesivas pueden resultar tóxicas.

En suelos calcáreos se deben tener en cuenta algunas precauciones como son:

- Incorporación dentro del suelo de los fertilizantes nitrogenados para evitar pérdidas por volatilización de amoníaco. Por ejemplo, la reacción del sulfato amónico (21% N) aplicado en un

Tabla 1. Tipos de fertilizantes según el Reglamento (CE) 2003/2003. De la Unión Europea, de 13 de octubre de 2003.

Tipo de fertilizante	Características
Simple	Fertilizante con un contenido declarable de un único macronutriente principal. Tipo: Nitrogenado, Fosfatado, Potásico.
Compuesto	Fertilizante obtenido químicamente o por mezcla o por una combinación de ambas, con un contenido declarable de al menos dos nutrientes principales. NPK, NP, NK, PK.
Complejo	Abono compost obtenido mediante reacción química. En su estado sólido cada granulado contiene todos los nutrientes en su composición declarada. NPK, NP, NK, PK.
De mezcla	Fertilizante obtenido mediante la mezcla en seco de diferentes fertilizantes sin reacción química.
Foliar	Fertilizante indicado para aplicar a las hojas de un cultivo y absorción del nutriente a través de las hojas.
Líquido	Fertilizante en suspensión o en solución. Solución (Fertilizante líquido sin partículas sólidas) Suspensión (Fertilizante en dos fases. Las partículas sólidas se mantienen en suspensión en la fase líquida).
Al mayor	Fertilizante no envasado.
Abonos inorgánicos con elementos nutrientes secundarios. Abonos inorgánicos que contienen micronutrientes y que únicamente contienen un micronutriente (B, Co, Cu, Fe, Ni, Mn, Mo, Zn)	

Tabla 2. Aportación media aproximada de diferentes compuestos en un m³ de purín, si consideramos una densidad de 1.000 kg/ m³

Compost	1m ³	
	E	M
Mat. orgánica (kg)	46,1	28,9
N total (kg)	6,2	3,3
N orgánico (kg)	1,3	0,7
N amoniacal (kg)	4,8	2,6
Fósforo (kg)	1,5	1,4
Potasio (kg)	4,4	1,9
Hierro (kg)	0,19	0,1
Cobre (g)	40,2	19,2
Zinc (g)	85,2	73,5

E: purín de engorde, con una materia seca del 7,1% M: purín de reprod. con una materia seca del 4,9%

suelo calcáreo produce carbonato amónico, muy inestable, que por hidrólisis proporciona amoníaco (gas que se pierde en la atmósfera):



- En el caso del fósforo, se recomiendan fertilizantes granulados en lugar de los que tienen una presentación en polvo. Si el suelo tiene un contenido muy bajo de P son recomendables las aplicaciones en el suelo en bandas. Se debe recordar que la capacidad

de precipitación de los fosfatos en suelos calcáreos no es infinita y cuando se aplica fósforo en exceso incluso hay movimiento dentro del suelo.

- El anión bicarbonatado (HCO⁻³) reduce la absorción del hierro por parte de las raíces e impide la translocación de las raíces a las hojas. La paradoja de la clorosis férrica se refiere a la presencia de contenidos altos de Fe en hoja y manifestación de clorosis. Por eso, se supone que el Fe está inactivo, aunque los mecanismos de actuación hoy en día no están claros. La aplicación de quelatos de hierro (principalmente del tipo Fe-EDDHA) es

muy efectiva. Hay condiciones ambientales (lluvia) y de gestión (riego y aplicación de residuos orgánicos) que acentúan el problema. En el caso de la viña y otras especies arbóreas, el portainjertos tiene un papel muy importante ante los problemas de clorosis férrica. En el caso de otras plantas cultivadas, también hay diferencias entre variedades en cuanto a la aparición de clorosis férrica.

- Las carencias de algunos nutrientes como el Zn y el Mn no siempre son fáciles de diagnosticar. No es recomendable hacer tratamientos si no hay una justificación clara. Además, tal como se ha indicado, los pequeños cambios del pH, en la rizosfera, es decir, alrededor de las raíces, permite aumentar la movilización de estos elementos.
- Los fertilizantes de reacción ácida en el suelo son preferibles en el momento de escoger un fertilizante en suelos calcáreos.

Si el suelo no tiene capacidad de suministrar los nutrientes que el cultivo necesita, éste responde rápidamente a la aplicación de fertilizantes tal como muestra la figura núm 1. El incremento de respuesta disminuye cuando la cantidad de fertilizante aumenta (principio de la ley de los rendimientos decrecientes) hasta que se obtiene la máxima producción. A partir de este punto los incrementos de fertilizantes pueden hacer disminuir el rendimiento del cultivo, según la especie.

En la Unión Europea, los fertilizantes han de reunir determinadas características técnicas. Los fertilizantes, llamados abonos CE, están legislados por el Reglamento 2003/2003. Los abonos que no se consideren abonos CE se



EL BALANCE DE NUTRIENTES ES EXCESIVO CUANDO LAS EXTRACCIONES DE LA PARCELA SON INFERIORES A LAS APORTACIONES Y, CONTRARIAMENTE, EL BALANCE ES NEGATIVO CUANDO LAS EXTRACCIONES SON SUPERIORES A LA CANTIDAD SUMINISTRADA DE NUTRIENTES.



Formas comerciales del nitrosulfato amónico (26% N) con (izquierda) y sin (derecha) inhibidor de la nitrificación. Foto: JM. Villar.

Tabla 3. Algunos efectos de un exceso de nutrientes, en el suelo o en los tejidos de las plantas.

Cultivo	Efectos sobre la producción y la calidad
Olivo	Una fertilización excesiva de nitrógeno produce una disminución de la calidad sensorial del aceite.
Viña (según variedades)	Un exceso de N tiende a producir un elevado crecimiento vegetativo que afecta al rendimiento de la uva y sobre todo la calidad del vino (compuestos fenólicos, color, compuestos nitrógenados, calidad organoléptica). Un exceso de K provoca la disminución de la acidez del mosto. Un exceso de K afecta a la absorción de Mg. Un exceso de B produce necrosis.
Manzano	Un exceso de N produce un crecimiento excesivo de brotes, baja calidad del fruto al ser almacenado y mayor susceptibilidad ante algunas enfermedades (como el foco bacteriano). También se le ha relacionado con la aparición de "russetting" en algunas variedades. Un exceso de N, K y Mg favorece la depresión amarga o bitter pit. El exceso de P favorece deficiencias de Zn y de Cu. El exceso de K favorece en algunos casos deficiencias de Mg y de Ca. El exceso de Mg también favorece la deficiencia de Ca. El exceso de B provoca defoliaciones y caída de frutos.
Espinacas, lechugas, acelgas y endivias.	Tendencia a acumular un exceso de nitratos en las hojas cuya disponibilidad de N es muy alta.
Patata	Un exceso de disponibilidad de nitrógeno favorece el desarrollo vegetativo y perjudica el crecimiento y desarrollo del tubérculo.
Cereales de invierno	En condiciones de sequía, un exceso de N puede agravar los efectos de una sequía. Un exceso de N puede provocar encamado. Un exceso de B en el agua de riego provoca disminuciones en el rendimiento de trigo.
Maíz	Un exceso de P puede inducir a deficiencias de Zn en planta.

regulan desde cada estado miembro. En el estado español, el Real decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes, define y tipifica los productos fertilizantes diferentes de los abonos CE.

