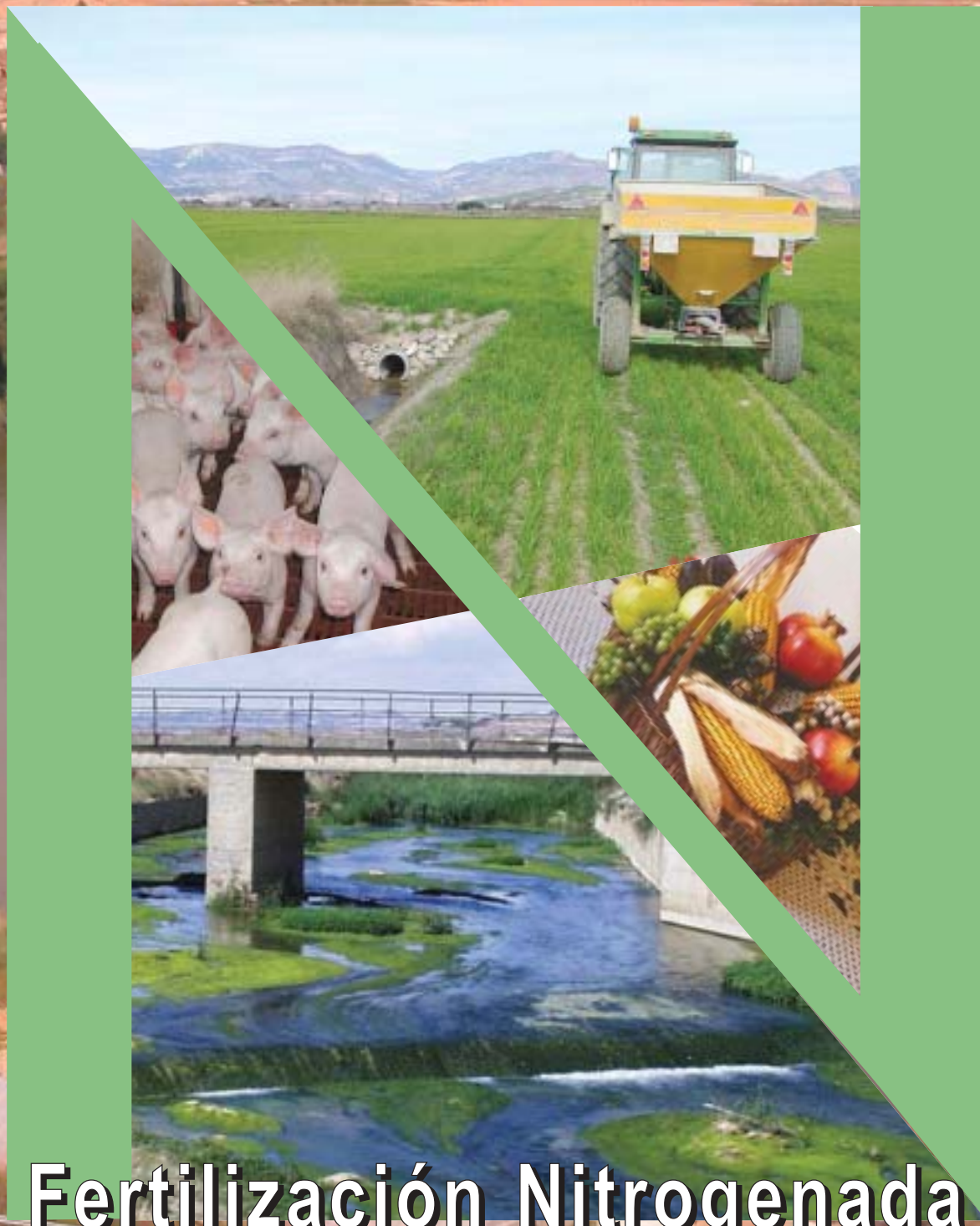


# INFORMACIONES TECNICAS

Dirección General de Desarrollo Rural  
Centro de Transferencia Agroalimentaria

Número extraordinario



## Fertilización Nitrogenada Guía de actualización



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Orientación  
y de Garantía Agrícola



GOBIERNO  
DE ARAGON

Departamento de Agricultura  
y Alimentación

**Edita:** Gobierno de Aragón  
Departamento de Agricultura y Alimentación

**Autores:** (por orden alfabético)  
Andreu J., Betrán J., Delgado I., Espada J.L., Gil M., Gutiérrez M., Iguácel F., Isla R., Muñoz F.,  
Orús F., Pérez M., Quílez D., Sin E., Yagüe M.R.

**Coordinación:** Fernando Orús Pueyo (Centro de Técnicas Agrarias)

**Portada:** El uso intensivo de fertilizantes y estiércoles puede ocasionar problemas medioambientales si no se respeta el equilibrio de todo el sistema.  
Fotos: J. Betrán, D. Quílez, F. Iguacel, F. Orús.

Maquetación: Miguel Angel Hernando (Centro de Técnicas Agrarias)

Imprime: Talleres Editoriales Cometa, S.A.

ISSN: 1137/1730

Depósito Legal

# Fertilización nitrogenada

## Guía de actualización

Andreu J., Betrán J., Delgado I., Espada J.L., Gil M.,  
Gutiérrez M., Iguácel F., Isla R., Muñoz F., Orús F.,  
Pérez M., Quílez D., Sin E., Yagüe M.R.

2006



# Indice

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
<b>0</b> <b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>1</b> <b>El balance del nitrógeno en la agricultura</b> .....	<b>11</b>
1.1. Introducción .....	12
1.2. Estimación de las necesidades de nitrógeno de la superficie cultivada en Aragón .....	13
1.2.1. Estimación a partir de datos de producciones y superficies de cultivo .....	13
1.2.2. Estructura del balance del nitrógeno en Aragón realizada por el M.A.P. y A. ....	18
1.3. Estimación del nitrógeno contenido en los estiércoles producidos en Aragón .....	20
1.4. Conclusiones .....	21
Referencias bibliográficas .....	21
<b>2</b> <b>Revisión de la fertiización nitrogenada</b> .....	<b>23</b>
2.1. Breve historia de la fertilización .....	24
2.2. Efectos de los fertilizantes .....	26
2.3. El nitrógeno y sus formas .....	29
2.4. La necesidad de nitrógeno .....	29
2.5. El ciclo del nitrógeno .....	30
2.6. Cantidades de nitrógeno implicadas .....	34
2.7. Eficiencia del nitrógeno fertilizante .....	34
2.8. Medidas a adoptar .....	36
Referencias bibliográficas .....	37
<b>3</b> <b>Lavado de nitrato y riego</b> .....	<b>39</b>
3.1. Introducción .....	40
3.2. Factores que afectan al lavado de nitratos .....	41
3.3. Manejo del riego y lavado de nitrato .....	45
3.4. Prácticas que reducen el lavado de nitrato .....	50
Referencias bibliográficas .....	51
<b>4</b> <b>Estiércoles y fertilización nitrogenada</b> .....	<b>53</b>
4.1. Introducción .....	54
4.2. Estiércoles y disponibilidad del nitrógeno .....	55
4.3. La materia orgánica .....	58
4.4. Purín porcino .....	59
4.5. Conclusiones .....	62
Referencias bibliográficas .....	62
<b>5</b> <b>Referencias para la fertilización nitrogenada y razonamiento del aporte del resto de nutrientes</b> .....	<b>63</b>
5.1. Consideraciones sobre la fertilidad del suelo y los factores limitantes del crecimiento vegetal .....	65
5.2. Elementos requeridos en el crecimiento de las plantas .....	65
5.3. Leyes básicas de la fertilización .....	66
5.4. Fertilización nitrogenada .....	67
5.5. Fertilización fosfórica .....	70
5.6. Fertilización potásica .....	73
5.7. Técnicas de manejo que favorecen la gestión de los nutrientes .....	75
5.8. Necesidades de nutrientes de los cultivos .....	75
5.9. Conclusiones y recomendaciones .....	76
Referencias bibliográficas .....	77
<b>6</b> <b>La fertilización nitrogenada de los cultivos extensivos</b> .....	<b>79</b>
6.1. Introducción .....	80
6.2. Cereales de invierno .....	81
6.3. Cultivo del maíz .....	85
6.4. Cultivo del girasol .....	88
6.5. Cultivo de las habas .....	89
6.6. Cultivos extensivos .....	89
6.7. Orientaciones de abonado .....	91
6.8. Conclusión / resumen .....	93
Referencias bibliográficas .....	93

<b>7</b>	<b>Uso eficiente del nitrógeno en la fertilización de los frutales caducifolios</b> .....	<b>95</b>
	7.1. Introducción .....	96
	7.2. El nitrógeno .....	97
	7.3. El nitrógeno en el suelo .....	98
	7.4. La determinación del contenido de nitrógeno mineral en el suelo .....	98
	7.5. Coeficiente de utilización del nitrógeno .....	98
	7.6. Balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta .....	99
	7.7. Determinación de las extracciones o salidas de nitrógeno del sistema .....	99
	7.8. Aportaciones o entradas de nitrógeno al sistema .....	102
	7.9. Epocas o estados fenológicos de aplicación del nitrógeno .....	105
	7.10. Como fertilizar .....	106
	7.11. Vigilancia del estado nutricional de los árboles .....	108
	Referencias bibliográficas .....	112
<b>8</b>	<b>Cultivo de la viña y fertilización nitrogenada</b> .....	<b>113</b>
	8.1. Generalidades .....	114
	8.2. Absorción de nitrógeno .....	115
	8.3. Suelo y clima como condicionantes de la fertilización nitrogenada en vid .....	115
	8.4. Utilización del nitrógeno y desarrollo vegetativo anual .....	115
	8.5. Abonado .....	116
	Referencias bibliográficas .....	117
<b>9</b>	<b>El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas</b> .....	<b>119</b>
	9.1. Introducción .....	120
	9.2. Mejora de la eficiencia del agua de riego y de los fertilizantes en fertirrigación .....	121
	Referencias bibliográficas .....	127
<b>10</b>	<b>La fertilización nitrogenada y el cultivo de la alfalfa</b> .....	<b>129</b>
	10.1. Fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas .....	130
	10.2. La fertilización nitrogenada de cobertera en el cultivo establecido de alfalfa .....	130
	10.3. Efecto de la fertilización nitrogenada tras el corte sobre la capacidad de rebrote de la alfalfa .....	133
	10.4. La alfalfa como capturadora del exceso de nitratos del suelo .....	135
	10.5. La alfalfa como potencial contaminadora de nitratos .....	136
	Referencias bibliográficas .....	137
<b>11</b>	<b>Economía de la fertilización en agricultura</b> .....	<b>139</b>
	11.1. Aspectos técnicos, económicos y ambientales de la fertilización .....	140
	11.2. Costes de fertilización de los cultivos más representativos de la región .....	145
	11.3. Costes de fertilización con fertilizantes orgánicos .....	147
	Referencias bibliográficas .....	148
<b>12</b>	<b>Normativa legal (zonas vulnerables) y obligaciones de agricultores y ganaderos</b> ...	<b>149</b>
	12.1. Antecedentes .....	150
	12.2. Aspectos básicos a retener de nuestra normativa (Aragón) .....	151
	Referencias bibliográficas .....	158
<b>13</b>	<b>Confección de los planes de abonado(zonas vulnerables)</b> .....	<b>159</b>
	Referencias bibliográficas .....	164
<b>14</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>169</b>

## Introducción

Este trabajo sobre la fertilización nitrogenada tiene su origen en la acción divulgativa que el Departamento de Agricultura y Alimentación ha llevado a cabo, entre octubre de 2004 y mayo de 2005, en localidades cuyos términos municipales están incluidos en la declaración de Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos. Esta divulgación se realizó con los técnicos de Agricultura y Alimentación, y la colaboración de investigadores del Centro de Investigación y Transferencia Agroalimentaria (CITA).

La revisión del uso del nitrógeno (N) en la fertilización, que aquí se presenta, es de aplicación a todas las situaciones de cultivo y no sólo a las zonas declaradas vulnerables. El ajuste de las dosis de nitrógeno tendría en una primera instancia agronómica una doble motivación: de economía de producción y de sostenibilidad del sistema (agrario). En una visión más amplia, contemplando el suelo, el agua y la atmósfera, las razones medioambientales apoyarían y reforzarían esa primera motivación.

Las limitaciones vigentes en los programas de actuación en Zonas Vulnerables, vienen impuestas por la constatación de niveles superiores a 50 mgr/litro de nitratos en las aguas subterráneas de esas zonas, pero los criterios para la planificación del abonado nitrogenado que se siguen en esta publicación, tienen validez general.

Confiamos en que agricultores y ganaderos encuentren en los capítulos que siguen, una guía práctica para llevar a cabo una fertilización razonada, con los menores aportes posibles, utilizando recursos que tienen disponibles a buen precio (incluso a veces, gratuitos), pues ello redundará primero, en su economía, y segundo, en el interés general salvaguardando el medio ambiente. Aquellos cuya explotación esté situada en zona declarada como Vulnerable encontrarán además, en los dos últimos capítulos, referencias precisas sobre la aplicación de los Programas de Actuación en dichas zonas.

### **Justificación de las consideraciones medioambientales en la fertilización nitrogenada**

El Programa medioambiental de Naciones Unidas en su informe de 2002 (1) reitera advertencias anteriores sobre los riesgos de las alteraciones que la intervención humana está introduciendo en el ciclo del nitrógeno. En lo que respecta a la intensificación agrícola y en particular los excesos de la fertilización nitrogenada, indica que:

*“La agricultura intensiva a menudo conduce también a la eutrofización de los hábitat de agua dulce, lo cual provoca desoxigenación del agua, la producción de toxinas y la disminución general del estado de conservación de la fauna y flora silvestres (EEA 2001). Cerca del 46% de los sitios lacustres de Europa contemplados en el Convenio Ramsar, han sufrido disminución de la calidad del agua, en gran parte como resultado de la eutrofización (EEA 2001). Los hábitat de los humedales también han sido afectados al reclamarse más tierras para la agricultura. En España solamente, más del 60% de los humedales de agua dulce ha desaparecido en el espacio de 25 años (Casado y otros,1992)”.*

También en lo que respecta a la contaminación atmosférica y a la calidad del aire, advierte:

*“...Mediante una serie de protocolos, que establecen objetivos de reducción respecto de los principales contaminantes atmosféricos, este tratado (CLRTAP: Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, 1979) ha sido el catalizador de las medidas tomadas por los gobiernos de Europa, Canadá y Estados Unidos para implementar sus políticas nacionales de reducción de emisiones (UNECE 1995). El más reciente, es el Protocolo para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico, de 1999, que establece nuevas metas de reducción para emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, y amoníaco (NH<sub>3</sub>) (UNECE 2000)”.*

*“El exceso de nitrógeno (bajo forma de nitrato o de amoníaco) promueve la eutrofización, especialmente de las zonas costeras. La lluvia ácida daña a los ecosistemas, provoca defoliación, corrosión de monumentos y edificios históricos y reduce los rendimientos agrícolas”.*

Europa estableció en 1991 la Directiva 91/676/CEE <sup>(2)</sup> y a pesar de los avances realizados en sus catorce años de vida, es preciso consolidar su aplicación y a través de su cumplimiento, garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrarios y de la salud pública y medioambiental.

El Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, además de establecer la normativa aplicable que contempla la puesta en práctica del Código de Buenas Prácticas Agrarias, viene realizando una constante labor de divulgación para racionalizar la fertilización nitrogenada, mineral, y especialmente la orgánica, como evidencian las referencias reseñadas al final de esta introducción. Con esta publicación que ahora se presenta, se actualiza y resume buena parte de esa labor.

## **Sobre los contenidos de este libro:**

El lector encontrará en el capítulo 1 datos elaborados sobre las necesidades de nitrógeno de los cultivos y el balance de nitrógeno en la Comunidad Autónoma de Aragón. Aunque en ese capítulo se manejan referencias globales, cabría, y sería necesario, utilizar referencias comarcales o locales para estudiar especialmente el fenómeno de las sobrecargas ganaderas. Se preconiza igualmente la necesidad de fertilizar bien con nitrógeno, en cualquier situación y no sólo en las Zonas Vulnerables.

Los capítulos 2 y 5 hacen un amplio repaso de todos los aspectos que condicionan la fertilización nitrogenada, justifican esa revisión actual, e incluyen además la fertilización con fósforo y potasa, que deben estar siempre presentes en un plan general de fertilización. También recuerdan con acierto, que las prácticas de fertilización no pueden plantearse como una acción puntual de un momento determinado, sino más bien como un Plan bien pensado a medio plazo, donde intervienen el conjunto de la explotación y cada parcela en particular, las alternativas de cultivo seguidas y la eventualidad de la meteorología.

Sobre las técnicas de riego (Capítulo 3), queda claro que pueden constituir el factor fundamental a la hora de corregir los lavados de nitratos, especialmente en las Zonas Vulnerables, con abrumadora mayoría situadas en zonas de regadío. Podemos precisar y restringir los aportes nitrogenados a la perfección, pero si no se corrigen las deficiencias del riego, pueden resultar minimizados el resto de esfuerzos.

El capítulo 4, repasa las características de los distintos tipos de estiércol, los distintos contenidos y formas del nitrógeno en cada uno de ellos, y se centra en los estiércoles fluidos (purines) por su importancia en nuestra Comunidad.

La fertilización nitrogenada de los diferentes cultivos: extensivos, frutales, vid, hortícolas, y alfalfa, se recogen en los capítulos 6 al 10, apuntando también los riesgos de sus excesos respecto a la calidad y conservación de los frutos (uva y fruta dulce), o al elevado contenido de nitratos de aquellas hortícolas que se consumen especialmente por sus hojas.

El tema de la economía de la fertilización nitrogenada, debería ser determinante, a la hora de convencernos por una fertilización correcta—medioambientalmente hablando—, tal como se aprecia en el capítulo 11 específico de este tema y en algunos más, precisamente porque los óptimos económicos coinciden con las recomendaciones medioambientales que recogen los Programas de Actuación de las Zonas vulnerables.



En los capítulos 12 y 13, se trata de comentar por una parte, la normativa aragonesa más reciente (2005) desde el punto de vista técnico, y de facilitar el cumplimiento o llevanza de los Libros-registro de aplicación de fertilizantes, con la exposición de algunos ejemplos y cómo pueden razonarse.

En los Anexos finales, recogemos tres normativas básicas, que entendemos pueden ayudar a comprender, el problema de la contaminación agraria por nitratos, y las medidas que la Administración establece para corregirlo, y a título de “palabras clave”, incluimos el artículo 2 de Definiciones del Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes <sup>(16)</sup>

También ha de reconocerse que existen todavía determinadas “lagunas” en el conocimiento, como pueden ser el manejo de los riegos relacionado con la fertilización, el comportamiento de cada uno de los estiércoles en las variadas situaciones de suelo y clima, la fijación biológica de cada tipo de leguminosa en secano y regadío, los nuevos subproductos orgánicos que se ofertan al cultivador (lodos, composts de residuos urbanos, subproductos animales y otros), la tecnología de la maquinaria más adecuada para aplicar esos subproductos y estiércoles y su relación con el laboreo del terreno, etc, etc..

En estas líneas de trabajo, los recursos de la transferencia y la investigación requieren una amplia dotación para poder avanzar a buen ritmo, y es necesario llevar a cabo una coordinación permanente en los proyectos a emprender.

### **Unas sugerencias finales:**

- A los agricultores de las Zonas Vulnerables con dudas sobre las Normas que les obligan a no sobrepasar unas cantidades máximas de N por unidad de cosecha, les sugerimos que realicen algún ensayo sencillo: Abonando en una parte (un 25% ó 30%, del total) de una parcela homogénea, con dosis de nitrógeno –por debajo de las máximas que establece la Norma, y en función precisamente del conocimiento que puede tener o recabar de los aportes indirectos-, y el resto, con el máximo que establece la Norma (II Programa de Actuación, ver capítulo de Anexos), y al menos durante tres años consecutivos. En el capítulo 13 se puede observar, aunque con ejemplos teóricos, que dichos aportes indirectos pueden suponer en determinadas circunstancias, un porcentaje significativo de las necesidades totales (máximas, de la norma) del cultivo.
- A las Entidades (especialmente Comunidades de Regantes, Cooperativas, etc): solicitamos su colaboración en la labor de difundir todos los conocimientos sobre los aportes indirectos de N (agua de riego, contenidos de materia orgánica de los suelos de su área, etc) que puedan ayudar a convencer de su realidad, y en consecuencia a mejorar los aportes del nitrógeno con los mínimos excedentes posibles.