Entre ellos, hay un anexo dedicado a los abonos orgánicos. La tabla núm. 1 indica los diferentes tipos de fertilizantes de acuerdo con la reciente reglamentación de la Unión Europea.

Entre los avances en el campo de los fertilizantes destaca la nueva generación de productos llamados ecofertilizantes por las ventajas ante el medioambiente. Entre ellos, se debe remarcar el inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetilpirazol fosfato (conocido con las siglas DMPP) que se comercializa como fertilizante ENTEC desde el año 1999. El DMPP ha sido patentado por la empresa alemana BASF (Conrad, 2000). Las ventajas sobre la eficiencia en el uso del nitrógeno (Guillaumes y Villar, 2004) pueden justificar su utilización en determinadas ocasiones, si bien el precio final de mercado es el que condicionará su generalización en la práctica agrícola.

05 Fertilizantes y productos orgánicos

Los abonos orgánicos son subproductos obtenidos en el procesamiento de sustancias animales o vegetales que contienen una cantidad suficiente de nutrientes por tener un valor fertilizante (SSA, 2001). Si se utilizan de manera adecuada, a parte de suministrar nutrientes, presentan altos beneficios en los suelos. Pero estos efectos son muy variables según el material orgánico, la dosis, el momento de aplicación y sobre todo el suelo que los recibe.

Se deben tener en cuenta, entre otros, los aspectos siguientes:

- El N orgánico ha de "mineralizarse" a nitrato y amonio. Por ello, se debe tener en cuenta el efecto residual, superior al año.
- Para caracterizar un fertilizante orgánico conviene utilizar la relación carbono-nitrógeno (C/N). Los purines, por ejemplo, tienen valor como fertilizantes ya que contienen nutrientes, pero no pueden considerarse rectificación orgánica por la baja relación C/N.

· La relación crítica que separa los materiales ricos en N de los materiales pobres en N es una C/N = 25. (Se corresponde con una concentración del 1,6% de N en la materia seca del fertilizante).

· El proceso que afecta a los materiales ricos en carbono es la inmovilización. Algunos productos orgánicos se pueden enriquecer con minerales, añadiéndoles roca fosfatada, por ejemplo.

A parte de los abonos orgánicos regulados en el Real decreto 824/2005, se utilizan otros materiales orgánicos como residuos ganaderos (purines de cerdo, estiércoles), residuos de la industria de la pesca, de la cárnica, de las plantas de tratamiento de aguas residuales (lodos o barros de estaciones de depuración (EDAR)), residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de las industrias de transformación de productos agrarios.

Principales criterios de selección de fertilizantes orgánicos:

- Concentración de nutrientes (macronutrientes y micronutrientes)
- Precio



Cultivo de tomate sin suelo, donde todos los nutrientes son suministrados a través de una solución nutritiva. Foto: JM. Villar.

- Rapidez en el suministro de nutrientes
- Contenido en sales
- Reacción ácida o alcalina
- Olor del material
- Contenido de metales

La tabla 2, a manera de ejemplo, muestra la aportación mediana de nutrientes de los purines de cerdo, muy utilizados en Cataluña. La riqueza en nutrientes de los purines, aunque muy variable en función del contenido de agua, contribuye de forma rápida en la nutrición de los cultivos. A pesar de todo, se deben tener en cuenta los aspectos negativos que supone un uso abusivo de éstos (desequilibrio de nutrientes, acumulación de algunos nutrientes en el suelo, salinización...) y una mala gestión, por ejemplo si no se entierran (olores, contaminación del ambiente...).

06 Efectos negativos de una fertilización excesiva

La respuesta de los cultivos, muchas veces espectacular, a la fertilización hace que ésta se considere como una práctica generalizada, pero no siempre es recomendable. Fertilizar es un recurso efectivo para solucionar deficiencias de los cultivos, cuando hay necesidades reales de nutrientes. Pero muchas veces se intenta solucionar erróneamente, otros tipos de problemas con la aplicación de fertilizantes, como los derivados de la falta o del exceso de agua. Se

encuentran muchos ejemplos en explotaciones de secano o de regadío y en diferentes tipos de cultivos, tanto herbáceos como arbóreos; ello se explica por un deficiente conocimiento agronómico. Los efectos de una aplicación innecesaria de fertilizantes a menudo empeoran la situación y siempre incrementan el costo de producción.

El problema es especialmente grave en fruticultura, con extracciones nutritivas más bajas, donde el efecto de los desequilibrios entre nutrientes se manifiesta más claramente, afecta a la producción y sobretodo la calidad del producto. Algunos ejemplos sobre el efecto de una fertilización excesiva se muestran en la tabla núm. 3.

El balance de nutrientes es excesivo cuando las extracciones de la parcela son inferiores a las aportaciones y, al revés, el balance es negativo cuando las extracciones son superiores a la cantidad de nutrientes suministrada. Para hacer un seguimiento exhaustivo, preciso y económico del balance de nutrientes, se deben analizar los suelos, por lo menos cada tres años.

Bibliografía

- Conrad, J., 2000: "Eco-efficient Fertilizers: an environmental innovation organised by a corporation and promoted by technology policy". *Forschungsstell für Umweltpolitik-report 00-03*. Frei Universität Berlin, Germany.
- Guillaumes E.; Villar J.M. 2004: "Effects of DMPP on growth and chemical composition of Ryegrass (*Lolium perenne* L.) raised on calcareous soil". *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2 (4), 588-596.



EN LA UNIÓN EUROPEA, LOS FERTILIZANTES HAN DE REUNIR DETERMINADAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. LOS FERTILIZANTES, LLAMADOS ABONOS CE, ESTÁN LEGISLADOS POR EL REGLAMENTO 2003/2003. LOS ABONOS QUE NO SE CONSIDEREN ABONOS CE, SE REGULAN DESDE CADA ESTADO MIEMBRO.

- Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes. BOE núm. 171. De 19 de julio de 2005.
- Reglamento (CE) nº 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, relativo a los abonos. Diario Oficial de la Unión europea. (21.11.2003)
- Soil Science Society of America. 2001: *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, WI USA.
- Stewart, W.M., Dibb D.W., Johnston, A.E., Dmyth, T.J. 2005: "The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production". *Agron. J.* 97: 1-6.
- Villar, P., Stockle, C., Villar, J.M., Pérez, P., Rosell, J.I. and Castellví. 1996: "Long-term evaluation of corn yield and nitrogen leaching in the irrigated area of the Urgell's Channel, Spain". *European Society of Agronomy. 4th Congress*. Wageningen. The Netherlands. 7-11 July. Book of Abstracts. 388-389.

Josep M. Villar Mir

Catedrático de Universidad. Departamento de Medioambiente y Ciencias del Suelo. Universitat de Lleida.

jmvillar@macs.udl.es

LOS CULTIVOS CAPTADORES DE NITRÓGENO: UNA BUENA PRÁCTICA AGRÍCOLA PARA MINIMIZAR EL LAVADO DE NITRATO DEL SUELO EN CULTIVOS EXTENSIVOS



Especies usadas como cultivo captador de N de invierno: guisante (izquierda), mostaza blanca (medio) o fenogreco y alholva (derecha). Fotos: A. Roselló y F. Domingo.

01 Introducción

El nitrógeno (N) se encuentra en el suelo como N orgánico, que forma parte de la materia orgánica del suelo, y como a N mineral. El N mineral es mayoritariamente N nítrico (nitrato), pero también se pueden encontrar otras formas, p.ej., N amoniacal (amonio). El N de la materia orgánica del suelo o de los materiales orgánicos (estiércoles, purines, lodos...) que se aportan, se transforma lentamente en N nítrico (proceso de mineralización). En cambio, el N que se aporta con los abonos minerales, o bien ya es N nítrico (nitrato) o se transforma rápidamente.

El nitrato es la forma de N que más absorben las plantas, aunque también pueden absorber amonio. Aunque se absorba como nitrato, el N que usan los cultivos proviene sobre todo de la materia orgánica del suelo, de los materiales orgánicos de origen ganadero (estiércoles, purines...) que se aplican o se deben aplicar en años anteriores, de los residuos orgánicos de ciertas actividades industriales y de origen urbano (fangos de depuradora,

aguas residuales regeneradas...), del agua de riego con una concentración importante de N nítrico y, finalmente, del que se aporta o se debe aplicar en forma de abonos minerales.

Para que la nutrición de los cultivos y la absorción de N por la planta sean adecuadas, es necesario que el suelo contenga nitrato y que la planta tenga N disponible. Al final de su ciclo, en general, los cultivos dejan de absorber N y el N nítrico que no han utilizado queda en el suelo (N remanente en el suelo). La cantidad de N nítrico remanente en el suelo puede ser muy alta, especialmente cuando la gestión del abono de los cultivos no es esmerada, cuando se aplican cantidades excesivas de deyecciones ganaderas, etc. Además, el proceso natural de mineralización de la materia orgánica del suelo y de los abonos orgánicos que se aplican no se para y continúa produciéndose nitrato. Por lo tanto, en los períodos que no hay cultivo que absorba el nitrato, éste se puede acumular en el suelo.

A pesar de todo, el nitrato es también la forma de N que se puede lavar fuera de la zona que

pueden explorar las raíces de los cultivos y que contribuye a la contaminación del agua subterránea (en general, el N que se encuentra como N orgánico o N amoniacal no se puede lavar). Mientras el nitrato se encuentra dentro de la hondura explorable por las raíces de los cultivos, no se considera que se haya lavado. Cuanto más profundo se encuentre dentro de esta zona arraigable, mayor será el riesgo de que se lave. El riesgo de lavado de nitrato fuera de la zona donde pueden llegar las raíces de los cultivos es más alto cuanto mayor es la cantidad de nitrato acumulada en el suelo, cuando se producen lluvias (o riegos) importantes o cuando los suelos tienen poca capacidad de retener el agua (p.ej., suelos arenosos) o son poco profundos.

En este contexto, los cultivos captadores de N (CCN) son una herramienta más que se puede usar para mejorar la gestión del N en la agricultura. En ningún caso pueden sustituir pero sí complementar otras herramientas como la aplicación razonada de abonos orgánicos y minerales, un adecuado planteamiento de la rotación de cultivos, etc.



PARA QUE LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS Y LA ABSORCIÓN DE N POR LA PLANTA SEAN ADECUADAS, ES NECESARIO QUE EL SUELO CONTenga NITRATO Y QUE LA PLANTA TENGA NITRÓGENO DISPONIBLE.



Implantación inicial de un cultivo captador de N de avena (arriba izquierda) y colza forrajera (derecha) sembradas copiosamente sobre rastrojos de maíz sin trabajo del suelo en el Baix Empordà. Fotos: A. Roselló.

02 ¿Qué es un cultivo captador de nitrógeno?

Es un cultivo de crecimiento rápido que se intercala entre los cultivos principales de la rotación (habitualmente extensivos). Se utiliza para absorber el nitrato que hay en el suelo disminuyendo su lavado y se entierra antes de llegar al estadio de floración o justo iniciada ésta, antes de empezar a preparar el terreno para el cultivo siguiente.

Por lo tanto, entendemos por cultivo captador de N el que:

- Se hace crecer en las épocas que no hay cultivo principal instalado en la parcela,
- Tiene como objetivo extraer el N nítrico del suelo y evitar su lavado en el caso de lluvias y
- Una vez cumplido este objetivo, se entierra para que al descomponerse ponga a disposición del siguiente cultivo el N que ha absorbido.

Así pues, este cultivo:

- **No se fertiliza** (no se abona). Los nutrientes que absorbe son los que contiene el suelo (remanente al final del cultivo anterior o mineralizado posteriormente).
- **El N que extrae no desaparece.** Se evita su pérdida y estará disponible más adelante, para el cultivo posterior. Por tanto, al planificar el abono del siguiente cultivo se debe tener en cuenta.
- **No se le saca provecho económico directo,** aunque de forma indirecta, permite ahorrar en la fertilización del cultivo siguiente. En algunos casos, en condiciones de un exceso de nutrientes en la parcela, se puede hacer un aprovechamiento forrajero para extraer el N excedente del sistema, si el cultivo lo permite.