### **Agradecimientos:**

Este trabajo se presenta como un número especial de la serie Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación, que ha sido la publicación más genuina del Centro de Técnicas Agrarias en la etapa 1986-2005. A partir del 2006, el Centro se integra en una Unidad más amplia: el CENTRO DE TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA (Decreto 238/2005, de 22 de noviembre), desde donde los trabajos experimentales sobre estos temas se continúan y potencian.

Nos congratulamos de presentar este trabajo colectivo, entre investigadores y divulgadores, coordinado desde el Centro de Técnicas Agrarias, y a la par, manifestar nuestro agradecimiento a todos aquellos colaboradores, que además de los autores, han permitido sacar a la luz este proyecto divulgativo.

Fernando Orús Pueyo  
Coordinador  
Montañana-Zaragoza, junio de 2006

## Referencias:

- <sup>(1)</sup> Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO-3. Edit. Mundi Prensa, 2002.
- <sup>(2)</sup> Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. 91 / 676 / CEE.
- <sup>(3)</sup> Orús F., 1993. El estiércol fluido porcino: I. Normativa comunitaria (91/676/CEE) y su aplicación como fertilizante. Información Técnica Nº 3/1993, del Dpto. de Agricultura, Ganadería y Montes.DGA.
- <sup>(4)</sup> Vega C., et al.,1997. Estudio de una alternativa en secano semiárido. 1990-1996. Gallocanta (Zaragoza). Inform.Técnica del Dpto de Agricultura, Nº 28/1997
- <sup>(5)</sup> Betrán J., Pérez M., et al. 1997. Respuesta del cereal en secano, al abonado NPK. Inf. Técnica del Dpto de Agricultura, Nº 30/1997.
- <sup>(6)</sup> Betrán J., Pérez M.,et al., 2000. Evolución de la fertilidad del suelo y respuesta de los cultivos. Inf.Técnica Nº 81/2000.
- <sup>(7)</sup> Orús F., Quílez D. y Betrán J. 2000. El Código de buenas prácticas agrarias (I). Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos. Inf.Técnica Nº 93/2000.
- <sup>(8)</sup> Villa F., Betrán J.et al., 2002. Estudio del efecto de distintas dosis de N y K con sus fraccionamientos, sobre la producción y calidad de la cebolla tipo grano de oro. Inf.Técnica, Nº 112/2002.
- <sup>(9)</sup> Serra A., Betrán J. y Orús F. 2002. Ensayos de fertilización con estiércol fluido porcino. Cebada en secanos semiáridos. Inf.Técnica Nº 117/2002.
- <sup>(10)</sup> Espada J.L.,2002. El nitrógeno en la fertilización razonada de frutales: producción, calidad de fruta y medioambiente. Inf.Técnica, Nº 119/2002.
- <sup>(11)</sup> Orús F. 2003. Estiércoles, nitrógeno y cargas ganaderas. Criterios para la evaluación del contenido de N de los estiércoles, según la U.E. Inf.Técnica, Nº 123/2003.
- <sup>(12)</sup> Pérez M., Gutiérrez M., et al., 2004. Abonos estabilizados. Avance de resultados de ensayos en cultivo de maíz. Inf.Técnica, Nº 137/2003.
- <sup>(13)</sup> Espada J.L., 2004. La fertilización razonada del olivar. Inf.Técnica, Nº 140/2004.
- <sup>(14)</sup> Pardo G., Villa F., et al.,2004. Producción ecológica de cereales en secano semiárido. Inf.Técnica, Nº 144/2004.
- <sup>(15)</sup> Gil M., 2004. La gestión del nitrógeno en la explotación agraria. Inf.Técnica, Nº 147/2004
- <sup>(17)</sup> Mº de la Presidencia. Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes. BOE nº 171, de 19 de julio.

# Capítulo

# 1

## El balance del nitrógeno en la agricultura

*Autores:*

*Fernando Orús Pueyo* Centro de Técnicas Agrarias, D.G.A.  
*Elena Sin Imaz* Servicio de Programas Rurales, D.G.A.



*"El suelo agrícola es un recurso inestimable y limitado, cuyo potencial agronómico actual se debe a la labor desarrollada por el hombre durante siglos. La degradación irreversible de este recurso supone, no sólo destruir el bien más preciado de los agricultores, sino de hipotecar las oportunidades agrícolas de generaciones futuras. Por este motivo, la protección del suelo constituye un objetivo prioritario en un buen abonado, para garantizar su fertilidad y su valor agronómico, presente y futuro..." (Introducción del R.D. 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes)*

## El balance del nitrógeno en la agricultura

### 1.1. Introducción

Con los datos de 2002 y 2003, el Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación (MAP yA), ha elaborado los primeros Balances de Nitrógeno en la Agricultura Española (2004, 2005)<sup>(1,2)</sup>, así como los parciales correspondientes a cada Comunidad Autónoma. El balance del nitrógeno, resulta de calcular la diferencia entre las entradas y salidas en las superficies de cultivo (herbáceos y leñosos) y en las zonas de pastoreo exclusivo. Un balance positivo, supone que las entradas superan a las salidas de nitrógeno, y que podría derivar en algún caso en una ruptura del equilibrio natural del sistema.

El análisis del balance anual en un territorio a través del tiempo, permitiría evaluar la situación estructural, y conducir a la adopción de los mecanismos necesarios para evitar la degradación del sistema agrario y del conjunto de los ecosistemas.

En los últimos años, la producción de subproductos orgánicos con alto contenido de nitrógeno presenta una tendencia creciente. Además de los estiércoles, particularmente el del porcino ("purín"), los lodos de depuradoras, compost (rsu), harinas animales y otros, vienen a aumentar la cantidad de subproductos que es preciso reciclar. La agricultura ha sido tradicionalmente la opción más económica para acoger a estos productos y utilizarlos como fertilizantes pero, debido a los volúmenes producidos, en determinados territorios la capacidad de absorción agrícola es insuficiente y se han impuesto restricciones al desarrollo de actividades que puedan poner en peligro el mantenimiento de un balance de N equilibrado. Paralelamente, se han desarrollado procesos industriales para su tratamiento, obtención de energía, e incluso eliminación de dichos subproductos, aunque sus costes hacen difícil por el momento, su implantación y generalización.

Para que la agricultura siga desempeñando el papel de acogida y reciclado de estos subproductos orgánicos, sería necesario que una parte de la fertilización mineral fuese sustituida por la orgánica, y que se mantenga el equilibrio del balance del nitrógeno.

Teniendo como referencia las producciones de la agricultura y de los censos ganaderos de Aragón, se lleva a cabo un ejercicio de estimación de las entradas o aportes de N, del balance del N establecido por el MAPyA y del contenido de N de los estiércoles, que entendemos demuestra la necesidad de controlar de forma, cada vez más estrecha, las aportaciones de nitrógeno a la agricultura.



## 1.2. Estimación de las necesidades de nitrógeno de la superficie cultivada en Aragón

### 1.2.1. Estimación a partir de datos de producciones y superficies de cultivo.

En el 2000, Orús, Quílez y Betrán <sup>(3)</sup> establecen una primera estimación de lo que podían ser las necesidades de nitrógeno de los cultivos de Aragón, sobre las producciones y superficies recogidas en el Anuario Estadístico de 1999, a partir de la hipótesis de que los consumos reales fueran del orden de un 120% de las necesidades o extracciones estrictas de las producciones medias allí reflejadas. Para ese año, se obtuvo una cifra global de 110.163 toneladas de nitrógeno, incluyendo las leguminosas, y reducidas a 75.463,9 toneladas cuando se excluyen dichos cultivos, en el entendimiento de que tales especies (leguminosas) no precisan de nitrógeno externo, pues son capaces de obtenerlo del aire a través de los rizobium de sus raíces.

A fin de disponer de la estimación en años sucesivos, hemos recogido igualmente, en las páginas que siguen, las mismas tablas referidas a los tres años siguientes: 2000, 2001 y 2002<sup>(4)</sup>, y calculadas del mismo modo que la de 1999.

En dichas tablas, las columnas, de izquierda a derecha corresponden a:

- 2ª columna: Superficie total del cultivo (secano + regadío),
- 3ª columna: Producción en Toneladas: total, de secano + regadío.
- 4ª columna: Producción media (kg/ha) del total de hectáreas (secano + regadío).
- 5ª columna: Ext. ref.: extracción media de referencia (kilos de N / tonelada de producto).
- 6ª columna: Extracción: Ext. ref. x producción media (4ª columna).
- 7ª columna: Estimación abonado: Extracción x 1,20.
- 8ª columna: Consumo total t: Superficie total (ha) x estimación abonado.
- 9ª columna: % s/total: % del N estimado para ese cultivo, respecto al total de todos los cultivos.



*En Aragón, los cereales en conjunto, consumen la mayor parte del nitrógeno utilizado en nuestros cultivos, con casi un 62% del total. (Foto: F. Orús).*

Tabla nº 1. Extracciones y estimación de consumos de nitrógeno en los cultivos de Aragón (S/datos del Anuario Estadístico Agrario de Aragón, año 2000).<sup>(4)</sup>

Cultivo	Superficie total (ha)	Producción (t)	Prod. media (kg/ha)	Extr. ref	Extracción	Estimac. abonado	Consumo total t	% s total
TRIGO DURO	217.572	257.487,08	1.183,46	27,0	31,95	38,34	8.342,58	6,88%
TRIGO BLANDO	110.892	376.874,04	3.398,57	27,0	91,76	110,11	12.210,72	10,07%
CEBADA 2 carreras	261.710	823.475,48	3.146,52	23,0	72,37	86,84	22.727,92	18,75%
CEBADA 6 carreras	121.907	308.649,30	2.531,84	23,0	58,23	69,88	8.518,72	7,03%
AVENA	20.204	43.833,65	2.169,55	30,0	65,09	78,10	1.578,01	1,30%
CENTENO	3.261	5.787,32	1.774,71	27,0	47,92	57,50	187,51	0,15%
ARROZ	14.054	77.184,57	5.492,00	22,0	120,82	144,99	2.037,67	1,68%
MAIZ	78.504	729.187,72	9.288,54	28,0	260,08	312,10	24.500,71	20,21%
SORGO	1.285	4.435,41	3.451,68	35,0	120,81	144,97	186,29	0,15%
<b>Total Cereales</b>	<b>829.389</b>	<b>2.626.914,57</b>	<b>3.604,10</b>				<b>80.290,13</b>	<b>66,23%</b>
HABAS SECAS	641	1.250,51	1.950,87	52,0	101,45	121,73	78,03	0,06%
LENTEJAS	174	119,78	688,38	52,0	35,80	42,95	7,47	0,01%
GARBANZOS	745	430,01	577,20	52,0	30,01	36,02	26,83	0,02%
GUISANTES SECOS	3.099	4.229,58	1.364,82	50,0	68,24	81,89	253,77	0,21%
VEZA GRANO	19.597	6.853,42	349,72	50,0	17,49	20,98	411,20	0,34%
YEROS	7.200	7.594,83	1.054,84	50,0	52,74	63,29	455,69	0,38%
<b>Total Leguminosas</b>	<b>31.456</b>	<b>20.478,12</b>	<b>997,64</b>				<b>1.233,01</b>	<b>1,02%</b>
PATATA TEMPRANA	73	1.793,46	24.568,00	7,5	184,26	221,11	16,14	0,01%
PATATA MEDIA ESTAC.	920	23.755,51	25.821,21	4,5	116,20	139,43	128,28	0,11%
PATATA TARDÍA	565	2.376,41	4.206,03	4,5	18,93	22,71	12,83	0,01%
<b>Total Tubérculos</b>	<b>1.558</b>	<b>27.925,38</b>	<b>18.198,41</b>				<b>157,25</b>	<b>0,13%</b>
LINO OLEAGINOSO	3.024	2.634,42	871,17	26,0	22,65	27,18	82,19	0,07%
GIRASOL	10.928	8.305,57	760,03	50,0	38,00	45,60	498,33	0,41%
COLZA	2.632	3.615,38	1.373,62	44,0	60,44	72,53	190,89	0,16%
SOJA	28	122,00	4.357,00	80,0	348,56	418,27	11,71	0,01%
<b>Total Industrial</b>	<b>16.612</b>	<b>14.677,36</b>	<b>1.840,46</b>				<b>783,13</b>	<b>0,65%</b>
MAIZ FORRAJERO	2.115	139.331,97	65.878,00	3,0	197,63	237,16	501,60	0,41%
ALFALFA	85.705	5.769.961,79	67.323,51	4,5	302,96	363,55	31.157,79	25,70%
VEZA FORRAJERA	1.057	22.618,23	21.398,51	4,5	96,29	115,55	122,14	0,10%
<b>Total Forrajes</b>	<b>88.877</b>	<b>5.931.911,99</b>	<b>51.533,34</b>				<b>31.781,53</b>	<b>26,22%</b>
ESPÁRRAGOS	173	606,02	3.503,00	25,0	87,58	105,09	18,18	0,01%
REPOLLO	90	2.275,02	25.278,00	5,0	126,39	151,67	13,65	0,01%
LECHUGA	448	9.562,56	21.345,00	1,8	38,42	46,11	20,66	0,02%
SANDÍA	93	3.229,98	34.731,00	5,0	173,66	208,39	19,38	0,02%
MELÓN	51	1.434,99	28.137,00	5,0	140,69	168,82	8,61	0,01%
TOMATE	1.821	90.906,14	49.921,00	2,2	109,83	131,79	239,99	0,20%
PIMIENTO	799	11.527,97	14.428,00	3,6	51,94	62,33	49,80	0,04%
ALCACHOFA	306	3.989,02	13.036,00	8,0	104,29	125,15	38,29	0,03%
COLIFLOR	455	6.377,74	14.017,00	4,0	56,07	67,28	30,61	0,03%
AJO	58	367,02	6.328,00	12,0	75,94	91,12	5,29	0,00%
CEBOLLA	839	33.169,87	39.535,00	3,9	154,19	185,02	155,23	0,13%
JUDÍA VERDE	620	5.592,33	9.019,90	21,0	189,41	227,30	140,92	0,12%
GUISANTES VERDES	1.791	9.012,31	5.032,00	12,5	62,90	75,48	135,18	0,11%
HABAS VERDES	801	4.524,05	5.648,00	21,0	118,61	142,33	114,01	0,09%
<b>Total Hortalizas</b>	<b>8.345</b>	<b>232.906,06</b>	<b>25.081,29</b>				<b>2.258,16</b>	<b>1,86%</b>
MANZANO	11.863	222.719,77	18.774,32	2,5	46,94	56,32	668,16	0,55%
PERAL	10.273	164.329,36	15.996,24	2,4	38,39	46,07	473,27	0,39%
ALBARICOQUERO	914	9.208,82	10.075,29	3,5	35,26	42,32	38,68	0,03%
CEREZO	9.354	47.074,63	5.032,57	5,0	25,16	30,20	282,45	0,23%
MELOCOTONERO	17.540	325.572,36	18.561,71	3,5	64,97	77,96	1.367,40	1,13%
CIRUELO	2.125	13.059,26	6.145,53	3,5	21,51	25,81	54,85	0,05%
ALMENDRO	69.209	44.920,84	649,06	5,0	3,25	3,89	269,53	0,22%
<b>Total Frutales</b>	<b>121.278</b>	<b>826.885,02</b>	<b>10.747,82</b>				<b>3.154,33</b>	<b>2,60%</b>
VIÑEDO VINIFICACIÓN	49.158	138.556,13	2.818,59	7,0	19,73	23,68	1.163,87	0,96%
<b>Total Viñedo</b>	<b>49.158</b>	<b>138.556,13</b>	<b>2.818,59</b>				<b>1.163,87</b>	<b>0,96%</b>
OLIVAR ALMAZARA	57.858	22.297,35	385,38	15,0	5,78	6,94	401,35	0,33%
OLIVAR MESA	458	407,00	888,65	15,0	13,33	16,00	7,33	0,01%
<b>Total Olivar</b>	<b>58.316</b>	<b>22.704,35</b>	<b>637,01</b>				<b>408,68</b>	<b>0,34%</b>
<b>Total general</b>	<b>1.204.989</b>	<b>9.842.958,98</b>					<b>121.230,09</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total sin leguminosas</b>	<b>1.086.743</b>	<b>4.029.778,85</b>					<b>88.705,44</b>	<b>73,17%</b>

Tabla nº 2. Idem, de 2001. (4)

Cultivo	Superficie total (ha)	Producción (t)	Prod. media (kg/ha)	Extr. ref	Extracción	Estimac. abonado	Consumo total t	% s total
TRIGO DURO	220.906	151.149	684,22	27,0	18,47	22,17	4.897,21	4,41%
TRIGO BLANDO	79.154	205.125	2.591,46	27,0	69,97	83,96	6.646,04	5,98%
CEBADA	356.913	699.261	1.959,19	23,0	45,06	54,07	19.299,61	17,37%
AVENA	19.882	33.260	1.672,89	30,0	50,19	60,22	1.197,37	1,08%
CENTENO	3.887	2.998	771,19	27,0	20,82	24,99	97,12	0,09%
ARROZ	14.171	86.613	6.112,00	22,0	134,46	161,36	2.286,59	2,06%
MAIZ	99.401	956.937	9.627,04	28,0	269,56	323,47	32.153,09	28,93%
SORGO	975	5.049	5.178,29	35,0	181,24	217,49	212,05	0,19%
<b>Total Cereales</b>	<b>795.289</b>	<b>2.140.392</b>	<b>3.574,54</b>				<b>66.789,09</b>	<b>60,10%</b>
HABAS SECAS	458	873	1.907,00	52,0	99,16	119,00	54,50	0,05%
LENTEJAS	346	207	597,28	52,0	31,06	37,27	12,90	0,01%
GARBANZOS	761	444	583,22	52,0	30,33	36,39	27,69	0,02%
GUISANTES SECOS	3.784	5.433	1.435,66	50,0	71,78	86,14	325,95	0,29%
VEZA GRANO	15.240	7.217	473,56	50,0	23,68	28,41	433,02	0,39%
YEROS	13.889	4.615	332,25	50,0	16,61	19,94	276,88	0,25%
<b>Total Leguminosas</b>	<b>34.478</b>	<b>18.788</b>	<b>888,16</b>				<b>1.130,94</b>	<b>1,02%</b>
PATATA TEMPRANA	58	1.878	32.376,00	7,5	242,82	291,38	16,90	0,02%
PATATA MEDIA ESTAC.	654	12.657	19.352,91	4,5	87,09	104,51	68,35	0,06%
PATATA TARDÍA	632	1.980	3.132,94	4,5	14,10	16,92	10,69	0,01%
<b>Total Tubérculos</b>	<b>1.344</b>	<b>16.515</b>	<b>18.287,28</b>				<b>95,94</b>	<b>0,09%</b>
LINO OLEAGINOSO	1.577	1.433	908,75	26,0	23,63	28,35	44,71	0,04%
GIRASOL	42.402	52.695	1.242,75	50,0	62,14	74,57	3.161,71	2,85%
COLZA	2.411	3.913	1.622,82	44,0	71,40	85,68	206,59	0,19%
SOJA	71	245	3.446,00	80,0	275,68	330,82	23,49	0,02%
<b>Total Industrial</b>	<b>46.461</b>	<b>58.286</b>	<b>1.805,08</b>				<b>3.436,49</b>	<b>3,09%</b>
MAIZ FORRAJERO	270	17.853	66.121,48	3,0	198,36	238,04	64,27	0,06%
ALFALFA	88.851	6.124.055	68.925,00	4,5	310,16	372,19	33.069,90	29,76%
VEZA FORRAJERA	1.331	29.482	22.150,31	4,5	99,68	119,61	159,20	0,14%
<b>Total Forrajes</b>	<b>90.452</b>	<b>6.171.390</b>	<b>52.398,93</b>				<b>33.293,37</b>	<b>29,96%</b>
ESPÁRRAGOS	142	493	3.471,50	25,0	86,79	104,15	14,79	0,01%
REPOLLO	335	8.387	25.036,00	5,0	125,18	150,22	50,32	0,05%
LECHUGA	468	10.430	22.286,00	1,8	40,11	48,14	22,53	0,02%
SANDÍA	73	2.571	35.219,00	5,0	176,10	211,31	15,43	0,01%
MELÓN	30	858	28.600,00	5,0	143,00	171,60	5,15	0,00%
TOMATE	2.259	146.797	64.983,00	2,2	142,96	171,56	387,54	0,35%
PIMIENTO	610	9.060	14.852,00	3,6	53,47	64,16	39,14	0,04%
ALCACHOFA	319	5.390	16.897,00	8,0	135,18	162,21	51,75	0,05%
COLIFLOR	413	5.858	14.184,00	4,0	56,74	68,08	28,12	0,03%
AJO	50	1.000	20.000,00	12,0	240,00	288,00	14,40	0,01%
CEBOLLA	742	28.528	38.447,00	3,9	149,94	179,93	133,51	0,12%
JUDÍA VERDE	153	1.467	9.588,00	21,0	201,35	241,62	36,97	0,03%
GUISANTES VERDES	872	5.624	6.450,00	12,5	80,63	96,75	84,37	0,08%
HABAS VERDES	557	3.516	6.312,00	21,0	132,55	159,06	88,60	0,08%
<b>Total Hortalizas</b>	<b>7.023</b>	<b>229.978</b>	<b>21.880,39</b>				<b>972,60</b>	<b>0,88%</b>
MANZANO	10.974	241.164	21.975,96	2,5	54,94	65,93	723,49	0,65%
PERAL	9.619	164.904	17.143,59	2,4	41,14	49,37	474,92	0,43%
ALBARICOQUERO	907	5.616	6.192,15	3,5	21,67	26,01	23,59	0,02%
CEREZO	9.456	28.766	3.042,09	5,0	15,21	18,25	172,60	0,16%
MELOCOTONERO	15.666	255.197	16.289,86	3,5	57,01	68,42	1.071,83	0,96%
CIRUELO	2.204	10.952	4.969,13	3,5	17,39	20,87	46,00	0,04%
ALMENDRO	69.572	31.256	449,26	5,0	2,25	2,70	187,53	0,17%
<b>Total Frutales</b>	<b>118.398</b>	<b>737.855</b>	<b>10.008,86</b>				<b>2.699,96</b>	<b>2,43%</b>
VIÑEDO DE MESA	273	757	2.773,63	7,0	19,42	23,30	6,36	0,01%
VIÑEDO VINIFICACIÓN	49.418	139.136	2.815,50	7,0	19,71	23,65	1.168,74	1,05%
<b>Total Viñedo</b>	<b>49.691</b>	<b>139.893</b>	<b>2.794,56</b>				<b>1.175,10</b>	<b>1,06%</b>
OLIVAR ALMAZARA	59.577	84.976	1.426,32	15,0	21,39	25,67	1.529,56	1,38%
OLIVAR MESA	141	208	1.474,47	15,0	22,12	26,54	3,74	0,00%
<b>Total Olivar</b>	<b>59.718</b>	<b>85.184</b>	<b>1.450,39</b>				<b>1.533,31</b>	<b>1,38%</b>
<b>Total general</b>	<b>1.202.854</b>	<b>9.598.280</b>					<b>111.126,81</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total sin leguminosas</b>	<b>1.078.123</b>	<b>3.425.710</b>					<b>76.743,27</b>	<b>69,06%</b>