El cultivo captador contribuye, pues, a mejorar la gestión del N en la parcela. Capta las formas de N disponibles en el suelo (principalmente N nítrico) y las incorpora en sus tejidos cuando hay

más riesgo de ser lavadas, es decir, cuando no hay cultivo en la parcela y se puede producir drenaje de agua por debajo de la zona radicular a causa de lluvias abundantes. Después, al enterrar el cultivo (que se descompone) las moléculas orgánicas se mineralizan y el N captado queda a disposición del siguiente cultivo en un momento que éste lo necesita y, en la mayor parte de los casos, en un período que el riesgo de lavado de nitrato es bajo.

Ejemplos

· **Es un cultivo captador de N:** una gramínea (trigo, cebada, avena, raigrás...) sembrada después de un cultivo de guisante, a la cual no se aplica ningún tipo de abono (deyecciones ganaderas, fangos de depuradora, abono mineral...) y que se destruye antes de sembrar el cultivo de maíz siguiente.

· **No es un cultivo captador de N:** un cultivo de raigrás que crece entre dos cultivos de maíz, al cual se debe aplicar abono (p.ej., estiércoles o purines) y que se aprovecha para forraje.

El hecho de establecer cubiertas vegetales en los períodos sin cultivo no es exclusivo de los cultivos captadores de N. Tradicionalmente se han sembrado leguminosas (algarrobas, alholvas...) para enterrarlas cuando lleguen al estadio de floración y realizar lo que se llama abonado en verde. A pesar de todo, estos cultivos no tienen como objetivo extraer el nitrato del suelo y evitar su lavado, sino captar el N atmosférico y así enriquecer el suelo en N. Es una técnica que suele utilizarse en situaciones de poca disponibilidad de N en el sistema. Por otro lado, se pueden establecer cobertores vegetales (cultivos intermediarios, intercalados, etc.) en los períodos que no hay cultivo principal

instalado, con objetivos diferentes al de capturar N, p.ej.: evitar la erosión del suelo.

Un cultivo captador de N puede tener otras finalidades a parte de evitar el lavado de nitrato del suelo. En todo caso se ha de contabilizar su uso, los objetivos y el manejo de forma adecuada.

A largo plazo, establecer una cobertura vegetal y enterrarla después puede aportar otros beneficios, p.ej: incremento del contenido de materia orgánica del suelo, mejora de la estructura del suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad, mejora del drenaje en suelos compactados, alojamiento para insectos y fauna útil, etc.

03 ¿Cuándo se debe implantar un cultivo captador de nitrógeno?

Los cultivos captadores de N se utilizan para mejorar la gestión del N, sobre todo en cultivos extensivos y están muy indicados cuando el riesgo de lavado de nitrato es elevado. A pesar de todo, puede haber limitaciones que condicionen su uso en amplias zonas del territorio. El factor más limitante es la sequía o falta de humedad en el suelo, que impide un correcto nacimiento y un crecimiento adecuado de los cultivos captadores, especialmente en verano. De todas formas, estos cultivos pueden tener sentido en muchas situaciones.

Tabla 1. Ejemplos de secuencias de cultivos en una rotación de cultivos extensivos anuales y duración del período sin cultivo, en condiciones mediterráneas.

Secuencia de cultivos		Período sin cultivo	
Cultivo anterior	Cultivo posterior	Meses	Núm. de meses
Cereal de invierno	Cereal de invierno u otros cultivos de invierno	julio a octubre-noviembre	4-5
	Maíz	julio a febrero-marzo	8-9
	Girasol u otros cultivos de siembra similar	julio a enero	7
Maíz	Cereal de invierno u otros cultivos de invierno	octubre a noviembre	1-2
	Maíz	octubre a febrero-marzo	5-6
	Girasol u otros cultivos de siembra similar	octubre a enero	4
Guisante – Haba	Cereal de invierno u otros cultivos de invierno	julio a octubre-noviembre	4-5
	Maíz	julio a febrero-marzo	8-9
	Girasol u otros cultivos de siembra similar	julio a enero	7

Los cultivos captadores de N han de crecer y extraer N del suelo cuando no hay ningún cultivo principal de la rotación en la parcela. Y además se debe hacer antes de que haya lluvias capaces de provocar lavados, para evitarlos. Por lo tanto, tiene sentido implantarlos **en períodos sin cultivos principales y con riesgo de que se produzcan lavados** de N nitrato del suelo. Preferentemente, estos cultivos han de crecer y extraer el nitrato del suelo antes que se produzcan las lluvias que puedan lavarlos.

La tabla 1 muestra los **períodos que**, en general, **el suelo no dispone de una cobertura** en crecimiento, para diversas secuencias de cultivo en una rotación de cultivos extensivos anuales. Muestra algunos ejemplos aunque, en la práctica, se debería definirlos de forma más precisa para diferentes zonas o tipo de manejo.

Los períodos sin cultivo tienen una duración de entre 1-2 meses y 8-9 meses. El período entre la cosecha de un cultivo de maíz para grano y la siembra de un cereal u otro cultivo de invierno depende del momento de cosecha y de siembra, pero en general se sitúa entre 1 y 2 meses entre octubre y noviembre. En este período resulta poco adecuado establecer un cultivo captador de N ya que, a pesar del elevado riesgo de lluvias abundantes, el cultivo captador de N no puede crecer suficientemente para capturar una cantidad adecuada de N del suelo. El resto de períodos que figuren en la tabla, aunque tienen una duración de más de **cuatro meses y son lo bastante duraderos para plantear el establecimiento de uno de estos cultivos**, a pesar de que en ciertas zonas especialmente áridas la falta de humedad en el suelo en verano puede limitar su crecimiento y en estos lugares

la duración efectiva del período de crecimiento de un cultivo captador de N puede ser menor. En todo caso, en la práctica se deben definir estos períodos de forma más precisa en cada situación.

El **riesgo de producirse lavado de nitratos** fuera de la zona radicular depende de diversos factores, relativos a condiciones muy locales, entre los cuales destacan la probabilidad de **episodios de lluvias abundantes**, la **capacidad del suelo para retener agua** y el **contenido de N mineral** del suelo. El primero depende de las características climáticas de cada zona y período. El segundo está relacionado respecto al suelo con la hondura arraigable, textura y calidad de pedregoso y puede variar mucho entre parcelas y dentro de la misma parcela. Esta información está disponible en el Mapa de Suelos de Cataluña (1:25000) en buena parte de las zonas agrícolas de Cataluña (DARP, 2004). Finalmente, el contenido de N mineral del suelo depende del manejo de la fertilización orgánica y mineral que se lleve a cabo y del momento del año.

Ejemplos

- En una secuencia de cultivos de cereal de invierno (p.ej.: trigo-cebada), será más interesante implantar un cultivo captador de N en el intercultivo (julio-octubre) en una zona con elevada probabilidad de lluvia durante el verano-inicio de otoño (p.ej.: Garrotxa, Solsonès) que en una zona donde la probabilidad de lluvia en este período muy baja (p.ej.: Garrigues, Segrià). En este último caso, la baja precipitación estival condiciona mucho la implantación de cualquier cultivo.
- En lugares donde se espera poca lluvia en el intercultivo tiene sentido implantar un cultivo captador de N cuando el suelo es de menos de 50 cm. y no lo tiene cuando es muy profundo (p.ej.: más de 100 cm.), ya que el riesgo de lavado de nitratos es más alto en el suelo poco profundo.
- En rotaciones de cultivos donde se apliquen cantidades elevadas de N (abono mineral, deyecciones ganaderas, fangos de depuradora), p.ej.: sistemas de regadío, puede ser más necesario implantar cultivos captadores de N que en sistemas donde las entradas de N son menores, p.ej.: sistemas de secano sin ganadería. En los primeros, el riesgo de lavado de nitratos es más elevado ya que hay una mayor cantidad de nitrógeno en circulación.

04 ¿Qué características debe tener un cultivo captador de nitrógeno?

Todas las plantas, según van creciendo, captan N del suelo y, al incorporarlo en su organismo, evitan que se pueda perder por lavado en caso de lluvias importantes o riegos que provoquen drenaje. Pero un cultivo que se implanta con el objetivo específico de captar N y evitar lavado de nitrato del suelo, es necesario que tenga una serie de características que lo hagan lo más eficaz posible:

- **Capacidad de crecimiento rápido.** En un período relativamente corto ha de ser capaz de producir una cantidad de biomasa elevada, para captar la mayor cantidad de N posible.
- **Sistema radicular denso y profundo.** Una elevada densidad de longitud radicular permite explorar el suelo de forma más homogénea y eficaz. Al explorar horizontes de suelo más profundos se puede evitar el lavado de N de las partes del suelo con más riesgo de perder N nítrico fuera de la zona de exploración de los cultivos principales.
- **Contenido elevado de N** en los tejidos. Las especies que de forma natural tienen un contenido de N más elevado en sus tejidos son capaces de captar más N para una misma producción de biomasa. Tienen, por consiguiente, una mayor capacidad de extracción de N.
- **Adaptación para el crecimiento durante el período entre cultivos principales.** El ciclo de desarrollo del cultivo se debe adaptar al período en que ha de crecer la biomasa y extraer N. Se puede hablar de cultivos captadores de N de invierno y cultivos captadores de N de verano. En general, en el verano se requerirán cultivos adaptados a condiciones de sequía y temperaturas elevadas, y en invierno especies resistentes y adaptadas a temperaturas bajas y heladas.

En definitiva, las especies o variedades más idóneas para ser utilizadas como cultivos captadores de N son aquellas que, en la época en que han de crecer, son capaces de extraer la mayor cantidad posible de N del suelo. Aunque no siempre, en general se adaptan mejor a estas características los cultivos que habitualmente se aprovechan para forraje.

La existencia de una cubierta inmediatamente antes de sembrar un cultivo principal de la rotación también puede influir en el desarrollo de éste último. El consumo de agua por parte de la cubierta vegetal puede secar el suelo y condicionar la siembra del cultivo siguiente si no se dispone de un suministro seguro de agua. La influencia de una determinada especie en el desarrollo de adventicias, plagas o enfermedades en el cultivo principal se debe tener en cuenta en el momento de escoger la especie de cultivo captador de N a implantar y en decidir el manejo del cultivo que se realice.

Pero donde la existencia de un cultivo captador de N incide de forma más clara es en la dinámica del N que se produce una vez enterrado y durante el desarrollo del cultivo comercial siguiente. Esta dinámica dependerá, por determinadas condiciones del medio, de la facilidad de descomposición del residuo que se entierre (relacionado con la relación C/N del cultivo), del momento del entierro del cultivo y de la biomasa producida por el cultivo captador de N.



Especie usada como cultivo captador de N de invierno: *facelia*. Foto: A. Roselló y F. Domingo

Ejemplo

- La probabilidad de lluvias primaverales suficientes es muy alta en la Garrotxa y puede permitir una siembra adecuada del maíz, incluso después de un cultivo captador de N que seque el suelo, a pesar de la irregularidad interanual de las lluvias existente.
- Similarmente, en los regadíos de Lleida, la desecación del suelo provocado por un cultivo captador de N que se haya desarrollado durante el otoño y el invierno, no condicionará el cultivo de maíz siguiente, ya que normalmente se riega antes de preparar el terreno para la siembra.

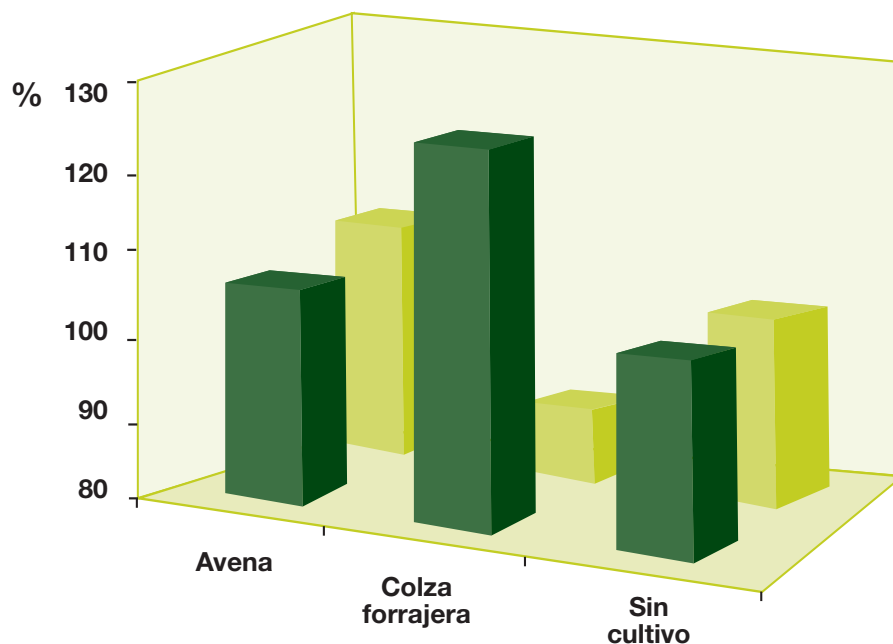
En ensayos realizados en el Baix Empordà se constata que el crecimiento del maíz en los estadios iniciales (hasta 8 hojas desarrolladas) es mayor y el estado nutricional del cultivo (figura 1) es mejor después de un cultivo de colza forrajera que después de un cultivo de avena, utilizados como cultivos captadores de N, hecho que se explica por una mayor velocidad de descomposición de la planta de colza enterrada que de la avena y que comporta una mayor disponibilidad de N durante los primeros estadios de desarrollo del maíz.