Tabla n° 3. Idem, de 2002. (4)

Cultivo	Superficie total (ha)	Producción (t)	Prod. media (kg/ha)	Extr. ref	Extracción	Estimac. abonado	Consumo total t	% s total
TRIGO DURO	229.870	212.596	924,85	27,0	24,97	29,97	6.888,10	6,91%
TRIGO BLANDO	97.723	235.155	2.406,35	27,0	64,97	77,97	7.619,03	7,65%
CEBADA	371.109	729.240	1.965,03	23,0	45,20	54,23	20.127,02	20,20%
AVENA	18.659	16.478	883,09	30,0	26,49	31,79	593,19	0,60%
CENTENO	6.701	10.800	1.611,64	27,0	43,51	52,22	349,91	0,35%
ARROZ	10.434	47.318	4.535,00	22,0	99,77	119,72	1.249,20	1,25%
MAIZ	78.468	751.193	9.573,24	28,0	268,05	321,66	25.240,07	25,33%
SORGO	4.997	2.212	442,60	35,0	15,49	18,59	92,89	0,09%
<b>Total Cereales</b>	<b>817.961</b>	<b>2.004.991</b>	<b>2.792,72</b>				<b>62.159,42</b>	<b>62,38%</b>
HABAS SECAS	639	1.218	1.906,31	52,0	99,13	118,95	76,01	0,08%
LENTEJAS	483	290	599,77	52,0	31,19	37,43	18,08	0,02%
GARBANZOS	648	366	564,82	52,0	29,37	35,24	22,84	0,02%
GUISANTES SECOS	5.661	6.125	1.081,99	50,0	54,10	64,92	367,51	0,37%
VEZA GRANO	14.578	12.450	854,05	50,0	42,70	51,24	747,02	0,75%
YEROS	13.501	8.187	606,42	50,0	30,32	36,39	491,24	0,49%
<b>Total Leguminosas</b>	<b>35.510</b>	<b>28.637</b>	<b>935,56</b>				<b>1.722,69</b>	<b>1,73%</b>
PATATAS TEMPRANA	24	526	21.917,00	7,5	164,38	197,25	4,73	0,00%
PATATA MEDIA ESTACIÓN	543	16.580	30.534,32	4,5	137,40	164,89	89,53	0,09%
PATATA TARDÍA	679	17.055	25.117,38	4,5	113,03	135,63	92,10	0,09%
<b>Total Tubérculos</b>	<b>1.246</b>	<b>34.161</b>	<b>25.856,23</b>				<b>186,36</b>	<b>0,19%</b>
LINO OLEAGINOSO	498	241	483,95	26,0	12,58	15,10	7,52	0,01%
GIRASOL	23.083	30.291	1.312,28	50,0	65,61	78,74	1.817,48	1,82%
COLZA	580	190	328,02	44,0	14,43	17,32	10,05	0,01%
SOJA	20	70	3.500,00	80,0	280,00	336,00	6,72	0,01%
<b>Total Industrial</b>	<b>24.181</b>	<b>30.793</b>	<b>1.406,06</b>				<b>1841,76</b>	<b>1,85%</b>
MAIZ FORRAJERO	704	44.621	63.381,39	3,0	190,14	228,17	160,63	0,16%
ALFALFA	93.283	5.052.724	54.165,54	4,5	243,74	292,49	27.284,71	27,38%
VEZA FORRAJERA	1.789	38.006	21.244,29	4,5	95,60	114,72	205,23	0,21%
<b>Total Forrajes</b>	<b>95.776</b>	<b>5.135.351</b>	<b>46.263,74</b>				<b>27650,58</b>	<b>27,75%</b>
ESPÁRRAGOS	78	304	3.897,00	25,0	97,43	116,91	9,12	0,01%
REPOLLO	462	11.561	25.024,00	5,0	125,12	150,14	69,37	0,07%
LECHUGA	324	6.702	20.685,23	1,8	37,23	44,68	14,48	0,01%
ESPINACA	185	3.050	16.486,00	5,0	82,43	98,92	18,30	0,02%
SANDÍA	138	4.865	35.254,00	5,0	176,27	211,52	29,19	0,03%
MELÓN	23	677	29.435,00	2,2	64,76	77,71	1,79	0,00%
TOMATE	1.350	87.589	64.881,00	3,6	233,57	280,29	378,39	0,38%
PIMIENTO	320	4.718	14.745,00	8,0	117,96	141,55	45,30	0,05%
ALCACHOFA	210	3.540	16.857,00	4,0	67,43	80,91	16,99	0,02%
COLIFLOR	350	4.949	14.140,00	12,0	169,68	203,62	71,27	0,07%
CEBOLLA	887	35.421	39.933,00	3,9	155,74	186,89	165,77	0,17%
JUDÍA VERDE	83	762	9.181,00	21,0	192,80	231,36	19,20	0,02%
GUISANTES VERDES	4.218	26.489	6.280,00	12,5	78,50	94,20	397,34	0,40%
HABAS VERDES	1.131	6.827	6.036,00	21,0	126,76	152,11	172,03	0,17%
<b>Total Hortalizas</b>	<b>9.759</b>	<b>197.454</b>	<b>21.631,02</b>				<b>1408,52</b>	<b>1,41%</b>
MANZANO	10.043	195.857	19.501,84	2,5	48,75	58,51	587,57	0,59%
PERAL	8.981	152.161	16.942,52	2,4	40,66	48,79	438,22	0,44%
ALBARICOQUERO	833	8.553	10.267,91	3,5	35,94	43,13	35,92	0,04%
CEREZO	8.920	35.995	4.035,31	5,0	20,18	24,21	215,97	0,22%
MELOCOTONERO	15.635	313.153	20.028,98	3,5	70,10	84,12	1.315,24	1,32%
CIRUELO	2.122	25.542	12.036,57	3,5	42,13	50,55	107,27	0,11%
ALMENDRO	64.831	33.917	523,16	5,0	2,62	3,14	203,50	0,20%
<b>Total Frutales</b>	<b>111.365</b>	<b>765.178</b>	<b>11.905,18</b>				<b>2903,71</b>	<b>2,91%</b>
VIÑEDO VINIFICACIÓN	40.719	120.083	2.949,08	7,0	20,64	24,77	1.008,70	1,01%
<b>Total Viñedo</b>	<b>40.719</b>	<b>120.083</b>	<b>2.949,08</b>				<b>1008,70</b>	<b>1,01%</b>
OLIVAR ALMAZARA	52.800	42.391	802,86	15,0	12,04	14,45	763,04	0,77%
OLIVAR MESA	141	243	1.721,70	15,0	25,83	30,99	4,37	0,00%
<b>Total Olivar</b>	<b>52.941</b>	<b>42.634</b>	<b>1.262,28</b>				<b>767,41</b>	<b>0,77%</b>
<b>Total general</b>	<b>1.189.458</b>	<b>8.359.281</b>					<b>99.649,16</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total sin leguminosas</b>	<b>1.058.856</b>	<b>3.239.843</b>					<b>70.429,80</b>	<b>70,68%</b>



En la **tabla nº 4**, se recogen resumidos los grupos de cultivos indicados en los Anuarios, las hectáreas que tenían cada año, así como el porcentaje del “consumo” estimado del nitrógeno total por cada grupo de cultivos:

*Tabla nº 4. Superficies por grupos de cultivos y estimación del consumo de N.*

Grupo de cultivos	Año 1999		Año 2000		Año 2001		Año 2002		Superficie med. grupo cultivos (ha)	Media cons. N %
	has	%N	has	%N	has	%N	has	%N		
Cereales	796.123	57,73	829.389	66,23	795.289	60,10	817.961	62,38	809.690	61,83
Leguminosas gr	38.593	1,83	31.456	1,02	34.478	1,02	35.510	1,73	35.009	1,40
Tubérculos	2.080	0,28	1.558	0,13	1.344	0,09	1.246	0,19	1.557	0,17
C.industriales	67.672	5,22	16.612	0,65	46.461	3,09	24.181	1,85	38.731	2,70
Forrajeras	97.422	29,40	88.877	26,22	90.452	29,76	95.776	27,75	93.131	28,28
Hortícolas	10.179	1,21	8.345	1,86	7.023	0,88	9.759	1,41	8.826	1,34
Frutales	111.751	2,42	121.278	2,60	118.398	2,43	111.365	2,91	115.698	2,59
Vid	46.410	1,17	49.158	0,96	46.691	1,06	40.719	1,01	45.744	1,05
Olivo	55.991	0,74	53.316	0,34	59.718	1,38	52.941	0,77	55.491	0,80
<b>Sumas</b>	<b>1.226.221</b>	<b>100,00</b>	<b>1.204.989</b>	<b>100,00</b>	<b>1.202.854</b>	<b>100,00</b>	<b>1.189.458</b>	<b>100,00</b>	<b>1.205.880</b>	<b>100,00</b>

En esta primera tabla-resumen, se constata que son los cereales quienes consumen más de la mitad de las necesidades del N: el 61,83% del total en cuatrienio indicado. De los cereales, es el maíz el principal cultivo consumidor de N (entre el 16,99 y el 28,93 %, del total de los cuatro años estudiados, que nos daría una media aproximada al 23% del consumo de N de Aragón). Las forrajeras, con la alfalfa como cultivo principal, son el segundo grupo de cultivos en aporte/extracción de N, con un 28,28% del total. El resto de grupos de cultivos: tubérculos, industriales, hortícolas, frutales, vid u olivo, no sobrepasa ninguno de ellos, el 3% del total de las necesidades de N de Aragón.

En la **tabla Nº 5**, se resume, para Aragón, las estimaciones de necesidades de N por hectárea, recordando siempre que hablamos de superficie de cultivo total, englobando secano y regadío:

*Tabla nº 5. Necesidades estimadas de N, totales y por ha., de los cultivos de Aragón.*

Años de referencia	Conjunto de todos los cultivos			Todos los cultivos, sin las leguminosas		
	Superficie (has)	Necesidades estimadas N (t)	Necesidades estim. (kg N/ha)	Superficie (has)	Necesidades estimadas N (t)	Necesidades estim. (kg N/ha)
1999	1.226.221	110.163	89,8	1.090.304	75.436	69,2
2000	1.204.989	121.230	100,6	1.086.743	88.705	81,6
2001	1.202.854	111.126	92,4	1.078.123	76.743	71,2
2002	1.189.458	99.649	83,8	1.058.856	70.429	66,5
<b>Medias</b>	--	<b>110.542</b>	<b>91,7</b>	--	<b>77.828</b>	<b>72,1</b>

Las cifras obtenidas en los cuatro años considerados, resultan coherentes, y muestran una variación aproximada de +- el 10% sobre los valores medios.



## 1.2.2. Estructura del balance del nitrógeno en Aragón realizado por el M.A.P. y A.

En las Tablas nº 6 y 7 transcribimos los balances de nitrógeno de Aragón de 2002 y 2003 (1) y (2) elaborados por el M.A.P. y A., y en la Tabla nº 8, hacemos un resumen de ambas, referido únicamente a los cultivos, para poder compararlo con nuestras estimaciones..

*Tabla nº 6. Balance del Nitrógeno. 2002, Aragón (MAPA 2004).*

Aragón		Cult. Herbáceos	Cult. Leñosos	Zonas pastoreo	Total	
<b>Superficies (ha)</b>		<b>986.232</b>	<b>246.259</b>	<b>1.983.426</b>	<b>3.215.917</b>	
<b>Entradas (t de N)</b>	Fertilización mineral	69.657	11.657		81.313	
	Fertilización orgánica	21.083	4.618	0	25.701	
	Excrementos (pastoreo)	5.960		17.467	23.427	
	Fijación biológica	26.347		2.977	29.324	
	Semillas	2.842			2.842	
	Deposición atmosférica	8.065	1.905	14.793	24.762	
	<b>Total</b>	<b>133.953</b>	<b>18.179</b>	<b>35.237</b>	<b>187.369</b>	
<b>Salidas (t de N)</b>	Extracciones (retiradas del campo)	87.606	5.500	19.545	112.652	
	Volatilización (cultivos)	11.029	2.064		13.093	
	Volatilización (pastoreo)	1.192		3.493	4.685	
	Gases (cultivos)	1.454	207		1.660	
	Gases (pastoreo)	95		317	412	
	<b>Total</b>	<b>101.377</b>	<b>7.770</b>	<b>23.355</b>	<b>132.502</b>	
<b>Balance</b>	Total	t de N	32.576	10.409	11.882	54.867
		% de entradas	24,3	57,3	33,7	29,3
	Residuos	t de N	10.106	2.281	11.882	24.269
		% de entradas	7,5	12,5	33,7	13,0
	Excedentes	t de N	22.470	8.128	0	30.598
		% de entradas	16,8	44,7	0,0	16,3

*Tabla nº 7. Balance del Nitrógeno 2003, Aragón (MAPA 2005).*

Aragón		Cult. Herbáceos	Cult. Leñosos	Zonas pastoreo	Total	
<b>Superficies (ha)</b>		<b>1.028.392</b>	<b>231.738</b>	<b>1.973.483</b>	<b>3.233.613</b>	
<b>Entradas (t de N)</b>	Fertilización mineral	74.537	11.058		85.595	
	Fertilización orgánica	21.216	4.347		25.563	
	Excrementos (pastoreo)	4.825		17.752	22.577	
	Fijación biológica	29.544		4.470	34.014	
	Semillas	2.914			2.914	
	Deposición atmosférica	8.364	1.792	14.643	24.799	
	<b>Total</b>	<b>141.401</b>	<b>17.196</b>	<b>36.865</b>	<b>195.462</b>	
<b>Salidas (t de N)</b>	Extracciones (retiradas del campo)	103.763	6.140	29.514	139.417	
	Volatilización (cultivos)	11.318	1.919		12.237	
	Volatilización (pastoreo)	965		3.550	4.515	
	Gases (cultivos)	1.572	199		1.772	
	Gases (pastoreo)	77		340	417	
	<b>Total</b>	<b>117.696</b>	<b>8.258</b>	<b>33.404</b>	<b>159.358</b>	
<b>Balance</b>	Total	t de N	23.705	8.938	3.461	36.103
		kg/ha	23,1	38,6	1,8	11,2
		% de entradas	16,8	52,0	9,4	18,5
	Residuos	t de N	11.661	2.435	2.461	17.556
		kg/ha	11,3	10,5	1,8	5,4
		% de entradas	7,6	8,2	14,2	9,0
	Excedentes	t de N	12.044	6.503		18.547
		kg/ha	11,7	28,1		5,7
		% de entradas	8,5	37,8		9,5

Tabla nº 8. Balance de Nitrógeno en Aragón, 2002 y 2003 (A partir de datos del MAPA. 2004 y 2005) <sup>(3), (4)</sup>

Conceptos:		Año 2003		Año 2002		
		Solo cultivos herbáceos + leñosos (tm) S= 1.260.130 has	Indices kg N/ha	Solo cultivos herbáceos + leñosos (tm) S = 1.232.491 has	Indices kg N/ha	
<b>Entradas</b> (t de N)	Fertilización Mineral	85.595	67,92	81.313	65,97	
	Fertilización Orgánica	25.563	20,28	25.701	20,85	
	Excrementos pastoreo	4.825	-	5.960	-	
	Fijación biológica	29.544	23,44	26.347	21,37	
	Semillas	2.914	-	2.842	-	
	Deposición atmosférica	10.156	8,05	9.969	8,08	
	<b>TOTAL</b>	<b>158.597</b>	<b>-</b>	<b>152.132</b>	<b>-</b>	
	<i>Indices medios, (kg/ha)</i>		<b>125,86</b>		<b>123,43</b>	
<b>Salidas</b> (t de N)	Extracciones	109.903	87,22	93.107	75,54	
	Volatilizac. Cultivos	13.237	-	13.093	-	
	Volatilizac. Pastoreo	965	-	1.192	-	
	Gases (cultivos)		1772	-	1660	
	Gases (pastoreo)	77	-	95	-	
	<b>TOTAL</b>	<b>125.954</b>	<b>-</b>	<b>109.147</b>	<b>-</b>	
		<i>Indices medios, (kg/ha)</i>		<b>99,95</b>		<b>88,56</b>
<b>Balance</b>	Total: T de N	32.642	-	42.867	-	
		kg /ha	-	25,90	-	
		% de entrada	20,58	-	28,18	-
	Residuos: t de N	14.095	-	12.387	-	
		kg/ha	-	11,19	-	
		% de entrada	8,88	-	8,14	-
	Excedentes: t de N	18.547	-	30.480	-	
	(kg/ha)	-	14,72	-		
	% de entrada	11,69	-	20,03	-	

Para comparar las estimaciones del MAPA y la nuestra, hay que indicar en primer lugar, que nuestras estimaciones coincidirían con los conceptos de “entradas” de N, del Balance del MAPA, de fertilización mineral + fertilización orgánica, que van a cada bloque de cultivos. Respecto a la valoración de la fijación biológica de N (por las leguminosas), en el balance se considera como una entrada global, y nosotros la contabilizamos como si fuera el aporte recibido por el cultivo. Las cifras de esta fijación biológica no difieren en ambas estimaciones, en caso del año 2002, que es el único año disponible para la comparación:

En efecto, en nuestra estimación, de 2002 (Tabla nº 3), supondría:  $99649 - 70429 = 29.220$  t de N, y que referido a las hectáreas de cultivo de dicho año, suponen una entrada unitaria de:  $29220 / 1.189.458 = 24,6$  kg de N/ha. El MAPA, la estima para 2002, con una cifra de 21,37 kg de N/ha para Aragón (Tabla nº 8).

También resultan bastante próximas las entradas de N (fertilización mineral + fert.orgánica), para ese año que propone el MAPA: (Tabla nº 8):  $65,97 + 20,85 = 86,82$  kg de N/ha, frente a los 83,8 kg de N/ha total, que estimamos nosotros (Tabla nº 5).



El maíz, en los últimos años, sería el cultivo específico con mayor consumo de nitrógeno, con aproximadamente un 23% el total. (Foto: F. Orús).

### 1.3. Estimación del nitrógeno contenido en los estiércoles producidos en Aragón

La utilización racional de los estiércoles en la agricultura, precisa en primer lugar, que los aportes no sobrepasen las necesidades de nitrógeno de los cultivos. En caso contrario se produce un balance positivo que puede iniciar los procesos de contaminación.