Contrariamente, en el mismo ensayo, la producción final del maíz (figura 1) ha sido superior después del cultivo de avena que del de colza forrajera. Ello indica, en este caso, que el N absorbido por el cultivo de avena debe liberarse en el suelo más tarde (cuando las necesidades en N del maíz eran superiores) de lo que ha hecho el captado por la colza forrajera. En el caso de la avena, el cultivo se encuentra en unas condiciones menos limitantes.



CUANDO CRECEN, TODAS LAS PLANTAS CAPTAN N DEL SUELO Y, AL INCORPORARLO A SU ORGANISMO, EVITAN QUE SE PUEDA PERDER POR LAVADO EN CASO DE LLUVIAS IMPORTANTES O RIEGOS QUE PROVOQUEN DRENAJE.

Respuesta del maíz a diferentes cultivos captadores de N



- Contenido de N relativo respecto al testimonio sin cultivo captador de N
- Producción relativa de grano de maíz respecto al testimonio sin cultivo captador de N

Figura 1. Contenido de N relativo en el estadio de 8 hojas desarrolladas y producción relativa de grano de maíz, respecto al manejo sin cultivo captador de N, por dos cultivos captadores de N (avena y colza forrajera) en el Baix Empordà.

05 Principales decisiones que hay que tomar

Una vez asumida la decisión de implantar un cultivo captador y, conocidos el período y la secuencia de cultivos en que éste ha de crecer, hay diversos aspectos del manejo de este cultivo que deben decidirse. Son principalmente tres: la especie que se va a utilizar, la siembra y la finalización del cultivo. Las decisiones deben de tomarse considerando conjuntamente y no de forma aislada, ya que están relacionados entre sí. Además, al no ser un cultivo del que se obtenga un rendimiento económico directo, interesa disminuir el coste del cultivo en la medida que sea posible, y los tres aspectos comentados pueden incidir.

05.01 ¿Qué especie?

En primer lugar, ha de ser **una especie adaptada a la zona y al período** cuando crecerá. Las familias de especies más usadas son las gramíneas y las crucíferas, pero no son las únicas. En períodos de otoño-invierno, en la mayoría de zonas de Cataluña, se pueden adaptar diferen-

tes crucíferas (colza, colza forrajera, mostaza...) y gramíneas (trigo, cebada, forraje, avena, raigrás, centeno...). En la primavera-verano, normalmente las especies que se pueden usar son gramíneas (sorgo forrajero, maíz...), pero también se pueden usar otros (trigo sarraceno, girasol...).

En segundo lugar, se pretende que las **extracciones en el período de crecimiento sean cuanto más elevadas posible**. En general, las crucíferas (colza y similares) tienen un contenido de N más elevado que las gramíneas y extraen una mayor cantidad de N.

En la tabla 2 se presentan el contenido de N y las cantidades de N extraídas por diversas especies usadas como cultivo captador de N en diferentes ensayos realizados en el Baix Empordà. Las mayores extracciones de N se obtienen en el caso de las crucíferas, pero la elección de una u otra especie ha de considerar muchos otros factores.

Como ya hemos dicho, también se deben tener en cuenta los efectos que puedan ocasionar los cultivos captadores de N en el manejo del resto de cultivos de la rotación. Se debe evitar especies

que, para los cultivos siguientes, puedan traer problemas en el control de las adventicias, puedan incrementar el riesgo de enfermedades o plagas, etc. Asimismo, la utilización de especies que tengan una implantación rápida evitará el crecimiento y desarrollo de flora adventicia (malas hierbas) y reducirá problemas en cultivos posteriores.

05.02 ¿Cuándo y cómo sembrar?

La siembra del cultivo captador se debe hacer **lo antes posible para conseguir que mientras crece capte la máxima cantidad de N, antes de iniciarse las lluvias** que pueden provocar lavado de nitrato.

Para la siembra de uno de estos cultivos se pueden seguir los mismos criterios técnicos que en el caso de un cultivo comercial (preparación del terreno, humedad adecuada...). Pero como no se consigue un provecho económico directo, se debe disminuir tanto como se pueda el coste de siembra, que es el principal en estos cultivos. Se pueden disminuir costos si se reducen los trabajos de preparación del terreno. Al mismo tiempo, también se puede avanzar el momento de la siembra que, como se ha dicho, interesa para reducir el riesgo de lavado de nitrato, especialmente en los períodos de otoño-invierno.

Es difícil hacer recomendaciones más concretas sobre este aspecto. En cada caso se debe ver la disponibilidad de maquinaria para sembrar sobre suelo con residuos de cultivo, el manejo que permite cada tipo de suelo, etc.

Hay experiencias en otros lugares, con distintos grados de éxito, de sistemas alternativos de siembra: a porrillo al mismo tiempo que se recolecta el cultivo anterior, con pequeñas modificaciones de la maquinaria de recolección convencional; a través de sistemas de riego por aspersión; siembra en el momento del abonado de cobertura del cultivo anterior y, por tanto, antes de la recolección del cultivo principal, etc. Normalmente, en estos casos, la densidad de siembra que se debe utilizar es superior a la habitual de la especie, para compensar la menor tasa de nacimiento que se produce, ya que se siembra en condiciones no óptimas.

En ocasiones, la posibilidad de siembra puede estar limitada a causa de ciertos aspectos climáticos, p.ej.: siembra después de cereal de invierno en seco y se deberá decidir (en aquellos lugares donde no llueve en verano y el estado de humedad del suelo en el momento de la siembra sea de sequía) si es viable y eficaz un cultivo captador

Tabla 2. Contenido en planta y extracciones de N de diferentes especies usadas como cultivos captadores de N entre dos cultivos de maíz para grano en el Baix Empordà (período de crecimiento: octubre-marzo).