En la Tabla nº 9 se muestran los datos oficiales de 2002 <sup>(4)</sup>, así como unas cifras de los censos de 2004 (Departamento de Agricultura y Alimentación), como referencias más recientes:

Tabla nº 9. Censo ganadero 2002 y estimación para 2004.

Especie / fase productiva	Nº de plazas Año 2002	Estimación Año 2004 <sup>(5)</sup>	Variación (%) 2004/2002
Cerdas madres	401.063	409.033	1,99
Porcino cebo	2.742.608	3.364.748	22,68
Vacas ordeño	14.216	19.097	34,33
Vacas no ordeño	38.194	37.280	- 2,39
Vacuno de cebo	201.927	240.867	19,28
Ovejas madres	2.613.670	2.339.739	- 0,11
Cabras	49.450	41.620	- 10,48
Conejas reproduc.	162.723	180.055	10,65
Pollos carne	12.081.184	15.415.845	27,60
Gallinas puesta	--	3.112.240	-

<sup>(5)</sup> Comunicación personal

En la última columna de la tabla podemos ver las variaciones, positivas o negativas producidas en cada especie animal o fase productiva de las mismas. Por su cuantía, 22%, -del censo de referencia (2002) y el peso vivo del efectivo sobre el que se produce-, destaca el que afecta a la producción de porcino de cebo. También son importantes los incrementos del vacuno de ordeño y de los pollos de carne.

De acuerdo con la estimación citada del censo de 2004, que recogemos en la Tabla nº 10 podemos estimar, al igual que hicimos en <sup>(3)</sup> y en <sup>(5)</sup>, los kg de nitrógeno de origen animal, contenidos en los estiércoles:

Tabla nº 10. Estimación del N contenido en los estiércoles. 2004.

Especie/fase productiva	Nº de plazas	kg de N/ plaza y año	kg de N total / año	kg N total, esp. y año	Contrib. % s/total
Cerdas madres	409.033	18	7.362.594	<i>Porcino</i>	43,77
Porcino cebo	3.364.748	9	30.282.732		
Vacas ordeño	19.097	80	1.527.760	<i>Vacuno</i>	20,75
Vacas no ordeño	37.280	50	1.864.000		
Vacuno de cebo	240.867	60	14.452.020		
Ovejas madre	2.339.739	9	21.057.651	21.057.651	24,48
Cabras	41.620	9	374.580	374.580	0,44
Conejas reproduc.	180.055	7,6	1.368.418	1.368.418	1,59
Pollos carne	15.415.845	0,4	6.166.338	<i>Aves</i>	8,98
Gallinas puesta	3.112.240	0,5	1.556.120		
<b>TOTALES</b>	-	-	<b>86.012.213</b>	-	<b>100,00</b>

El nitrógeno de origen animal, de acuerdo con estas estimaciones de 2004, sólo aumentaría un 2,5% respecto a nuestra estimación de 1999: 83.882.232 kg de N <sup>(5)</sup>, y resulta igualmente superior a las necesidades medias de los cultivos-sin contar con las leguminosas-estimadas en el cuatrienio 1999-2002, en 77.828 t de N (Tabla nº 5).

## 1.4. Conclusiones:

1. Las cifras expuestas son estimaciones globales, que dan una idea de la situación del conjunto de nuestro territorio, pero que mejorarán, sin duda, cuando estos balances se hagan a nivel comarcal o local. Las indicaciones obtenidas nos pueden señalar que los recursos nitrogenados que se valoran en los balances y en nuestras estimaciones, unidos a las nuevas ofertas de subproductos orgánicos, sí que pueden generar situaciones puntuales de sobrecarga ganadera, sobrefertilización, o derivación de otros fenómenos de contaminación ambiental sobre la atmósfera, suelos (otros efectos distintos a los del nitrógeno), etc.
2. La agricultura ejerce una función muy importante en el reciclado de productos orgánicos a través de su uso como fertilizantes pero no puede convertirse en el sumidero de todos los residuos orgánicos que haya que eliminar.
3. En la práctica agraria es imperativo continuar ajustando estrictamente los planes de fertilización de las explotaciones a las necesidades reales de los cultivos, teniendo en cuenta el balance real en las condiciones de cada finca y parcela para el cultivo de que se trate.

Además, resulta apropiado y conveniente que se avance en la sustitución del abonado mineral por el abonado orgánico, realizado en condiciones apropiadas, en todos los cultivos que por sus sistema de explotación y aprovechamiento lo permitan y muy especialmente en los cereales.

4. El equilibrio tierra-ganado constituye un objetivo primordial para asegurar el mantenimiento del adecuado balance de nitrógeno en el territorio, y los coeficientes técnicos que traducen ese equilibrio en términos de cantidad de estiércol y purín por unidad de superficie deben adaptarse a la realidad de dicho balance.

## Referencias:

- (1) M.A.P.A., Abril 2004. "Balance del nitrógeno en la agricultura española. Año 2002. Criterios utilizados".
- (2) MAPA, Marzo 2005., Idem. anterior. 2003.
- (3) "Orús F., Quílez D. y Betrán J., 2000. "El Código de Buenas Prácticas Agrarias (I). Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos". Información Técnica, Nº 93/ 2000, del Dpto de Agricultura.DGA
- (4) Gobierno de Aragón, 2000, 2001, y 2002. Anuarios Estadísticos Agrarios. Aragón.
- (5) Orús F., 2003. "Estiércoles, nitrógeno y cargas ganaderas. Criterios para la valoración del contenido de nitrógeno de los estiércoles, según la Unión Europea". Información Técnica Nº 123 / 2003, del Dpto. de Agricultura. DGA.
- (6) Orús F., 2002. "Razones para un desarrollo ganadero sostenible". Rev. Surcos de Aragón Nº 80, 2.002



# Capítulo 2

## Revisión de la fertilización nitrogenada

*Autor:*

*Jesús Betrán Aso*

Laboratorio Agroalimentario. D.G.A.



*"Por desgracia, la destrucción de nuestro planeta es una destrucción lenta y gradual. Uno no la percibe a diario. Es más, los humanos son seres muy flexibles y con gran capacidad de adaptación, que se acostumbran a lo que ocurre en su entorno". Giovanni Sartori, 2003.*

## Revisión de la fertilización nitrogenada

El aporte de nutrientes al suelo para obtener una repercusión productiva, y concretamente la adición de nitrógeno, no es una práctica moderna en absoluto. Podemos decir, en todo caso, que ha cambiado drásticamente la forma y la capacidad para realizar ese aporte. Eso ha tenido efectos positivos indudables, al permitir la alimentación de una población en rápido crecimiento, pero también presenta riesgos ambientales y sanitarios que se han ido manifestando y que deben ser corregidos y prevenidos para permitir el mantenimiento de los recursos, fundamentalmente del agua y del suelo, compatibilizándolo con las altas producciones necesarias.

Conocida la necesidad de fertilizantes y de las técnicas para fabricarlos, la agricultura se sitúa hoy en la necesidad de ajustar las dosis y formas de aplicación de nutrientes a los cultivos, de forma que sean aprovechados y generen la menor cantidad de efectos indeseables que sea posible. Esta tarea puede ser incluso más costosa que los logros anteriores de la agricultura moderna, pero es igualmente imprescindible. Conseguirla reportará beneficios económicos y ambientales, manteniendo o incrementando la producción de alimentos.

Se analiza en este capítulo la historia de la fertilización, la importancia que ha tenido como medio para incrementar la producción de alimentos desde la agricultura y los efectos adversos que ha generado. Desde la exposición del ciclo del nitrógeno y las modificaciones introducidas por el hombre se intenta profundizar en las causas de la “apertura” de rutas no deseadas, y se proponen medidas necesarias para limitar esas pérdidas.



*El laboreo del suelo revolucionó en su día a la agricultura. (Foto J. Beltrán)*

### 2.1. Breve historia de la fertilización

Cabe establecer en la historia de las prácticas de fertilización dos grandes etapas bien diferenciadas. La primera, desde los inicios de la agricultura hasta el siglo XVI d. C., a la que podemos llamar empírica, y la segunda, hasta nuestros días en la que se introduce el conocimiento científico de los elementos químicos componentes de la materia vegetal y de la posibilidad de aportar esos componentes al suelo.

#### 2.1.1. Agricultura empírica

Los primeros aportes de estiércol al suelo, con intención de mejorar las cosechas, de los que se tiene noticia están datados hacia el 4000 a.C.. Prácticamente desde los inicios de la agricultura el hombre vio el efecto positivo de los aportes orgánicos. También es conocido desde muy antiguo el efecto positivo de las leguminosas, utilizándose como cultivo mejorante del suelo, o incluso en cultivos asociados. Estas prácticas reproducen en el cultivo situaciones observadas en la naturaleza.



El uso de estiércoles, de restos orgánicos o de residuos domésticos (ceniza), y también la introducción de cultivos “mejorantes” en la rotación, son técnicas de las que existe un conocimiento ancestral. El conocimiento de estos productos o técnicas tradicionales en la agricultura se ha basado en un conocimiento empírico, adquirido a través de la observación de sus efectos durante generaciones. Sin embargo, la disponibilidad de nutrientes para aportar al suelo queda prácticamente limitada a la presencia de ganadería productora de estiércol.

### 2.1.2. Agricultura “científica”

El conocimiento científico de la necesidad de aportes fertilizantes al suelo puede considerarse que arranca con la publicación de la obra de Justus von Liebig (1803-1873) “Química en relación con la agricultura y el crecimiento de las plantas”, en 1840. Fue Liebig quien enunció la “Ley del mínimo” según la cual “un elemento que falte, o que se halle presente en una cantidad insuficiente, impide a los restantes producir su efecto normal o por lo menos disminuye su acción nutritiva”.

Esta es la base de la fertilización moderna, que se fundamenta en el método científico, pero que, necesariamente, está menos introducida en el acervo cultural del agricultor.

Aún después de Liebig, las técnicas de fertilización modernas requerirán algunos conocimientos adicionales como la diferencia entre fertilizantes más o menos solubles, o las técnicas analíticas necesarias para determinar los elementos asimilables presentes en el suelo. Y, sobre todo, se requerirá la capacidad de producción de fertilizantes que permitiesen eliminar ese “factor limitante”, en particular que permitiesen aportes importantes de nitrógeno.

El primer fertilizante nitrogenado comercializado en Europa fue el nitrato sódico, procedente de depósitos naturales en Chile, que comenzó a importarse hacia los años 1830. La producción de superfosfato simple a escala industrial comenzó en Inglaterra en 1843 y la primera mina de potasio se abrió en Alemania en 1862.

La producción de nitrógeno procedente de las minas chilenas o de algunos subproductos industriales se manifestó pronto escasa y, a partir de 1900 surge la necesidad de disponer de mayores fuentes de este elemento. La síntesis de sustancias nitrogenadas se inicia en Noruega en 1905 utilizando el sistema del arco eléctrico, pero no prospera a nivel industrial hasta que el químico alemán Fritz Haber descubre, en 1910, el sistema de fijación de nitrógeno atmosférico produciendo amoníaco. Haber obtuvo el premio Nobel en 1918 por este descubrimiento.

El método Haber requería el aporte de grandes presiones y temperaturas lo que dificultaba su aplicación industrial. Fue el químico alemán Carl Bosch quien las solventó, y la primera planta, por el sistema Haber-Bosch entró en funcionamiento en Alemania en 1913. El primer uso del amonio obtenido fue militar, utilizado por los alemanes en la guerra química, cuyo responsable fue precisamente Fritz Haber, en la I Guerra Mundial. Pronto se extendió la producción con fines agrícolas.

A partir de los años 50 del siglo XIX paulatinamente se hizo posible disponer de los elementos nutrientes mayoritarios para las plantas en cantidades muy superiores a las que se conocían hasta ese momento, limitadas por la disponibilidad de estiércoles. También se introdujeron técnicas de análisis de suelos y fertilizantes que permitieron evaluar las necesidades de fertilizante. En 100 años, la producción media de los cereales en Europa occidental pasó de 1000 kg ha<sup>-1</sup> a 1600 kg ha<sup>-1</sup> a principios de los años 50 del siglo XX.

A partir de 1950, y sobre todo desde finales de los 60, se fueron introduciendo nuevas variedades de cereales que eliminaban los problemas generados por la alta disponibilidad de nitrógeno. Esto permitió seguir incrementando las producciones con mayores aportes nitrogenados. El consumo de fertilizantes se incrementó rápidamente hasta alcanzar el máximo a mitad de los años 70, para el fósforo y el potasio, mientras que el consumo de nitrógeno se continuó incrementando hasta mediados de los años 80 (siempre en el caso de Europa Occidental). Posteriormente el consumo se ha mantenido o ha declinado, como consecuencia de la mejora en las técnicas agrícolas y del uso más eficiente de los estiércoles y restos orgánicos (Isherwood 2005).

### 2.1.3. Perspectiva actual de consumo de fertilizantes

En Europa Occidental, aproximadamente el 75 % del nitrógeno aplicado es en forma de fertilizantes simples, mientras que el 70 % del potasio y el 86 % del fósforo lo son en fertilizantes multielemento. El nitrogenado preferido es el nitrato amónico y el nitrato amónico-cálcico, que suponen alrededor del 40 % del consumo. La urea y las soluciones nitrogenadas alcanzan aproximadamente la cuarta parte del consumo (Isherwood 2005).

A nivel mundial, la urea es hoy el fertilizante nitrogenado más utilizado. Su concentración de nitrógeno, 46 %, es la mayor de todos los fertilizantes sólidos disponibles en el mercado. Esa elevada concentración de nitrógeno facilita el transporte y la aplicación a menores costes.

La tendencia actual de disminución del consumo de fertilizantes se espera que continúe al menos hasta 2006. Para el 2010 se especula con caídas del consumo del 20 % para el nitrógeno, 50 % para el fósforo y 40 % para el potasio, respecto a los máximos alcanzados a mediados de los años 80 para el primero, y a mediados de los 70 para el fósforo y el potasio (Isherwood 2005).



La responsabilidad de la producción de alimentos. (Foto: J. Betrán)

Desde la denominada “revolución verde”, a finales de los años 60 del siglo XX, la agricultura moderna se ha basado en el concepto de producción que utiliza “elevados insumos y elevadas producciones”. Actualmente la agricultura evoluciona hacia el concepto de “bajos insumos y agricultura sostenible” (Ryuichi Ishii, 2005). Esta evolución es necesaria en todos los factores de producción, pero en los fertilizantes particularmente.

## 2.2. Efectos de los fertilizantes

La disponibilidad de fertilizantes minerales ha hecho posible revolucionar el ciclo del carbono para producir más alimentos y mantener una población mucho mayor. El uso generalizado de formas fertilizantes minerales, a menudo muy solubles, ha llevado consigo la generación de algunos efectos no deseables cuyo desarrollo se ha detectado en los últimos decenios. Hoy se trata de adoptar medidas para reducir los efectos adversos, desde el convencimiento de que la práctica de la fertilización de los suelos agrícolas es hoy imprescindible.

### 2.2.1. Efectos positivos

El examen de la evolución de la población humana nos da una idea de la creciente demanda de alimentos (Tabla 1). Han sido básicamente las técnicas de cultivo aplicadas en la agricultura, y entre ellas la fertilización, las que han hecho posible responder a esa demanda.

Tabla1: Evolución de la población humana y demanda de alimentos (Ryuichi Ishii, 2005 y elaboración propia).

Año	Población mundial (millones habitantes)	Eventos próximos	Necesidades (millones tm grano cereal)
8000 a.d.C.	5	Inicio de la agricultura.	1
2000 a.d.C.	50		10
0	250		50
1500	500		100
1830	1000	Inicio del conocimiento de los fertilizantes.	200
1900	1600	Se comercializa el nitrato de Chile.	320
1927	2000	Producción industrial de nitrógeno. Mejora genética.	400
2000	6000		1200
2050	10000	¿?	2000

La especie humana apareció sobre la tierra hace unos 500.000 años. En el momento que se inicia la práctica de la agricultura, hace entre 8000 y 11000 años se supone una población mundial de 5 millones de personas, y la evolución posterior, que puede verse en la tabla 1, ha llegado a ser vertiginosa.

El ritmo actual de crecimiento de la población mundial es de casi 7 millones de personas al mes, 84 millones al año (más de dos veces la población de España) (Sartori, G. 2003). Cada día hay que proveer alimentos para una nueva ciudad de 240.000 habitantes.

El crecimiento, cada vez más acelerado de la población ha tenido una correspondencia en mejoras de la capacidad de obtención de alimentos. En los primeros tiempos de la agricultura el incremento de la producción se conseguía incrementando la superficie de tierras de cultivo (este sistema también fue utilizado a principios del siglo XX); después mediante mejora genética de los cultivos, especialmente en los cereales desde mediados del siglo XX; y también mejorando la nutrición de los cultivos mediante fertilizantes.

Si bien en algunos casos, en países desarrollados, esta nueva agricultura ha llevado a la generación de importantes excedentes de alimentos, es cierto que la disponibilidad de nutrientes minerales asimilables por las plantas es hoy imprescindible para el mantenimiento de la población.

En el año 2000 se produjeron en el mundo 2.000 millones de toneladas de cereal. Asumiendo que una persona requiere 200 kg anualmente (2000 a 2200 kilocalorías diarias), esa producción puede abastecer a unos 10.000 millones de personas, que es la población prevista para mediados del siglo XXI (Ryuichi Ishii, 2005).

Las altas producciones conseguidas tras la denominada “Revolución Verde” se fundamentan en elevados insumos de energía y productos, entre ellos fertilizantes minerales. Existen hoy tendencias hacia la reducción de insumos pero no podemos sacrificar las altas producciones. El reto es conseguir una agricultura sostenible manteniendo altos rendimientos (Ryuichi Ishii, 2005).

Por otra parte, desde un punto de vista ambiental, no debe olvidarse que la producción agraria tiene un importante efecto como “sumidero” de carbono, de modo que las elevadas producciones que son posibles gracias a la aportación de nutrientes al cultivo, significan también una mayor utilización de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera y su fijación en forma de alimentos o de materia orgánica del suelo.

### 2.2.2. Efectos perniciosos

Ya en 1971 la publicación “Land Degradación” de la FAO se interesaba por la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de actividades agrícolas, si bien en aquella época no parece que se evaluase como un problema importante (Porta y col., 1999).

El Instituto Europeo del Agua destacaba en un informe, realizado en 1990, la existencia de un aumento preocupante de los niveles de nitratos en el medio acuático de la Comunidad, con dos importantes consecuencias:

- Peligrosa degradación de la calidad del agua de abastecimiento de poblaciones.
- Eutrofización de las aguas continentales y costeras.

Según Luis Silveira (2005) el contenido de nitrato en el agua se viene incrementando desde la era pre-industrial con las actividades del hombre, que han acelerado el ritmo al que el nitrógeno atmosférico es fijado y puesto en circulación.

Parece claro que existe una relación directa entre el incremento del contenido de nitratos en las aguas freáticas y el uso de fertilizantes nitrogenados. Los autores Fushiwaki, Y. y Magara, Y., en 2005, realizaron un análisis de la relación existente entre la polución del agua y diferentes factores, entre ellos la densidad de población, la precipitación anual, el uso de fertilizantes por unidad de superficie y excrementos de ganado por unidad de superficie. De todos ellos sólo el uso de fertilizantes nitrogenados resultó estadísticamente relacionado con la contaminación por nitratos.

Los suelos, de forma natural, contienen nitrógeno orgánico e inorgánico, y este último se encuentra mayoritariamente en la forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). En suelos que reciben elevados aportes de fertilizantes, o con elevadas cargas ganaderas, o también en aquellos donde la absorción de nitrógeno es pequeña, es posible que exista una elevada concentración de nitrógeno en forma de nitratos. La cantidad de estos nitratos que quedará acumulada en el suelo o que será arrastrada hasta la capa freática depende de los siguientes factores, según Verheye, W (2005):

- cantidad de nitratos en el suelo.
- intensidad de lluvia.
- riego.
- textura y permeabilidad del suelo.
- extracciones de nitrógeno por los cultivos.

El nitrato es una forma de nitrógeno que se presenta habitualmente en la naturaleza y que no es tóxica como tal, es normal un cierto contenido en las aguas freáticas y más en las superficiales. La peligrosidad de los nitratos radica en su alta solubilidad y la facilidad con que puede reaccionar con otras sustancias. La presencia de nitratos en las aguas origina dos problemas importantes, uno de tipo sanitario que puede afectar a personas y animales, y otro de tipo ambiental, que afecta a las aguas superficiales.

Una vez ingerida, la forma nitrato es reducida a forma nitrito por la actividad bacteriana del tubo digestivo. El nitrito originado pasa a la sangre y oxida el hierro de la hemoglobina, que pasa a formar metahemoglobina perdiendo su capacidad de transporte de oxígeno a las células. (Fushiwaki Y., Magara Y. 2005). La transformación de nitrato a nitrito requiere unas condiciones de menor acidez en el estómago que sólo se da en los bebés de hasta 6 meses de edad, por lo que es este el grupo de población en riesgo al consumir elevadas cantidades de nitrato. También los animales rumiantes presentan en el tubo digestivo condiciones favorables a esa transformación de los nitratos y por tanto son susceptibles de sufrir intoxicaciones por nitrato.

En todo caso, según Porta y col. (1999), solamente se han registrado 2000 casos en el mundo de esta enfermedad, denominada metahemoglobinemia, con una mortalidad del 8 % (Oakes, 1991. citado en Porta 1999). En un porcentaje de casos superior al 80 % consumían aguas con más de 100 mg de nitrato por litro. Parece también que, en muchos de los casos la calidad bacteriológica del agua era dudosa (Porta 1999).

Por otra parte, en el estómago, los nitratos y los nitritos pueden originar nitrosaminas, sustancias que son reconocidas como cancerígenas. De modo que se ha relacionado la ingestión de nitratos con el cáncer de tubo digestivo en adultos. Pese a que esta relación no se ha probado si parece recomendable mantener la ingesta de nitratos tan baja como sea posible (Schenk, 2005).

En torno al 20 % de los nitratos ingeridos por la población procede del agua de bebida y el 70 % procede de la ingesta de alimentos, especialmente vegetales frescos (Schenk, 2005).

Con respecto a la vertiente ambiental del problema ha de tenerse en cuenta que la disponibilidad de nitrógeno asimilable es un factor limitante para el crecimiento de todas las especies en la mayor parte de los ecosistemas terrestres. La desaparición de nitratos de la zona de raíces del cultivo significa que, en un plazo indeterminado, esas cantidades de nitrógeno mineral aparecerán primero en las aguas freáticas, y más tarde en las aguas superficiales. En estas últimas, con disponibilidad de otros nutrientes y de luz, la población de algas se multiplica (y también la del resto de seres vivos que se alimentan de ellas) y puede llegar a consumir gran parte del oxígeno disponible en el agua. A este problema se le denomina “eutrofización”, y deriva finalmente en la muerte de toda esa materia viva y putrefacción de las aguas.

Como “nivel de protección” las diferentes Administraciones públicas han adoptado límites para nitrógeno presente en forma de nitrato (o nitrito) en las aguas, en torno a los 10 mg de nitrógeno por litro, para que sean consideradas aptas para consumo. Este estándar se establece muy por debajo del nivel al cual se han observado ocasionalmente problemas sanitarios y de este modo es un cálculo conservador (Lee, 1970. citado por Loomis 2002).

Esa cifra (equivalente aproximadamente a los 45 mg de nitratos por litro) había sido adoptada ya hacia 1971 por el U.S. Public Health Service como límite máximo admisible para aguas de consumo, y fue luego mantenida por la U.S. Environmental Protection Agency en 1977 (Porta y col., 1999).

La Directiva de la Comisión Europea sobre calidad de agua destinada a consumo humano (89/778/EC) fija una concentración máxima de 50 mg de nitratos por litro de agua, y un nivel guía de 25 mg de nitratos por litro. Posteriormente, la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola adopta también esa cifra máxima para evaluar el estado de las aguas freáticas.

Otro efecto ambiental de la fertilización, al que se dedica todavía una menor atención, pero que es importante, es el desprendimiento de amoníaco y de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. Estos gases tienen mayor efecto invernadero que el dióxido de carbono (en el caso del óxido nitroso 200 veces más).

### 2.3. El nitrógeno y sus formas

El nitrógeno fue descubierto como elemento químico independiente en 1772 por el químico y botánico escocés Daniel Rutherford (1749-1819), su símbolo químico es “N” y en su estado físico habitual es un gas incoloro, inodoro e insípido.

Este elemento constituye el 78.03 % del aire de la atmósfera en el que se encuentra mayoritariamente en forma molecular (N<sub>2</sub>). Los principales compuestos minerales en los que se encuentra en la corteza terrestre son el nitrato sódico (nitrato de Chile) (NaNO<sub>3</sub>) y el nitrato potásico (salitre) (KNO<sub>3</sub>).

El nitrógeno en su forma molecular es un gas prácticamente inerte, muy poco reactivo. Sin embargo, es posible encontrarlo en diversos compuestos químicos cuya naturaleza y riqueza en nitrógeno son las que se indican en la tabla 2.

*Tabla 2.: Principales compuestos minerales de nitrógeno presentes en la naturaleza.*

Compuesto	Fórmula química	Estado (a tª ambiente)	Riqueza en nitrógeno (N) (%)
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	Gas	100,00
Nitrato sódico	NaNO <sub>3</sub>	Sólido	16,47
Nitrato potásico	KNO <sub>3</sub>	Sólido	13,85
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	Gas	82,35
Amonio (ión)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	combinado o disuelto	77,78
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	Gas	63,64
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	Gas	30,43
Nitrato (ión)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	combinado o disuelto	22,58
Nitrito (ión)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	combinado o disuelto	30,43

Además de los compuestos minerales indicados en la tabla 2, el nitrógeno es componente fundamental de las proteínas, moléculas orgánicas complejas constituyentes indispensables de todas las plantas y animales.

### 2.4. La necesidad de nitrógeno

El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida, forma parte de los aminoácidos y estos son los componentes de las proteínas. El nitrógeno gaseoso presente en la atmósfera no es apto para su incorporación a la materia viva, requiere algunas transformaciones para ser absorbido primero por las plantas y de estas, ya en forma de proteínas, por los animales.

Las formas minerales de nitrógeno, el nitrato y el amonio, pueden ser tomadas del suelo por las plantas. La nutrición del hombre y los animales depende de las proteínas sintetizadas por las plantas. El hombre necesita una ingesta diaria de aproximadamente 50 g de proteína, lo que equivale a 8 g de nitrógeno (N) (Schenk, 2005).

Siendo el nitrógeno uno de los 16 elementos esenciales para las plantas (nutrientes que son imprescindibles para el crecimiento de las plantas), y además uno de los consumidos en mayor cantidad, no sólo se requiere para la obtención de proteínas sino que cualquier producción agraria lo requiere en cantidades importantes. La obtención de hidratos de carbono, grasas o fibra queda también limitada por la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos.

El nitrógeno es uno de los elementos cruciales en el mantenimiento de las altas producciones actuales y estas son demandadas por una población creciente. En el apartado 2.1. se comenta la evolución de la población mundial y la situación actual, que significa una demanda creciente de alimentos.

En paralelo con la demanda de mayor cantidad de alimentos, la prosperidad lleva aparejados cambios en la dieta de los habitantes. Se demanda una mayor cantidad de alimentos de origen animal. A mediados de los años 90 aproximadamente la mitad del incremento de la demanda de alimentos procedía del crecimiento de la población y la otra mitad procedía de la evolución de los hábitos alimentarios. Aproximadamente un tercio de la producción mundial de grano se destina hoy a la ganadería (Sinclair, 2001).

La introducción de un paso más en la cadena alimentaria conduce inevitablemente a pérdidas de transformación de la energía y la proteína contenida en los alimentos. La eficiencia de transformación de la proteína de los cereales en proteína animal es del orden de un 30 %. Esto conlleva una mayor necesidad de proteína de origen vegetal, lo que significa en definitiva que debe introducirse mayor cantidad de nitrógeno en el sistema.

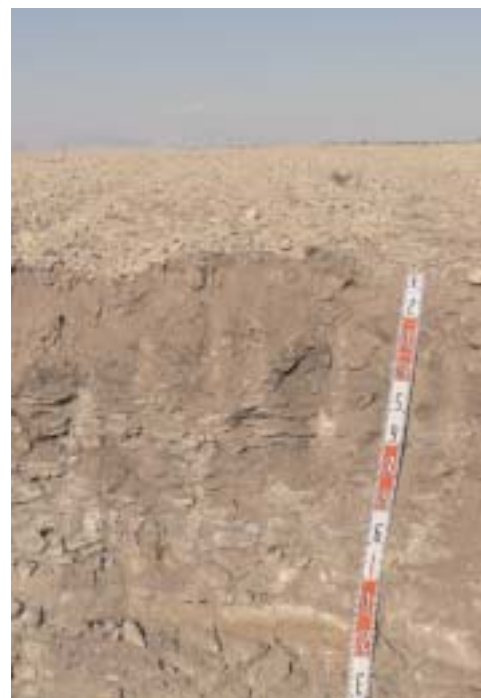
Debe tenerse en cuenta, además, que la superficie dedicada a la producción agraria difícilmente puede incrementarse, mas al contrario, la superficie mundial dedicada a la agricultura disminuye, básicamente por erosión, pero también por su destino para otros usos como el urbano o el industrial. A nivel mundial, aproximadamente 10 millones de hectáreas de suelo pierden completamente su capacidad productiva cada año debido a la erosión.

## 2.5. El ciclo del nitrógeno

El nitrógeno, como los distintos elementos químicos y compuestos minerales u orgánicos en la naturaleza, sufre diferentes transformaciones y cambios de estado a la vez que se sitúa en distintos puntos de la superficie de la tierra. Vuelve a pasar periódicamente por un mismo compartimento del medio ambiente, considerado como un sistema global. Por ello se habla de los ciclos de los elementos dentro de los cuales se establece una sucesión de procesos y de formas químicas del mismo elemento que va atravesando distintos medios, entre ellos el suelo y muchas veces las aguas.

En el caso del nitrógeno es más sencillo examinar ese ciclo si se descompone en dos, uno general que incumbe a la atmósfera, el suelo, la superficie de la tierra, el agua y la biomasa (figura 1); y otro parcial, que se circunscribe al suelo y su entorno más próximo (figura 2).

En realidad, cualquier intervención humana se incorpora a estos ciclos naturales, y eso ocurre concretamente con el nitrógeno en las prácticas de fertilización. Esa intervención origina modificaciones que se podrán ver resaltadas en color rojo en las figuras 1 y 2 para el ciclo general y el ciclo en el suelo, respectivamente.



*El suelo es el punto clave en el ciclo del Nitrógeno.  
(Foto: J.Betrán)*

El ciclo completo que sufre el nitrógeno de forma natural puede esquematizarse como aparece en la figura 1. La fuente primaria de nitrógeno es la atmósfera, con un 79 % de nitrógeno en forma molecular ( $N_2$ ), su incorporación al suelo significa la entrada en un subsistema bastante complejo en el que está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que pueden en algún momento desembocar en el agua freática.

De forma muy esquemática, las “entradas” de nitrógeno mineral al suelo se produce desde la atmósfera a través del agua de lluvia, en forma de amonio o de óxidos de nitrógeno disueltos o, también, a través de la fijación bacteriana. Este nitrógeno pasa a “alimentar” un ciclo “menor” de este elemento que ocurre en el suelo.

Las actividades industriales, y también la ganadería, han incrementando la cantidad de amoniaco y de óxidos de nitrógeno en la atmósfera con lo que el aporte a través del agua de lluvia se ha visto incrementado también en parte debido al hombre.

La fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias simbióticas con plantas leguminosas ha sido utilizada desde mucho tiempo atrás por el hombre, y hoy se cultivan extensamente leguminosas.

La fijación industrial y posterior aporte de diversas formas nitrogenadas al suelo supone una vía abierta por el hombre.

En condiciones naturales las cantidades de nitrógeno “arrastradas” hasta el suelo son pequeñas, algunos autores las cifran en torno a los 10 kg por hectárea y año. La actividad agraria multiplica esa cifra habitualmente por entre 4 y 40 veces, y hasta 100 veces en las condiciones de cultivo más intensivas.

También son generalmente pequeñas las cantidades de nitrógeno revertidas desde el suelo a la atmósfera. La mayor parte del nitrógeno en el suelo será normalmente absorbido por las plantas y pasará a alimentar el ciclo de este elemento en el suelo (figura 2), que va muy ligado al ciclo de la materia orgánica. La mayor parte del nitrógeno presente en el suelo lo está en forma orgánica, integrado bien en la biomasa viva, en la materia orgánica fresca o en la materia orgánica estable (humus). Una parte habitualmente muy pequeña del nitrógeno está en el suelo en forma mineral, y la mayor parte de este en forma de nitratos ( $NO_3^-$ ), que es la forma más oxidada de nitrógeno en el suelo y las aguas, y también la mas comúnmente asimilada por las plantas.

Esquemáticamente, cabe resaltar los siguientes aspectos de esta parte del ciclo del nitrógeno que se desarrolla íntegramente en el suelo o sus proximidades (figura 2):

- El nitrógeno es asimilado por las plantas en formas minerales, esto quiere decir que no pueden tomarlo en cualquier momento del ciclo.
- Una parte, muchas veces importante, de la planta queda en el suelo en forma de restos orgánicos con cierto contenido de nitrógeno.
- La parte de las plantas que es consumida por animales, les aporta a estos sustancias nitrogenadas que finalmente retornaran al suelo en forma de estiércol o de restos animales.
- El conjunto de los restos orgánicos presentes en el suelo, en condiciones normales, entran primero en un proceso de mineralización, denominado “AMONIFICACION” en cuanto al nitrogeno se refiere, que da lugar a nitrógeno en forma amoniacal ( $NH_4^+$ ). Este proceso es más o menos rápido cuando parte de materia orgánica fresca, pero muy lento si parte de materia orgánica estabilizada en el suelo (humus).
- El conjunto del amonio presente en el suelo, procedente de amonificación o aportado al suelo como fertilizantes en esa forma, sufre dos procesos de oxidación sucesivos que están producidos por dos grupos de bacterias muy específicas. En el primero, las “nitrosomonas” oxidan el amonio a nitritos ( $NO_2^-$ ); en el segundo, las “nitrobacter” oxidan los nitritos a nitratos ( $NO_3^-$ ). A este proceso en su conjunto se le denomina “NITRIFICACION”, y las bacterias que participan son muy abundantes en todos los suelos.
- Las formas amonio y nitratos, formadas en el suelo o aportadas mediante fertilización, pueden ser nuevamente absorbidas por las plantas, vuelven así a la biomasa y reinician el ciclo.

Figura 1: Ciclo general del nitrógeno. Modificaciones impulsadas por el hombre (en rojo).

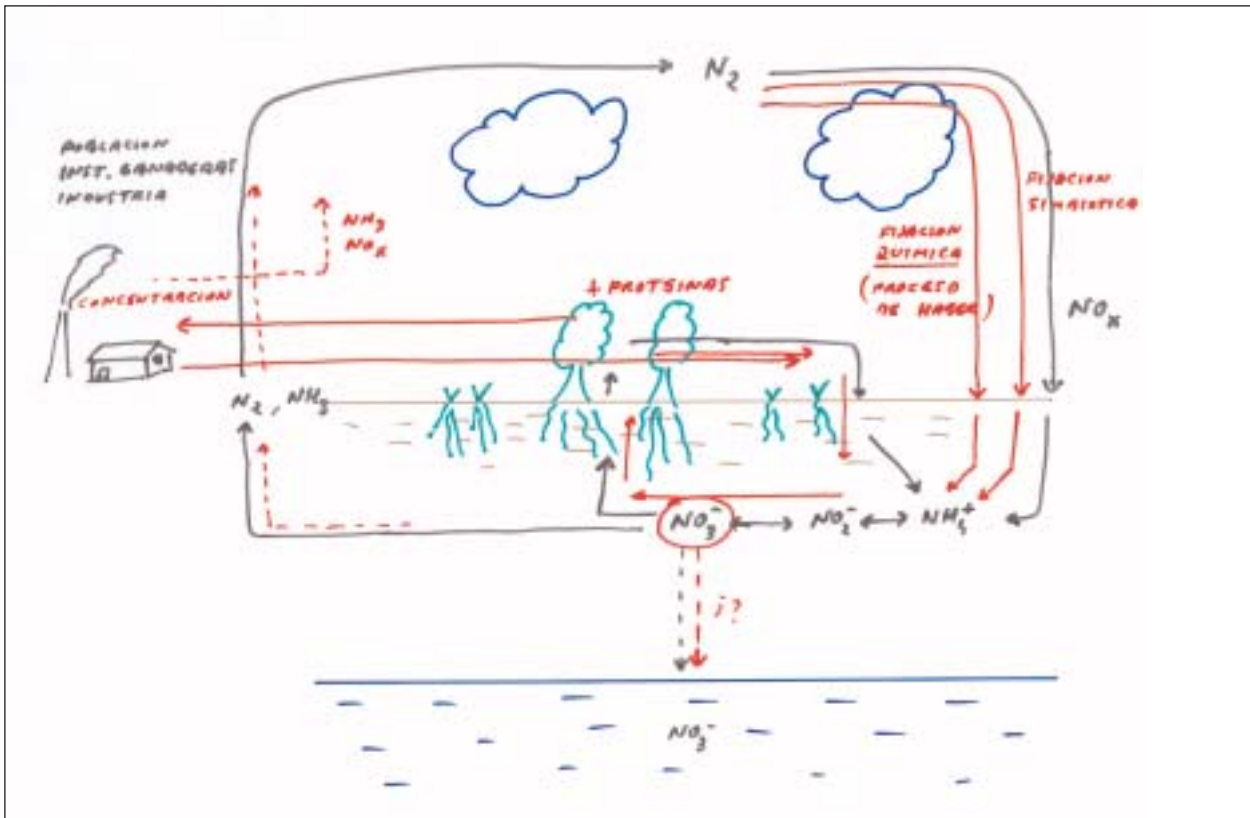
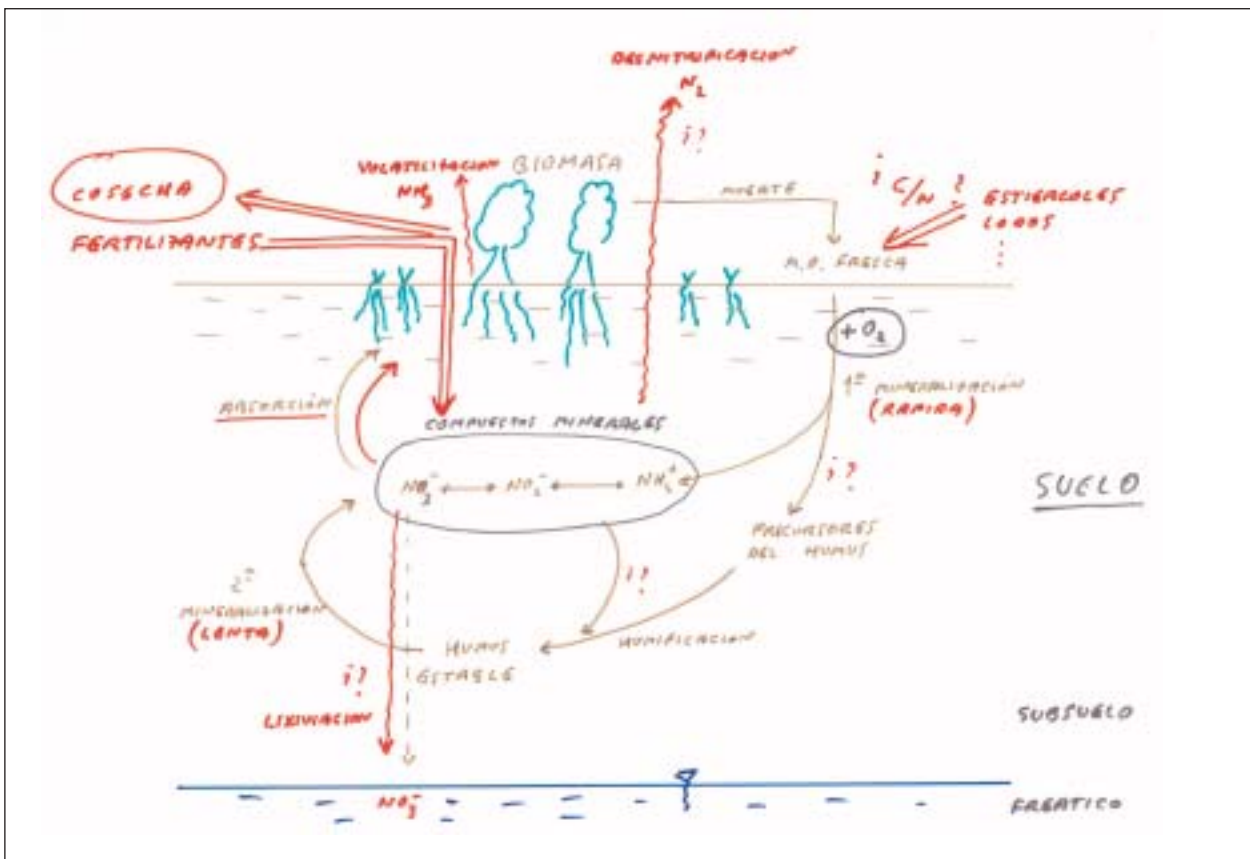


Figura 2: Ciclo del nitrógeno en el suelo. Modificaciones impulsadas por el hombre (en rojo).