Cultivo captador de N		Contenido en N (%)	Extracciones de N (Kg. N/ha)
Crucíferas	Mostaza	2.5 - 3	100 - 150
	Colza forrajera	2- 3 (en algún caso hasta 4,3)	100 - 250
	Rábano	2.5 - 3	100 - 150
Gramíneas	Avena	1.5 - 2	50 - 100
	Raigrás	1.3 - 1.8 (en algún caso hasta 2.5)	100 - 200

de N en una rotación de cereales de invierno a pesar de que el período teórico de crecimiento sea de 3-4 meses y que, efectivamente, se puedan producir lavados por lluvias abundantes durante los meses de setiembre y octubre.

05.03 ¿Cuándo y cómo finalizar y enterrar el cultivo?

El cultivo se puede finalizar (parar su desarrollo) por medios mecánicos (picar, tritular...) o químicos (herbicidas totales). En muchos lugares donde hay regulación sobre el uso de estos cultivos se tiende a favorecer el uso de medios mecánicos. En el caso de utilizar herbicidas, se debe cuidar que éstos no puedan crear problemas al desarrollo del cultivo siguiente.

El cultivo captador de N se debe enterrar e incorporar al suelo, donde al descomponerse liberará el N que ha captado y lo podrá utilizar el cultivo siguiente. Es recomendable que se incorpore inmediatamente después de la finalización del cultivo para evitar pérdidas de N en la atmósfera. Cuando se utilicen medios mecánicos la finali-



Cultivos captadores de N - raigrás (izquierda) y colza forrajera (derecha) – en el Baix Empordà, antes de su finalización. Foto: M. Duran.

zación y la incorporación en el suelo del cultivo pueden ser simultáneas.

El momento de finalización y/o enterramiento del cultivo se puede decidir en base a diferentes factores:

a. Momento de la siembra del cultivo siguiente.

El cultivo se deberá enterrar con la antelación suficiente para poder preparar bien el terreno para la siembra del cultivo principal. El tiempo entre enterrar y sembrar dependerá, pues, de cada cultivo, del tipo de suelo, de la maquinaria y de otros condicionantes locales.

Pueden haber otros aspectos relacionados con la siembra del cultivo siguiente que pueden condicionar la finalización del cultivo captador de N. Por ejemplo es el caso de la humedad necesaria del suelo para la siembra. Si ésta no está garantizada (lluvia o riego) **puede ser necesario finalizar el cultivo antes de que provoque una desecación excesiva del suelo que pueda comprometer la siembra del cultivo siguiente.**

b. Producción de biomasa y estadio de desarrollo.

En general, el cultivo se finalizará al iniciar la floración o antes, ya que los cultivos extraen la mayor parte del N antes de la floración. Además, no interesa que se produzcan semillas para evitar problemas de adventicias en los cultivos comerciales siguientes.

Las extracciones de N por parte del cultivo aumentan, en general, cuando se incrementa la biomasa producida; así pues, conviene que ésta sea alta. Una producción de 2.000 Kg./ha de materia seca se suele considerar suficiente, a pesar de todo. Producciones excesivamente elevadas pueden dificultar las tareas de incorporación del cultivo al suelo.

05.04 Otros aspectos del manejo

El manejo de estos cultivos se limita, generalmente, a la siembra y la incorporación en el suelo, ya que la finalidad es extraer N y se debe minimizar el coste del cultivo. No se fertiliza, no se hace un control de adventicias, no se protege contra plagas ni enfermedades, etc. Se debe recordar que en la elección de la especie ya se debe de haber intentado evitar que estos cultivos puedan ser fuente de enfermedades o plagas para los cultivos siguientes de la rotación.

En general, tampoco se riega y, como hemos dicho, se deben escoger especies adaptadas a las condiciones de falta de agua durante el verano. Pero pueden haber circunstancias que justifiquen la realización de riegos de apoyo (p.ej.: permitir el crecimiento del cultivo en período seco para que extraiga N y evitar pérdidas en períodos de lluvias importantes inmediatamente posteriores a los períodos secos). Se deberá vigilar que no



Especie usada como cultivo captador de N de invierno: rábano forrajero (izquierda) y especie usada como captador de N de verano: sorgo forrajero (derecha). Fotos: A. Roselló y F. Domingo.

sean riegos excesivos que puedan provocar lavados de nitratos y no se debe usar agua que contenga cantidades elevadas de nitrato (se estaría enriqueciendo el suelo en N nítrico, que es el que se pretende evitar). En todo caso se debe valorar, también, el coste de estos riegos en el momento de decidir su idoneidad.

06 Resumen y consideraciones finales

Los cultivos captadores de N son una herramienta para mejorar la gestión del N en la agricultura, que complementa, y en ningún caso debe sustituir, otras herramientas que se utilicen en esta gestión del N (aplicación razonada de abonos orgánicos y minerales, adecuado planteamiento de la rotación de cultivos, etc.). Se debe saber que, al introducir estos cultivos, se cambia la dinámica de disponibilidad del N en la rotación de cultivos y, en consecuencia, debe adaptarse la gestión del N a este nuevo elemento.

En el momento de decidir implantar un cultivo captador de N, se debe tener en cuenta las posibilidades de éxito al alcanzar el objetivo planteado y considerar las diferentes opciones de manejo que se han comentado. En este sentido es muy útil disponer de información sobre experimentación realizada a nivel local, que puede ayudar a seleccionar la especie más indicada en cada caso, el manejo del cultivo captador de N y la gestión del N en los cultivos principales de la rotación.

Además de los aspectos técnicos, al plantear la inclusión de un cultivo captador de N en una rotación de cultivos extensivos, se deben valorar por un lado el coste que puede suponer este cultivo y, por otro, los beneficios que puede aportar a los otros cultivos de la rotación y los efectos positivos sobre el medio.

En diferentes regiones europeas, la implantación de cultivos captadores de N se promueve mediante diversas medidas. En algunos lugares



AL PLANTEAR LA INCLUSIÓN DE UN CULTIVO CAPTADOR DE NITRÓGENO EN UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS EXTENSIVOS SE DEBE VALORAR, EL COSTE QUE PUEDE SUPONER ESTE CULTIVO Y, LOS BENEFICIOS QUE PUEDE APORTAR A LOS OTROS CULTIVOS DE LA ROTACIÓN Y LOS EFECTOS POSITIVOS SOBRE EL MEDIO.

es obligatoria en zonas designadas vulnerables a la contaminación por nitrato, sobre todo en regiones más húmedas donde la disponibilidad de agua para los cultivos no es un factor tan condicionante como lo es en nuestra tierra. En otros, esta implantación forma parte de medidas agroambientales apoyados por diferentes administraciones en el marco general de la política agraria de la Unión Europea.