En esta parte del ciclo del nitrógeno que atraviesa el suelo, se pueden producir salidas de nitrógeno en diferentes puntos:

- Si se trata de cultivos, una salida importante es la extracción de producciones en forma de nitrógeno contenido en las proteínas de granos, frutos o forrajes. Esta sería la única salida deseable.
- En condiciones de riego o de elevadas pluviometrías, si existen pérdidas de agua por drenaje, parte del nitrato originado en la nitrificación o aportado por fertilización puede ser arrastrado por el agua hasta capas situadas fuera del alcance de las raíces y finalmente, si existe capa freática, pueden acceder a ella contaminándola.
- En condiciones de suelos encharcados, o mal aireados, con falta de oxígeno, se da un fenómeno de circulación inversa al sentido normal de la evolución de las sustancias nitrogenadas. El nitrato es reducido desde la forma nitrato hasta la forma gaseosa  $N_2$ , que se pierde a la atmósfera. A este proceso se le llama “desnitrificación”, y es una pérdida no deseable.
- Finalmente, también una parte del nitrógeno aportado en superficie, y no mezclado en el suelo, puede perderse por evaporación en forma de amoníaco ( $NH_3$ ), a este fenómeno se le conoce como “volatilización”, y es también una pérdida no deseable de parte del nitrógeno.

En resumen **el ciclo del nitrógeno en el suelo en condiciones naturales** presenta las siguientes características (figuras 1 y 2).

- El aporte nitrogenado es casi exclusivamente orgánico. Se establece prácticamente una “recirculación” del nitrógeno encerrado en este ciclo.
- Los aportes minerales son pequeños y proceden de la atmósfera a través del agua de lluvia o de fijación bacteriana..
- Al ser el nitrógeno mineral escaso hay un equilibrio entre la disponibilidad y la absorción por las plantas.
- Generalmente hay concentraciones muy bajas de nitrógeno en forma mineral.

Como resultado, la posibilidad de pérdidas por volatilización, desnitrificación o lavado son muy pequeñas. Desde luego que la forma nitrato que exista es soluble y puede movilizarse pero las oportunidades de pérdida son reducidas.

**La participación del hombre ha modificado el ciclo del nitrógeno** en su beneficio, en los siguientes aspectos:

- Se realiza un aporte mineral, a veces muy importante, fijando el nitrógeno atmosférico por medios industriales.
- Los estiércoles y muchos otros subproductos de origen ganadero, industrial o urbano, susceptibles de ser utilizados como fertilizantes, se producen concentrados y, a menudo se aportan también en dosis puntualmente elevadas.
- Las actividades ganaderas, urbanas e industriales han generado mayor contenido en la atmósfera de compuestos nitrogenados reactivos (amoníaco u óxidos de nitrógeno). Estas actividades también inciden en aportes al suelo o al agua de sustancias nitrogenadas.
- La práctica del riego introduce mayor posibilidad de lavado de sustancias, entre ellas nitratos, y cada vez con más frecuencia, supone un aporte de nitrógeno al suelo.
- El manejo del suelo en la agricultura moderna introduce un nuevo factor de acumulación de nitratos en los periodos en que el suelo permanece desnudo.

La principal reserva de nitrógeno en este ciclo es la materia orgánica contenida en el suelo, que contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, que será mineralizado lentamente.

Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema, para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción de los cultivos, es necesario conocer como influyen las prácticas agrícolas y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo.

En todo caso, varias conclusiones pueden extraerse del examen del ciclo del nitrógeno:

- \* La existencia de nitrógeno en el suelo es fundamental para el mantenimiento de la vida.
- \* La presencia de nitrógeno en forma de nitratos es absolutamente natural y no solo procede de los aportes fertilizantes.
- \* La absorción por las plantas es una parte importante del ciclo, de forma que la ausencia de cultivo facilita la pérdida de nitrógeno mineral que, en cualquier caso, se liberará desde la materia orgánica.
- \* La salida de nitratos de este ciclo está muy ligada a las pérdidas de agua por drenaje. Riegos excesivos pueden incrementar notablemente la salida de nitratos.

## 2.6. Cantidades de nitrógeno implicadas

En realidad, cuantitativamente la importancia de la intervención humana en el ciclo del nitrógeno es relativamente pequeña. Esto puede comprobarse sobre las cantidades de nitrógeno existentes en cada uno de las zonas de la biosfera implicadas en el ciclo, que son las que se indican en la tabla nº 3.

*Tabla 3: Cantidades de nitrógeno (N) presentes en la biosfera (millones de toneladas).*

Sumidero	Cantidad presente
Atmósfera	3.900.000.000
Océanos	23.777.400
Materia Orgánica del suelo	156.000
Plantas y animales	15.200

Según datos de la FAO para la campaña agrícola 2000-2001, el consumo de fertilizantes nitrogenados supuso el aporte de 86,1 millones de toneladas de nitrógeno a nivel mundial, 12,1 millones de toneladas en Europa. Esta cantidad de nitrógeno movilizada por el hombre, en su mayor parte desde la atmósfera (método Haber) para aplicarla al suelo, es relativamente insignificante si se compara con las cantidades de nitrógeno existentes en la atmósfera, o simplemente si se comparan con las cantidades presentes en la materia orgánica del suelo, unas 2000 veces más.

Ocurre que el efecto potencial del hombre sobre el ciclo del nitrógeno no es tanto cuantitativo como cualitativo. Las cantidades de nitrógeno movilizadas son relativamente pequeñas, pero pueden ir a parar a lugares del ciclo donde son especialmente perniciosas.

## 2.7. Eficiencia del nitrógeno fertilizante

Según Verheye, W. (2005), aproximadamente el 50 % del nitrógeno mineral aplicado al suelo mediante fertilizantes es absorbido por los cultivos en el primer año (aún menos en suelos arenosos), una pequeña cantidad es incorporada a la materia orgánica estable y será disponible más adelante. De forma que una parte importante se perderá, bien por volatilización o bien por lavado y acumulación en capas profundas del suelo o del subsuelo o en el agua freática.

La creencia de que sólo los fertilizantes minerales producen pérdidas no es correcta. Se pierden cantidades importantes de nitrógeno también de las fuentes orgánicas (Loomis y col. 2002). Es cierto que la mayor parte de las pérdidas se producen por lavado o desnitrificación desde el nitrógeno mineral presente en el suelo, particularmente desde los nitratos, pero en el nitrógeno mineral presente en el suelo es indiferenciable la parte que procede de fertilizantes de la parte que procede de fuentes orgánicas (estiércoles, residuos de cosechas o la propia materia orgánica del suelo, etc.).

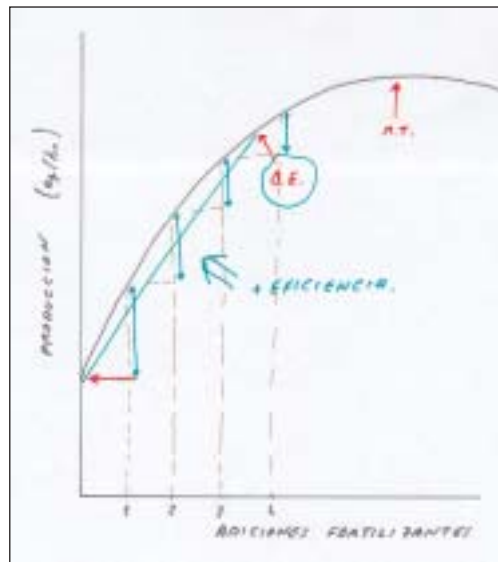
Ahora bien, el efecto de los fertilizantes minerales puede predecirse mucho mejor en el tiempo que el de los aportes orgánicos. La mineralización de la materia orgánica se produce cuando las condiciones en el suelo son favorables, independientemente del estado del cultivo.

Según Yuichi Fushiwaki y col. (2005), los fertilizantes orgánicos producen menores pérdidas de nitratos por lavado, en parte por el mayor tiempo que requiere su transformación a nitrógeno mineral, pero también debido a que con ellos pueden verse incrementadas las pérdidas por desnitrificación.

El lavado de nitrato es pequeño durante la etapa de crecimiento del cultivo, pero se incrementa rápidamente cuando la lluvia excede la evapotranspiración. Verheye, W. (2005)

La eficiencia en la absorción de nitrógeno por parte de los cultivos resulta máxima para dosis bajas y disminuye conforme se incrementan estas. La eficiencia sigue una curva parecida a la respuesta productiva, también conocida como curva de rendimientos “finalmente decrecientes” (figura 3). Esta curva, que reproduce con bastante fidelidad el efecto del nitrógeno, indica que el efecto productivo conseguido con cada dosis adicional de fertilizante va siendo progresivamente menor, y que llega un momento en que dosis mayores producen realmente producciones más bajas.

*Figura 3: Curva teórica de respuesta a aportes fertilizantes y su relación con la eficiencia.*



Según Yuichi Fushiwaki y col. (2005) se tiende a aplicar una cantidad excesiva de nitrógeno a los cultivos. Una reducción en la dosis de fertilizante no afectará al rendimiento y sin embargo mejorará la eficiencia de utilización del nitrógeno.

Para dosis superiores a las del “óptimo económico” (O.E.) la eficiencia disminuye drásticamente, y por encima del “máximo técnico” (M.T.) la presencia de más nitrógeno no se traduce en mayor producción (en muchas ocasiones al contrario) de modo que en parte se promueve el denominado “consumo de lujo” y en parte se crean excedentes de nitrógeno mineral en el suelo, inevitablemente expuestas al lavado.

Obviamente las pérdidas de nitrógeno fertilizante, además de un problema ambiental, suponen una pérdida económica importante para el agricultor.

Los factores primordiales que determinan la pérdida de nitrógeno en forma de nitratos pueden resumirse en:

- Cantidad de nitrógeno mineral presente en el suelo (concentración de nitratos en la solución del suelo). Proceda éste de fuentes minerales u orgánicas.
- Presencia o no de vegetación en condiciones de absorber ese nitrógeno.
- Volumen de agua de drenaje. Agua que atreviese el suelo y se pierda por percolación profunda

Algunas técnicas de cultivo pueden mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno o reducir las pérdidas resolviendo alguno de esos factores de riesgo señalados:

Yuichi Fushiwaki y col. (2005) proponen establecer un rotación de cultivos en la que se alternen cultivos con muy alta demanda de nitrógeno (como puede ser el maíz o algunas hortalizas en nuestras condiciones) con otros que requieran mucho menos (trigo o patatas) o que no lo requieran en absoluto (leguminosas), este segundo cultivo cumpliría la función de “cultivo limpiador”.

En regadío la dosificación de agua ajustándose a las necesidades, mucho más en momentos de aplicación de fertilizantes, reducirá las posibilidades de pérdida. La fracción de lavado que sea necesaria puede establecerse fuera de los momentos de mayor presencia de nitratos en el suelo. Yuichi Fushiwaki y col. (2005) señalan que no debería producirse salidas de agua de drenaje hasta 10 días después de fertilizar.

## 2.8. Medidas a adoptar

La pérdida de nitrógeno desde el suelo agrícola puede ser reducida de forma muy importante si se establece de forma rigurosa un cálculo realista de las necesidades del cultivo y se introducen los fraccionamientos necesarios.

Es muy importante considerar la cantidad total necesaria, el momento o momentos idóneos de aplicación, la forma nitrogenada y el método de aplicación.

La aplicación de formas nitrogenadas de rápida absorción debe hacerse preferentemente en los estados de máxima absorción radicular, y debe suspenderse cuando la actividad de la planta es menor.

La presencia de cubierta vegetal en los barbechos, o en los periodos sin cultivo, durante el mayor tiempo posible es un mecanismo de protección contra las pérdidas de los nitratos que se producen como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica del suelo. La vegetación incorpora ese nitrógeno, y otros nutrientes, a la biomasa y los retornará nuevamente al ciclo en forma orgánica.

Para aquellos cultivos que permanecen largo tiempo en el campo debe evitarse la dosificación de nitrógeno mucho antes, o después de los periodos de absorción. Especialmente en suelos con baja capacidad de retención, y dependiendo de las necesidades totales, es mejor realizar aportes fraccionados con pequeñas cantidades que aplicar todo el nitrógeno de una sola vez.

Efectuar la fertilización localizada siempre que sea posible. Esta medida es imprescindible en cultivos leñosos, donde el espacio entre líneas no requiere fertilizante y este se perderá si es aplicado.

En cultivos herbáceos realizar el menor aporte posible de fertilizantes minerales en fondo y reservar el mayor aporte para cuando el cultivo esta bien establecido. El fertilizante de fondo tendrá un efecto mucho mayor si se realiza localizado.

En el caso de fertilizantes orgánicos, además de calcular la cantidad necesaria (para lo cual se requiere conocer la riqueza fertilizante), es muy importante prever el periodo necesario para su transformación.

El compostaje de estiércoles y de residuos orgánicos de diversa naturaleza permitirá aprovechar toda su riqueza fertilizante y reducir las pérdidas por volatilización, desnitrificación y lavado.

Si se utilizan fertilizantes orgánicos debe reducirse en la proporción adecuada los aportes minerales.

### **Todas estas medidas se pueden resumir en una sola:**

Conseguir que la mayor parte del nitrógeno mineral, producido en el suelo o aportado en cualquier forma, sea absorbido por la vegetación.

## Bibliografía.

- Babor, J. A. e Ibarz, J.: QUÍMICA GENERAL MODERNA. Ed. Marín, S.A. 1144 pp. Barcelona (1970).
- K.F. Isherwood, FERTILIZER USE IN WESTERN EUROPE: TYPES AND AMOUNTS, in AGRICULTURAL SCIENCES, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 4, 2005]
- Loomis, R.S.; CONNOR, D.J.: ECOLOGÍA DE CULTIVOS. PRODUCTIVIDAD Y MANEJO EN SISTEMAS AGRARIOS. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (2002).
- Porta, J.; Lopez-Acevedo, M.; Roquero, C.: EDAFOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE. Ed. Mundi-Prensa. 849 pp. 2ª ed. España (1999).
- Sartori, G.; Mazzoleni, G.: LA TIERRA EXPLOTA, SUPERPOBLACIÓN Y DESARROLLO. Ed. Taurus. 241 pp. España (2003).
- Schenk, M.K., AGRICULTURAL PRACTICES TO MINIMIZE NITRATE ACCUMULATION IN EDIBLE PARTS OF CROP PLANTS, in Impacts of Agriculture on Human Health and Nutrition, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 4, 2005]
- Sinclair, T.R.; Gardner, F.P.: PRINCIPLES OF ECOLOGY IN PLANT PRODUCTION. Ed. CAB International. 189 pp. 2ª ed. Inglaterra (2001).
- Willy Verheye, LAND USE MANAGEMENT, in Land Use and Land Cover, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 8, 2005]
- Yuichi Fushiwaki, Yasumoto Magara, WATER POLLUTION BY AGRICULTURE AND OTHER RURAL USES, in Water Quality and Standards, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 8, 2005]
- Luis Silveira, In Situ Groundwater Treatment, in Groundwater, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 8, 2005]



*Manejo de fertilizantes nitrogenados. (Foto: J.Betrán)*



# Capítulo 3

## Lavado de nitrato y riego

*Autores:*

*Dolores Quilez Saez de Viteri* C.I.T.A.- D.G.A.  
*M<sup>a</sup> Rosa Yagüe Carrasco* C.I.T.A.- D.G.A.  
*Ramón Isla Climente* C.I.T.A.- D.G.A.



*Riego mediante sistemas de aspersión.*

## Lavado de nitrato y riego

### 3.1. Introducción

Tradicionalmente, los sistemas de producción agrarios han considerado el suelo y el agua como recursos inagotables. Debido a que la cantidad de insumos agrarios no era muy elevada, el impacto de la agricultura sobre el medio ambiente era bajo. Como consecuencia de la necesidad de aumentar la producción y maximizar la rentabilidad de las explotaciones se ha producido una intensificación de la producción en los sistemas de regadío que ha conducido a un mayor impacto de la actividad agraria sobre los recursos suelo y agua.

La calidad del agua es un aspecto importante en la gestión de los recursos hídricos, ya que además del posible efecto sobre los ecosistemas acuáticos, una mala calidad puede limitar su posterior utilización. Una característica importante y que incide en la calidad del agua es el contenido en nitrato, que deriva de la relación establecida entre la concentración de nitrato y la salud (Comby, 1945). Elevadas concentraciones de nitrato pueden provocar methemoglobinemia infantil o síndrome del niño azul (cianosis).

Además de los problemas sobre la salud humana, concentraciones elevadas de nitrato en los sistemas acuáticos favorecen el crecimiento de algas, que en su descomposición provocan una desaparición del oxígeno en el agua (eutrofización) con el consiguiente perjuicio para la vida acuática. Este problema no es importante en aguas continentales ya que el contenido de fósforo es el factor limitante que controla la eutrofización. Sin embargo, el proceso de eutrofización está controlado por el nitrógeno en las zonas costeras. Hay muchas evidencias de que el espectacular crecimiento de algas, las mareas rojas o las condiciones de anoxia crecientes en zonas como el Golfo de Méjico, el mar del Norte, el mar Báltico, el mar Mediterráneo o el mar Negro son debidas a los aportes crecientes de nitrógeno. Este aumento de las cantidades de N esta también ligado a la pérdida de biodiversidad en estas áreas.

El lavado de nitrato de los suelos agrarios es la vía más importante por la que se exporta nitrógeno hacia las aguas superficiales y subterráneas. Las mayores pérdidas de nitrato, ocurren cuando hay una alta concentración de nitrato en el suelo y un elevado movimiento descendente de agua en el perfil, desplazamiento que esta condicionado por efectos estacionales de las precipitaciones y el riego y que a su vez determinan el volumen de drenaje (Legg *et al.*, 1992).

El aumento de la concentración de nitrato en las masas de agua tanto superficiales como subterráneas tiene su origen, en la mayor parte de los casos, en la aplicación de unas dosis de nitrógeno superiores a las necesidades del cultivo o de unos sistemas de riego con baja eficiencia. La protección de las aguas contra la contaminación producida por el nitrato, queda recogida en la directiva 91/676 aprobada en 1991 por el Consejo de las Comunidades Europeas. Los principales objetivos de esta directiva son: <sup>(1)</sup> reducir la contaminación de nitrato de origen agrícola y <sup>(2)</sup> actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones. Esta directiva fija la concentración máxima admisible en agua de potable en 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L.

Para reducir la contaminación difusa de nitrato asociada al regadío es necesario mejorar por un lado el manejo del fertilizante nitrogenado y por el otro aumentar, siempre que sea posible, la eficiencia del riego para reducir al máximo la percolación de agua por debajo de la zona de raíces de los cultivos.

Debido a que no todos los regadíos presentan el mismo riesgo de contaminación por nitrato, resulta útil clasificarlos de la siguiente manera:



- **Zonas de alto riesgo:** presentan suelos arenosos muy permeables y con una capacidad de retención de agua limitada, presencia de capa freática (a menos de 2 m de profundidad), suelos poco profundos sobre material permeable (sasos), terrenos con pendiente superior al 2-3%, se practica una agricultura intensiva con aportes elevados de fertilizantes, terrenos ricos en materia orgánica y labrados con frecuencia en profundidad.
- **Zonas de riesgo moderado:** presentan suelos de composición granulométrica media y con capacidad de retención de agua (CRAD) discreta, presencia de nivel freático de 2 a 20 m de profundidad, suelos de profundidad media (no inferior a 50-60 cm), pendiente moderada, aportes moderados de fertilizantes.
- **Zonas de bajo riesgo:** presentan suelos tendiendo a arcillosos, poco permeables y con elevada CRAD, profundos (>60-70 cm), con capa freática a más de 20 m de profundidad y con escasa pendiente.

Por ello, la mayor parte de las zonas declaradas vulnerables son de regadío y son las zonas consideradas de alto riesgo. En Aragón estas Zonas Vulnerables y sus programas de actuación están reguladas por el Decreto 77/1997, la Orden 19 de julio de 2004 y la Orden de 5 de septiembre de 2005.

**Decreto 77/1997.** Se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de La Comunidad de Aragón y se designan determinadas áreas como Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias (BOA. 11/6/97):

- Jalon-Huerva: Calatorao, La Almunia de doña Godina, Cariñena, Longares.
- Gallocanta: Las Cuerlas, Tornos, Torralba de los Sisonos y Bello.

**Orden 19 de julio 2004.** Se designan nuevas Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias y se aprueba el Programa de Actuación sobre las mismas (BOA. 4/8/04):

- Aluvial Ebro: Novillas-Gelsa.
- Bajo Jalón (Lucena de Jalón), Bajo Gállego (Zuera), Bajo Arba (Canal de Tauste).
- Hoya de Huesca: Alerre, Banastás, Chimillas, Igríes, Nuevo, Huesca, Quicena y Tierza.
- Singra-Alto Jíloca: Monreal del Campo, Singra y Vilafranca del Campo.
- Muel-Belchite: Almonacid de la Cuba, Azuara, Belchite, Codo, Lagata, Letux, Mediana de Aragón y Samper de Salz.

**Orden 5 de septiembre 2005.** Por el que se aprueba el II. Programa de Actuación sobre Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias (BOA. 16/9/05):

- Jalón- Huerva, Gallocanta, acuífero Ebro III y Aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón, Singra-Alto Jiloca, Acuífero de Apiés y Acuífero de Muel-Belchite.

## 3.2. Factores que afectan al lavado de nitrato

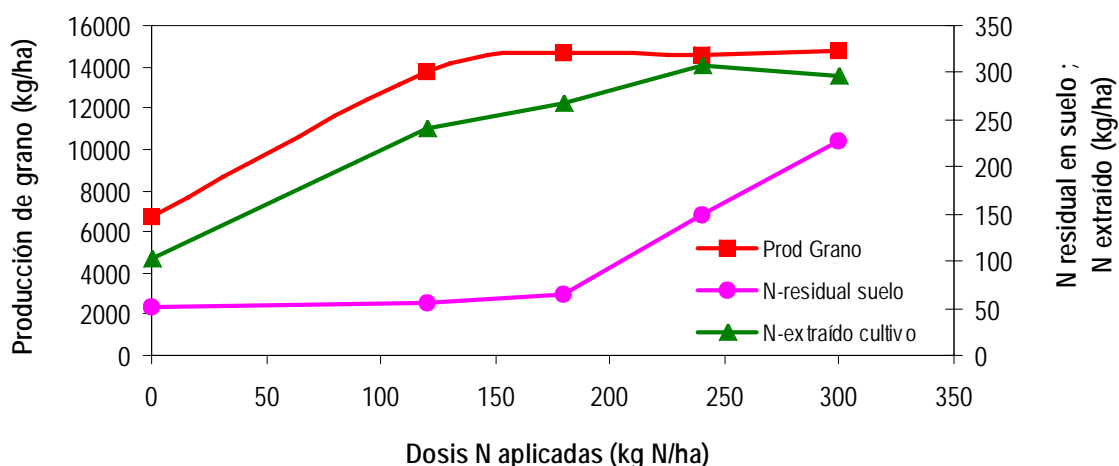
### 3.2.1. Efecto del abonado

#### Dosis de fertilizante

La cantidad de nitrógeno que se debe aplicar a un cultivo viene determinada por las necesidades del mismo, el nitrógeno ya disponible en el suelo en el momento de sembrar, y la capacidad del suelo de suministrar N a partir de la materia orgánica del mismo. Generalmente todos los cultivos responden al incremento del N aplicado aumentando la producción, hasta llegar a un nivel a partir del cual el incremento de abonado ya no produce un aumento de producción (ley de rendimientos decrecientes), o incluso puede observarse un descenso.

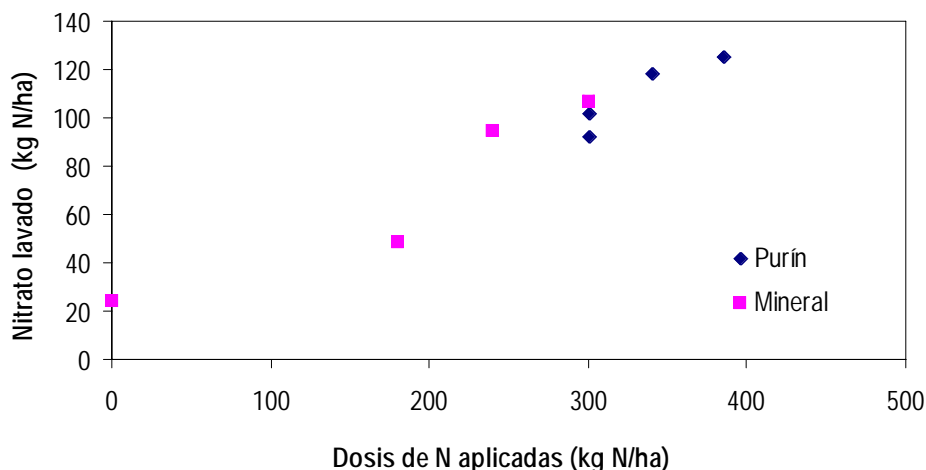
La Figura 1 muestra los resultados de un ensayo con diferentes dosis de N en maíz. En la misma se observa que a partir de la dosis óptima de N (la que permite alcanzar el máximo de producción) se produce una importante acumulación de N residual en el suelo. Este nitrógeno residual presenta un elevado riesgo potencial de ser lavado durante el otoño-invierno en las condiciones ambientales del Valle Medio del Ebro. En la misma figura parece observarse un cierto consumo de lujo de nitrógeno por parte del maíz ya que el contenido de N absorbido aumenta a pesar de mantenerse la producción, si bien se alcanza un máximo (en este caso para una dosis de 250 kg N/ha) a partir del cual la extracción de N por el maíz ya no aumenta.

*Figura 1. Efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de grano de maíz, las extracciones de N del cultivo, y el N residual en el suelo (0-120 cm) después del cultivo. Datos procedentes de un ensayo en la finca experimental de Montañana del C.I.T.A. (Gobierno de Aragón).*



La Figura 2 muestra claramente como la masa de nitrato lavado aumenta al aumentar la dosis de N aplicada, y esto ocurre independientemente del tipo de fertilizante aplicado sea mineral u orgánico. Esto confirma el resultado de otros trabajos indicando que la utilización de purín u otros fertilizantes orgánicos no aumenta el riesgo de contaminación por nitrato, sino que éste depende fundamentalmente de las cantidades de N aplicadas.

*Figura 2. Efecto de la dosis de N aplicado (kg N/ha) en forma mineral y orgánica (purín de cerdo) sobre la masa de nitrato lavado (kg/ha). Datos procedentes de un ensayo en lisímetros de drenaje en la finca experimental de Montañana del C.I.T.A. (Gobierno de Aragón).*



## Época de aplicación

Un aspecto importante para disminuir las pérdidas de N por lavado es ajustar lo mejor posible las aplicaciones a las necesidades del cultivo. En general, la demanda de los cultivos es baja en la primera fase de crecimiento, y aumenta de forma considerable en la fase de desarrollo rápido, disminuyendo posteriormente en la madurez.

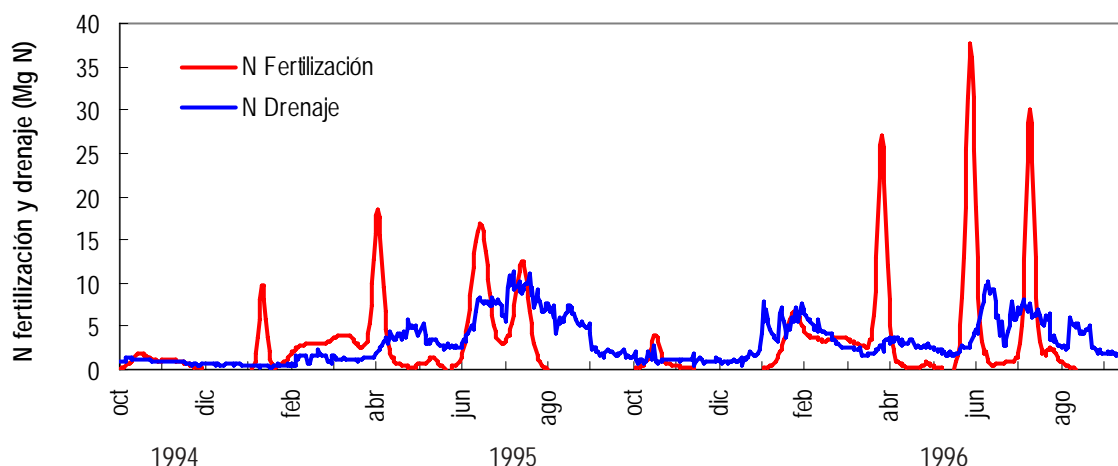
En muchas zonas la percolación máxima suele producirse en invierno y por tanto, las aplicaciones de nitrógeno en el otoño o invierno están expuestas a un alto riesgo de lavado. Esto hace muy poco recomendable las aplicaciones de N en los cultivos que se siembran en esta época, siendo preferible hacer las mayores aportaciones en primavera cuando las necesidades del cultivo son mas elevadas y el riesgo de lavado es menor.

La mejor manera de ajustar las aplicaciones a las necesidades del cultivo es mediante el fraccionamiento del N en varias aplicaciones, ya que se consigue aumentar la eficiencia de uso del nitrógeno aplicado. En el caso de sistemas de riego por aspersión esto es muy sencillo ya que se puede inyectar directamente el abono en el agua de riego, por lo que son posibles tantos fraccionamientos como se desee.

La Figura 3 muestra la relación entre los momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados y la masa de nitrato exportada del Polígono de riego de la Violada (Isidoro, 1999) desde octubre de 1994 a septiembre del 1996. En dicha área los cultivos predominantes son el maíz y la alfalfa. En la misma se observa el primer pico de nitrato exportado ocurre en abril debido a los riegos de presiembra en maíz y un segundo pico de junio a septiembre durante la estación de riego, asociado a las aplicaciones de cobertera. Se observa que durante la época de no-riego del año 1996 las masas de nitrato exportadas fueron mayores que durante el mismo periodo del 1995, lo que se asocia a una mayor precipitación (362 mm en 1996 frente a los 167 mm de 1995).

El contenido de nitrato, fue mucho más variable durante la estación sin riego que durante la estación de riego. En el otoño invierno de 1994/95, la precipitación fue baja y por tanto también fue pequeña la masa de nitrato lavada. Sin embargo en el invierno siguiente la alta precipitación de diciembre 1995 y las altas precipitaciones de enero y febrero incrementaron el contenido de nitratos en las aguas de drenaje y se lavó el N residual en el suelo. Se detectaron concentraciones pico de hasta 80 mg nitrato/L (18 mg N-NO<sub>3</sub>/L) el 18 de febrero de 1996.

*Figura 3. Evolución de la fertilización nitrogenada y las masas de nitrógeno exportadas del Polígono de riego de la Violada desde octubre de 1994 a agosto de 1996 (Isidoro, 1999).*



## Forma química

La forma química en que se encuentre el nitrógeno aplicado, puede influir en las pérdidas de nitrato por lavado (Juergens-Gschwind, 1989). Diversos estudios han puesto de manifiesto que las mayores pérdidas por lavado ocurren cuando se emplean formas nítricas y son menores cuando se aplican sales amónicas o urea. Por ello, es habitual aplicar en sementera el nitrógeno en forma orgánica y amoniacal (lodos, estiércoles, purines), ya que este nitrógeno tras el proceso de mineralización quedará disponible

para el cultivo a medio plazo, en cambio la forma nítrica del nitrógeno está disponible de forma inmediata para el cultivo y además es susceptible ser lavada, por lo que la aplicación debe realizarse únicamente cuando las necesidades del cultivo son elevadas, es decir en cobertera.

En los últimos años se han comercializado distintos fertilizantes de liberación lenta y también inhibidores de la nitrificación. Su utilización puede verse limitada en cultivos extensivos debido a su mayor precio en relación a los fertilizantes convencionales. Se dispone de poca información acerca de su utilidad práctica para disminuir las pérdidas de N por lavado en las condiciones ambientales de los regadíos del Valle Medio del Ebro. Los resultados obtenidos en diversos ensayos en Aragón (Pérez Berges, 2004) parecen indicar pocos beneficios de utilizar fertilizantes nitrogenados con inhibidores de la nitrificación en el cultivo de maíz comparándolos con fertilizantes convencionales, si bien es preciso valorar su efecto sobre las pérdidas de N por lavado y no solamente su efecto sobre el rendimiento del cultivo.

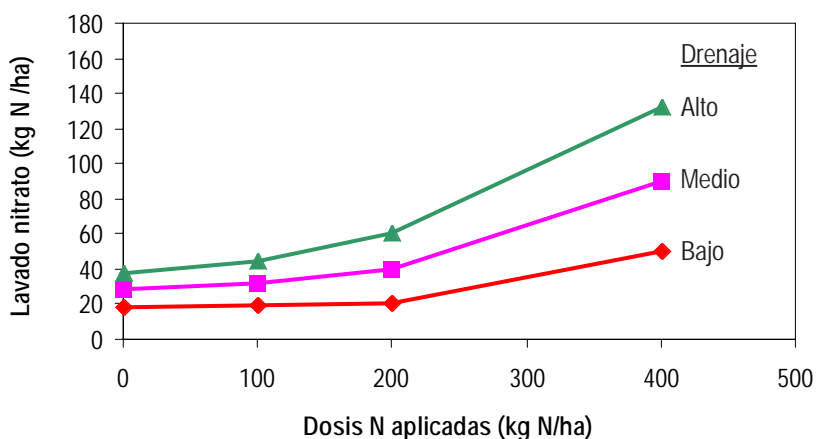
### 3.2.2. Efecto del riego y lluvia

El riego y lluvia afectan directamente al drenaje y por tanto, al lavado. Las variaciones en la distribución de las lluvias y la evapotranspiración de una estación a otra y de un año a otro, afectan al lavado de nitrato (White, 1988).

En zonas áridas y semiáridas, con agricultura de regadío, es frecuente que se produzca una acumulación de N mineral en primavera y verano, que es la época de riegos y abonados, y un lavado del perfil durante el otoño e invierno, dependiendo de la cantidad de las precipitaciones.

La Figura 4 muestra, como tanto la dosis de N aplicada como el volumen de agua de riego afectan de forma importante al lavado de nitrato.

*Figura 4. Efecto de la dosis de fertilizante N aplicado y del volumen de agua que drena por el perfil del suelo sobre la masa de N lixiviada en un cultivo de maíz (extraído de Pratt, 1984).*



La Tabla 1 presenta los resultados de un ensayo de maíz en lisímetros, en condiciones de cultivo típicas de Aragón. En dicho ensayo, se estudió de forma conjunta el efecto combinado de la dosis de fertilizante (N1=275 kg N/ha frente a N2=400 kg N/ha) y de la eficiencia en el sistema de riego (R1=90% frente a R2=60%) sobre la masa de nitrato lavada en un cultivo de maíz. La dosis de N más elevada puede considerarse como representativa de la empleada por muchos agricultores de los regadíos aragoneses, especialmente en sistemas de riego por superficie, mientras que la más baja representaría la dosis recomendada para riego por superficie con un rendimiento esperado de 10 t/ha. Las dos eficiencias de riego comparadas pueden considerarse representativas de las de un riego por inundación (Efic.=60%) y de un riego por aspersión bien manejado (Efic.=90%). En dicha tabla se observa que prácticamente en todos los tratamientos el rendimiento es similar, mientras que se observan diferencias en las pérdidas por lavado de N. Los resultados muestran que, independientemente de la eficiencia del riego, el tratamiento mejorado (N1: reducción de abonado) reduce un 36% el lavado de nitrato respecto al tratamiento tradicional (N2). De la misma manera, independientemente de la dosis de abonado, el aumento de la eficiencia de riego reduce un 33% el lavado de nitrato.

*Tabla 1. Efecto de la dosis de abonado y de la eficiencia del riego sobre el rendimiento y la cantidad de nitrato lavado del suelo en un cultivo de maíz. Se presentan los valores medios de los años 1996 y 1997 (N1, dosis reducida: 275 kg N/ha; N2, dosis tradicional: 400 kg N/ha - R1, alta eficiencia: 90%; R2, baja eficiencia: 60%).*

Tratamiento	Rendimiento (14%)		Nitrato lavado	
	kg/ha	% máximo	kg/ha	% máximo
N1R1	11.090	100	80	42
N1R2	11.317	102	127	67
N2R1	10.782	98	132	69
N2R2	11.041	100	190	100
N1	11.023	103	103	64
N2	10.911	100	161	100
R1	10.936	98	106	67
R2	11.179	100	158	100

Al combinar menores dosis de fertilizante con alta eficiencia de riego se consigue reducir las pérdidas por lavado de nitrato un 60% respecto al manejo en el que se aplican elevadas dosis de fertilizante y riego.

### 3.2.3. Efecto del tipo y manejo del cultivo

Además de los factores citados, otros aspectos pueden incidir en menor grado en el riego de lavado de nitrato de los suelos. Entre ellos pueden destacarse la profundidad de raíces, el ciclo del cultivo y el manejo de los residuos de la cosecha.

Los cultivos de menor profundidad radicular tendrán mayor riesgo de lavado debido al menor volumen de suelo explorado por las raíces y su menor capacidad de absorción de agua en profundidad.

Los cultivos cuyo ciclo suponga dejar desnudo el suelo en otoño-invierno presentaran un riesgo mayor al lavado de nitrato, ya que en ese periodo se produce la mayor parte de las precipitaciones en las condiciones de los regadíos de Aragón.

El manejo de los residuos en el terreno también puede influir, ya que estos producen una inmovilización del nitrato del suelo al descomponerse, disminuyendo el riesgo potencial de lavado.

### 3.2.4. Efecto del tipo de suelo

Las características particulares del suelo pueden influir también en el riesgo de lavado de nitrato. Las características que más pueden influir son la textura, la profundidad y el contenido de materia orgánica.

La textura del suelo, tiene un efecto importante en la capacidad de retención de agua del suelo y por tanto de nitratos. Los suelos de textura gruesa (arenosa) son más permeables y con poca capacidad de retención de agua, mientras que los suelos de textura fina (arcillosos, limosos) son menos permeables y con mayor capacidad de retención de agua y por lo tanto de nitrato.

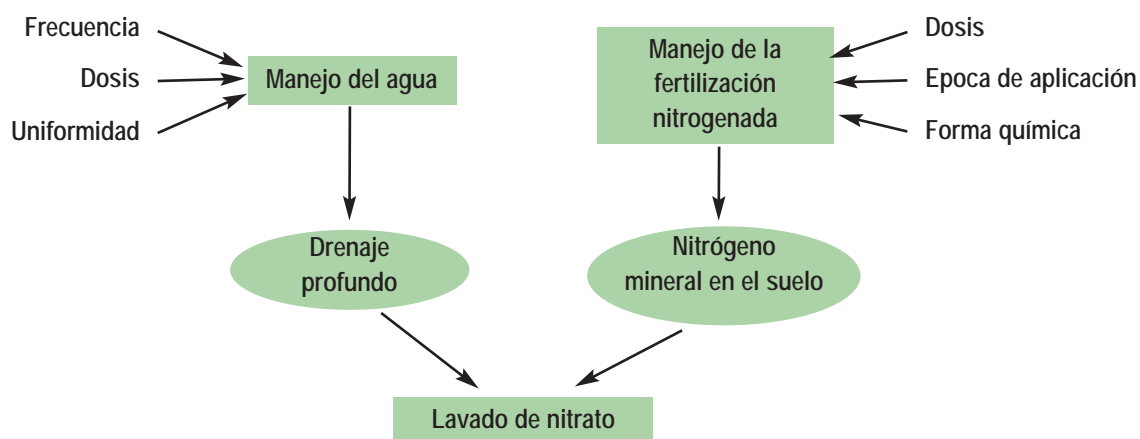
Los suelos poco profundos tienen un mayor riesgo de lavado de nitrato que los suelos profundos, debido a su menor capacidad de retención de agua y a necesitar riegos frecuentes.

Los suelos ricos en materia orgánica, aumentan su capacidad de retención de nitrato y por tanto, presentan un menor riesgo de lavado de nitrato que los suelos pobres en materia orgánica.

## 3.3. Manejo del riego y lavado de nitrato

Tal como ya se ha comentado en apartados anteriores, el manejo del riego y la fertilización nitrogenada son importantes para controlar el lavado de nitrato. La Figura 5, presenta de forma sintética las variables que influyen en dicho proceso. Hay que señalar que estas variables con mayor incidencia sobre el lavado están bajo el control del agricultor, ya que factores como suelo o clima, también influyen pero están fuera del control del agricultor.

Figura 5. Variables relacionadas con el manejo del agua y de la fertilización nitrogenada que influyen en el lavado de nitrato (Lidon, 1994).