Francesc Domingo Olivé.

Plan para la mejora de la fertilización nitrogenada en el Baix Empordà.
IRTA-Estación Experimental Agrícola Mas Badia.
francesc.domingo@irta.es

Albert Roselló Martínez.

IRTA-Estación Experimental Agrícola Mas Badia.
albert.rossello@irta.es

Joan Serra Gironella.

IRTA-Estación Experimental Agrícola Mas Badia.
joan.serra@irta.es

Narcís Teixidor Albert.

Sección de Evaluación de Recursos Agrarios.DARP.
narcis.teixidor@irta.es



Ensayo de especies usadas en invierno como cultivo captador de N en el Baix Empordà. Foto: F. Domingo.



MARTÍ COSTAL ES CONSCIENTE DE LA NECESIDAD DE APLICAR LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS. SU EXPLOTACIÓN DEL BAIX EMPORDÀ TIENE UNAS 60 HECTÁREAS DE CULTIVO DESTINADAS AL CEREAL DE INVIERNO EN SECAÑO, AL MAÍZ, A LOS MELOCOTONEROS Y A LOS MANZANOS. ADEMÁS, COMPLEMENTA ESTA ACTIVIDAD CON LA EXPLOTACIÓN DE PORCINO DE 100 MADRES EN CICLO CERRADO. PRESIDE LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CULTIVOS EXTENSIVOS DEL BAIX EMPORDÀ.

¿Para qué existe la Asociación de Productores del Baix Empordà?

La Asociación nació del "Plan Piloto para la mejora de la fertilización nitrogenada en la agricultura del Baix Empordà". Estamos en una zona vulnerable y los niveles de nitratos de nuestros acuíferos hacen que, en algunos casos, el agua presente algún problema. Desde buen comienzo, se debe culpabilizar a los agricultores del problema. Por eso, cuando se nos propuso la iniciativa de trabajar con las administraciones para buscar soluciones, no dudamos ni un solo momento.

"El código de Buenas Prácticas Agrícolas es una buena guía para poder disfrutar de la herramienta bien hecha"

¿Qué objetivos tiene?

El objetivo de la Asociación es mejorar los sistemas de producción de los cultivos extensivos de manera que se mantenga la productividad alta y se minimicen los efectos desfavorables para el medioambiente.

¿Qué es el Plan Piloto del Baix Empordà?

Es un Plan que pone al alcance de los agricultores herramientas y conocimientos para una mejor gestión del nitrógeno, que afecte menos el medioambiente. Este Plan se inició el 2001 a raíz de

LA ENTREVISTA

Martí Costal

Agricultor y ganadero de Jafre (Baix Empordà)

"DEBE DESTERRARSE LA INERCIA DE HACER LAS COSAS POR RUTINA"

la puesta en común de esfuerzos y con la firma de un convenio por parte del DARP, la Diputación de Girona, el Consell Comarcal del Baix Empordà, la Fundació Mas Badia y, más adelante, la Asociación de Productores de Cultivos Extensivos del Baix Empordà. Las recomendaciones actuales afectan a 1.500 hectáreas dedicadas al cereal de invierno y 300 de maíz.

¿Qué tipo de actividades desarrolla el Plan?

Podemos hablar de tres tipos de actividades. En primer lugar, el asesoramiento al agricultor en la fertilización de cereal de invierno y maíz y en el uso adecuado de los materiales orgánicos de origen ganadero. En segundo lugar, la investigación en aspectos relacionados con la gestión del nitrógeno. Y, finalmente, la transferencia de tecnología y conocimientos al sector productor.

¿Qué objetivos se han conseguido con el uso del Plan?

Se debe destacar que en ocasiones se ha ahorrado hasta un 65% de nitrógeno mineral aportado a los cereales de invierno, reduciendo los costes y evitando el lavado de nitratos.

¿Qué piensa de las Buenas Prácticas Agrícolas?

El código de Buenas Prácticas Agrícolas es una buena guía para poder disfrutar de una herramienta bien hecha. Según creía la generación de mi padre, el mejor productor era el que obtenía más cantidad de cosecha. Ahora, cada día tienen más importancia los medios para obtener esta cosecha y, además, hay que llevar los registros necesarios para demostrarlo.

¿Con respecto a las buenas prácticas agrícolas, qué supone el hecho de vivir en una "zona vulnerable"?

Es un motivo más para actuar con responsabilidad y hacer las cosas lo mejor posible. Es decepcionante ver cómo la mayoría de pueblos de la comarca vierten en sus aguas residuales, sin depurar, en los

torrentes. Por eso creo que es necesario un esfuerzo de toda la sociedad para solucionar el problema de los nitratos. Cada uno debe asumir las responsabilidades que le competan. Con eso quiero decir que los agricultores estamos haciendo los deberes y los tenemos al día y seguimos trabajando en ello. No todo el mundo puede decir lo mismo.

"Es necesario un esfuerzo de toda la sociedad para solucionar el problema de los nitratos"

¿El "purín" es un residuo o es un abono?

El purín es un subproducto de las explotaciones ganaderas que, utilizado de una manera razonada, es un excelente abono que permite sustituir una buena parte del abono químico.

¿Qué cuestiones deben tenerse en cuenta para el abonado de los cultivos y en otros temas como el riego o los tratamientos fitosanitarios, respecto a las buenas prácticas?

Lo más importante es desterrar la inercia de hacer las cosas por rutina y plantearse si realmente se debe hacer la aplicación, saber cuál es el momento más adecuado para llevarla a cabo, cuál es el producto autorizado adecuado menos agresivo para el entorno y, finalmente, si el coste de este tratamiento tendrá compensación en una mejora rentable de la cosecha.

¿Cree que es correcta la imagen de sostenibilidad que deben darse desde la sociedad rural, con respecto al campo?

Creo que la sociedad, en general, no premia suficientemente los esfuerzos del agricultor; sólo debe observarse la buena acogida, por parte del consumidor, de las Marcas Blancas y los "Discounts", donde los productos no tienen ninguna referencia ni del productor ni del sistema de producción. Creo que quien tendría que premiar el esfuerzo de los productores deberían ser las administraciones y los consumidores al hacer su compra.

Ruralcat.
redacció@ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia i Pesca
www.gencat.net/darp



RuralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural
www.ruralcat.net