Un manejo óptimo del riego implica aplicar la cantidad de agua que el cultivo necesita y cuando el cultivo lo necesita y siempre teniendo en cuenta las características del suelo.

Para el establecimiento del manejo óptimo del riego se hace necesario conocer:

- a) Necesidades de agua del cultivo
- b) Necesidades de lavado
- c) Manejo del riego: eficiencia
- d) Capacidad de retención de agua del suelo
- e) Asesoramiento al regante a tiempo real

#### a) Necesidades de agua del cultivo

Las necesidades de agua de un cultivo se establecen en base a la evapotranspiración ( $ET_c$ ), que es la suma de la transpiración de la planta y la evaporación del suelo.

El proceso para estimar la evapotranspiración de un cultivo es el siguiente:

- 1) Determinación de la evapotranspiración de un cultivo de referencia ( $ET_0$ ). Esta puede obtenerse a partir de datos de un lisímetro de pesada o como es más habitual a partir de datos meteorológicos y mediante fórmulas empíricas. Por definición (FAO, 1976) la  $ET_0$  es "la tasa de evaporación de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y que no escasean de agua". En la actualidad se recomienda el empleo del método Penman-Monteith para el cálculo de la  $ET_0$  (Smith, 1993).
- 2) Determinación de la evapotranspiración de cada especie cultivada ( $ET_c$ ): Esta se determina mediante el empleo de coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) que corresponden a la relación entre la evaporación del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) y "la de una determinada especie cultivada, exenta de enfermedades, que crece en un campo extenso, en condiciones óptimas de suelo, en el que se ha llegado a un potencial de máxima producción" (FAO, 1976).
- 3) Determinación de las necesidades netas de agua de los cultivos en cada caso particular. Los valores de  $ET_c$  pueden variar en función del desarrollo y condiciones del cultivo y, en consecuencia, deben adaptarse a las distintas situaciones que tengan en cuenta la variación de las condiciones climáticas, de suelos, prácticas de cultivo, variedades cultivadas, ciclos de cultivo, métodos de riego y, finalmente, nivel de rendimiento de la cosecha.



Estación agroclimática para medir la evapotranspiración de referencia.

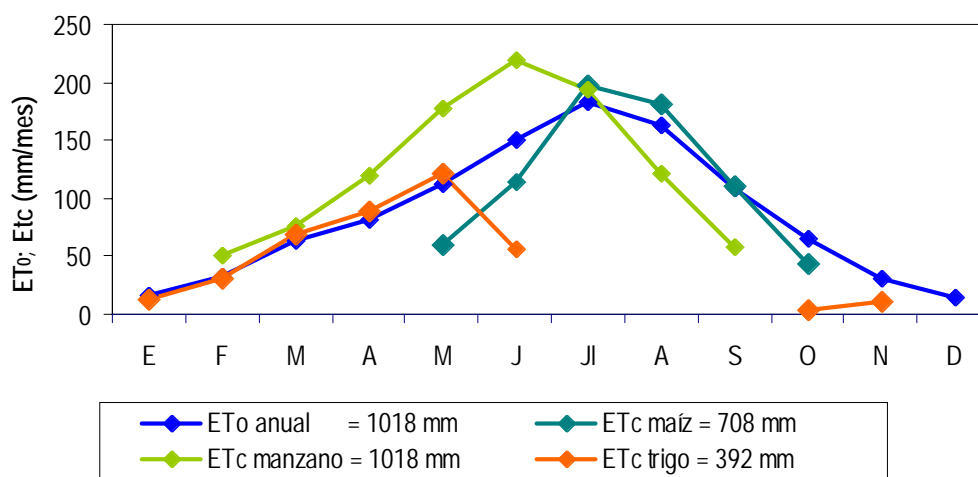
$$ETc = ET_0 * Kc$$

Las necesidades netas en agua para el cultivo, serán las necesidades hídricas netas (NHn), dependen de la precipitación efectiva (Pe).

$$NHn = ETc - Pe$$

Las necesidades hídricas netas del cultivo no solo varían según el tipo del cultivo sino según su etapa de crecimiento, esto es muy importante para establecer las necesidades del cultivo en cada riego a lo largo de la campaña en nuestra zona (Figura 6).

Figura 6. Evapotranspiración potencial ( $ET_0$ ) mensual del año medio y de distintos cultivos ( $ETc$ ) en La Almunia de Doña Godina, Zaragoza (Martínez-Cob et al., 1998).



### b) Necesidades de lavado

El agua de riego lleva sales disueltas que se acumulan en el perfil del suelo. Para eliminarlas es necesario que parte del agua aplicada percole por debajo de la zona de raíces y arrastre parte de las sales. Las necesidades de lavado dependerán de:

- La salinidad del agua de riego.
- La resistencia del cultivo a la salinidad. Cultivos más tolerantes a la salinidad tienen menores necesidades de lavado (NL) que los cultivos sensibles (Tabla 2).
- Frecuencia del riego. En los riegos frecuentes (localizados) las necesidades de lavado son menores.

Tabla 2. Necesidades de lavado (NL) y rendimiento en valor relativo (Rend, %) para los distintos cultivos en función de la salinidad (CE, dS/m) del agua de riego.

Cultivo		Salinidad del agua de riego (CE, dS/m)							
		1,0		1,5		2,0		2,5	
		NL	Rend	NL	Rend	NL	Rend	NL	Rend
Riego convencional	Maíz	0,15		0,25		0,25	> 90%	0,30	90%
	Alfalfa	0,10		0,20		0,30	100%	0,30	> 90%
	Trigo, cebada	< 0,10	100%	< 0,10	100%	< 0,10	100%	< 0,10	100%
	Patata	< 0,10		0,25		0,25	> 90%	0,30	90%
	Olivo	< 0,10		< 0,10		< 0,10	100%	0,15	100%
Riego frecuente	Maíz	0,10		0,15		0,30	100%	0,20	> 90%
	Olivo	0,10	100%	0,10	100%	0,10	100%	0,10	100%
	Viña	0,10		0,20		0,20	100%	0,20	> 90%
	Manzano, peral	0,10		0,15		0,30	> 90%	0,30	> 90%

Fuente: FAO, 1994.

Para un manejo eficiente del riego, como norma la cantidad de agua que percola por debajo de la zona de raíces, no será superior a la necesidad de lavado (NL). El volumen máximo de agua que se aplicará al cultivo se calculará como:

$$\text{Volumen agua} = [\text{NHn} / (1-\text{NL})]$$

Pero este no debe sobrepasar la capacidad de retención de agua disponible del suelo (CRAD) corregida por las necesidades de lavado. La capacidad de los suelos para retener agua se explica más detalladamente en el apartado siguiente.

$$\text{Volumen de agua} = [\text{CRAD} / (1-\text{NL})]$$

Cuando el agua de riego empleada presenta una conductividad eléctrica baja, las necesidades de lavado para evitar la acumulación de sales es pequeña y es suficiente con la percolación profunda que se produce en condiciones normales de riego o eventos de lluvia.

### c) Manejo del riego: eficiencia

Una vez conocido el volumen que debemos aplicar al cultivo (volumen de las necesidades del cultivo más el de lavado), hay que tener en cuenta la eficiencia del sistema de riego. Ningún sistema de riego es eficiente al 100%, todos tienen unas pérdidas inherentes a la propia práctica del riego como son las fugas, evaporación, percolación y escurrimientos. Es por ello por lo que se define la eficiencia del riego (Ea) como la relación entre el volumen total aplicado y el volumen aplicado que queda almacenado en la zona de raíces del cultivo y está relacionado con el sistema de riego (Tabla 3).

Tabla 3. Eficiencia de la aplicación (Ea) según el sistema de riego.

Método de riego	Eficiencia de riego (Ea)
- Riego por superficie	0,50 - 0,70
por surcos	0,60 - 0,80
por inundación	0,65 - 0,85
-Riego por aspersión	0,75 - 0,90
-Riego por goteo	

Fuente: Fuentes-Yagüe, 1998.

Cuanto más eficiente es el sistema de riego menores son las pérdidas de nitrógeno por percolación y por lo tanto menores son las dosis de nitrógeno que hay que aplicar al cultivo para obtener un rendimiento máximo. Así en general, las dosis óptimas de nitrógeno que hay que aplicar a un cultivo son menores en riego por aspersión que en riego por inundación.

En el caso de riego por aspersión el diseño del sistema deberá ser el correcto para obtener elevadas uniformidades de distribución de agua. La pluviometría de los aspersores nunca será superior a la velocidad de infiltración del agua en el suelo para evitar pérdidas por escurrimiento. No se deberá dar riegos fuertes en los días posteriores a la aplicación del fertilizante ya que es cuando se pueden producir las mayores pérdidas. Lo ideal, sería dar un riego ligero para movilizar el fertilizante hacia la zona radicular y evitar pérdidas gaseosas, sin producir percolación (Orús *et al.*, 2000).

En el caso de la fertirrigación (cualquiera que sea el tipo de riego: inundación, aspersión o goteo) el sistema de distribución de agua debe presentar una elevada uniformidad. El fertilizante debe ser puesto en el agua después de haber suministrado el 20-25% del agua y deberá finalizar cuando se haya aplicado entre el 75 y 90% del volumen total de agua de riego. En el caso del fertilizante nitrogenado se aplicará en la entrada de agua en los sistemas de riego por inundación Playán y Faci (1997) recomiendan una aplicación continua a lo largo de todo el riego si se trata de suelos de textura arcillosa con media o baja infiltración y una aplicación más tardía (aproximadamente a mitad del riego) cuando los suelos sean de texturas gruesas con elevada infiltración y baja capacidad de retención de agua (suelos tipo saso).



En los sistemas de riego localizado, se suele producir una alta concentración salina en la superficie del bulbo húmedo si es riego por goteo, o siempre en la envolvente que separa la zona húmeda de la seca. Para corregir esta alta concentración, que afecta a la distribución del nitrógeno en el suelo, es conveniente variar los caudales y tiempos de riego.

Así mismo, para evitar la intrusión de las sales de la periferia en el bulbo húmedo, el riego por goteo debe seguir funcionando en los eventos de lluvia.

#### d) Capacidad de retención de agua del suelo

De las características de los suelos, en el manejo del riego la que más nos interesa conocer es la capacidad de retención de agua disponible (CRAD), es la diferencia entre la capacidad de retención de agua en el suelo o contenido de humedad por encima del cual se produce percolación (CC: capacidad de campo) y el contenido de humedad del suelo por debajo del cual las plantas no pueden extraer más agua (PM: punto de marchitez).

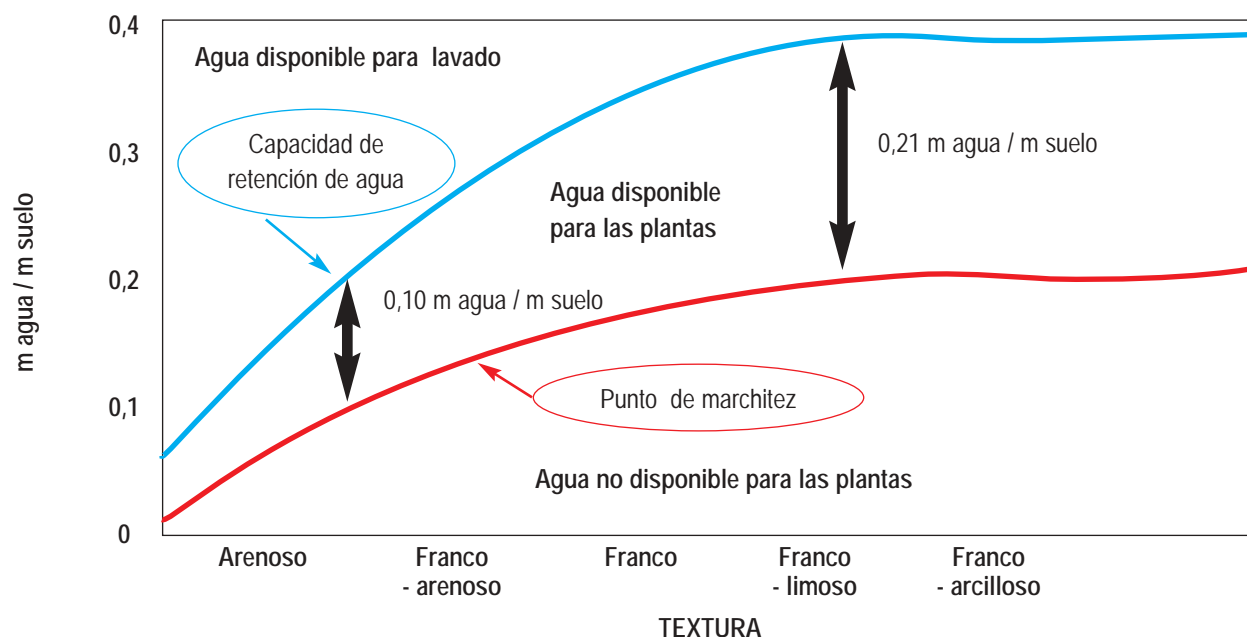
$$\text{CRAD} = (\text{CC} - \text{PM}) * \text{profundidad de suelo}$$

Nunca con un riego se debe sobrepasar la CRAD de un suelo, ya que el exceso de agua percola y aumenta el riesgo de lavado de nitrato.

La CRAD depende de la textura y la profundidad del suelo, a igual profundidad en texturas pesadas el volumen de almacenamiento es mayor que en texturas ligeras. Por ejemplo para un suelo con una profundidad de 0,5 m, el agua útil disponible para la planta es de 50 mm (0,1 m / m de suelo) en el caso de un suelo de textura arenosa, y más del doble 105 mm (0,21 m / m de suelo) para un suelo de textura arcillosa (Figura 7). Por ello en los suelos arenosos, con una capacidad pequeña de almacenamiento de agua, las dosis aplicadas en cada riego deben ser bajas para evitar la percolación, y los riegos frecuentes para evitar que los cultivos sufran estrés hídrico. Mientras que en suelos con texturas más fuertes se pueden aplicar mayores dosis de riego y aumentar los intervalos entre riegos.

En los suelos de textura ligera (arenosos) y poco profundos sobre material permeable (sasos) que tienen una CRAD limitada, sería recomendable no regar por inundación ya que es necesario aplicar dosis muy bajas de agua en cada riego. En caso de no existir otras alternativas al riego por inundación se deberán aplicar riegos frecuentes con dosis bajas, en este caso es la CRAD la que condiciona las dosis y frecuencia de riego. Dado el mayor riesgo de pérdidas de nitrógeno en estos suelos, se recomienda fraccionar la dosis total en varias aplicaciones (Orús *et al.*, 2000).

Figura 7. Contenido de agua en el suelo a capacidad de campo y punto de marchitez y agua disponible para las plantas, para suelos de distintas texturas.



#### e) Asesoramiento al regante a tiempo real

El Gobierno de Aragón, a través de la Oficina del Regante (SIRASA) publica las necesidades de riego semanales de los cultivos más frecuentes en las distintas zonas de regadío de Aragón en la página web "<http://oficinaregante.aragon.es>".

### 3.4. Prácticas que reducen el lavado de nitrato

#### En relación al abonado nitrogenado

- 1) Aplicar el abonado en los momentos que el cultivo lo necesita, teniendo en cuenta que la forma nítrica es la más disponible para la planta y lavado de nitrato, seguida de la forma amónica, ureíca y formas orgánicas (fraccionamiento).
- 2) Aplicar el abono lo más uniforme posible en la parcela.
- 3) Al estimar la dosis de abonado tener en cuenta, además de la producción esperada, el aporte de nitrógeno por la mineralización de los residuos del cultivo anterior, la materia orgánica, el nitrógeno mineral en el suelo y en el agua de riego cuando procede de retornos de riego.

#### En relación al riego

- 4) Conseguir una elevada eficiencia en el riego, evitando percolaciones innecesarias, pero teniendo en cuenta las necesidades de lavado.
- 5) En suelos con baja capacidad de retención de agua (arenosos), se deben dar riegos frecuentes y dosis menores que en suelos con capacidad de retención de agua alta (arcillosos).
- 6) En riegos por aspersión el diseño deberá ser adecuado para obtener elevadas uniformidades de aplicación. La pluviometría de los aspersores nunca debe ser superior a la velocidad de infiltración del agua en el suelo para evitar escorrentía y erosión.
- 7) No aplicar dosis de riego altas en los días posteriores a la aplicación del abonado nitrogenado, es aconsejable que estos días el riego sea ligero para movilizar el nitrato pero evitar pérdidas de lavado y gaseosas del nitrógeno.
- 8) Es importante ajustar el intervalo de riego a la demanda hídrica del cultivo, teniendo en cuenta la necesidad de lavado que depende de la concentración salina del agua de riego, la tolerancia de cada cultivo a la salinidad y de la frecuencia del riego.



*Instalación de lisímetros de drenaje.*

## Referencias bibliográficas

- FAO. 1976. Agro-meteorological field stations. Doorenbos, J. FAO irrigation and drainage paper. Rome. Nº 27.
- FAO. 1994. Water quality for agriculture. Ayers R.S and Westcot D.W. FAO irrigation and drainage paper. Rome. Nº 29.
- FUENTES-YAGÜE J.L., 1998. Técnicas de riego. 3ª Edición. Mundiprensa, 471pág.
- COMLY H.H., 1945. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. J. Am. Med. Assoc. 129, 112-116.
- ISIDORO D., 1999. Impacto de regadío sobre la calidad de las aguas del barranco de La Violada (Huesca): salinidad y nitratos. Tesis Doctoral. Universidad de Lérida.
- JUERGENS-GSCHWIND S., 1989. Ground water nitrate in other development countries (Europe). Relations to land use patterns. En: Nitrogen management and ground water protection. Follert R.F (Ed). Elsevier Science. London, 75-189.
- LEGG J.O., MEISINGER J.J., 1982. En: Nitrogen in Agricultural soils. Agronomy Monograph, Dinaeur R.C (Eds). nº 22 Cap 16. ASSA CSSA Y SSA. Madison.
- LIDON A.L., 1994. Lixiviación de nitrato en huertos de cítricos bajo diferentes tratamientos de abonado nitrogenado. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- MARTINEZ-COB A., FACI J., BERCERO A., 1998. Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Institución Fernando el Católico-CSI (Ed)-Zaragoza, 224 pág.
- ORÚS F., QUÍLEZ D., BETRÁN J., 2000. Código de buenas prácticas agrarias (I). Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos. Informaciones Técnicas. Gobierno de Aragón. Nº 93.
- PÉREZ BERGES M., 2004. Abonos estabilizados. Avance de resultados de ensayos en cultivo de maíz. Informaciones Técnicas. Gobierno de Aragón. Nº 137.
- PLAYÁN E., FACI J.M., 1997. Border fertirrigation: field experiments and a simple model. Irrig. Sci. 17, 163-171.
- PRATT P.F., 1984. Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated fields. En: Nitrogen in the environmental. Nielsen D.R y MacDonald J.G (Eds). Academic Press. New York, 233-256.
- SMITH M., 1993. CROPWAT. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Estudio FAO Riego y drenaje. Nº 46, 132 pág.
- WHITE R.E., 1988. Leaching. En: Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems. Wilson J.R (Ed). Wallingford. C.A.B. International, 193-211.



# Estiércoles y fertilización nitrogenada

## Capítulo 4

*Autor:*

*Francisco Iguacel Soteras*

Unidad de Ganadería Monogástricos  
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



*Difícil equilibrio: Agrícola, ganadero y ambiental...*

## Estiércoles y fertilización nitrogenada

### 4.1. Introducción

Las especies animales que han sido domesticadas por el hombre para que le aporten alimentos, (carne, leche, huevos) y otros, son las especies ganaderas, con cuyas producciones, el hombre satisface una gran parte de sus necesidades alimenticias en proteínas.

La eficiencia de las especies ganaderas en la transformación de sus alimentos en producciones, refiriéndonos a su producción de proteínas, está en torno al 30 %. De modo que del total de nitrógeno ingerido, presente en los aminoácidos de las proteínas de la alimentación animal, solo un tercio pasa a formar parte de las producciones animales, los dos tercios restantes son eliminados a través de sus excretas.

Tanto las especies silvestres, en su medio natural, como las ganaderas extensivas en su fase de pastoreo, el nitrógeno excretado pasa directamente al suelo, sea éste cultivado o no, siendo posteriormente absorbido por la cubierta vegetal e incorporado a su ciclo natural.

#### 4.1.1. La intensificación

La demanda de proteínas de las producciones animales para la alimentación humana, ha sufrido un gran incremento, después de la segunda guerra mundial en Europa y a partir de los años 60-70 del siglo pasado en España, demanda que continúa en la actualidad.

Para cubrir esta demanda, se ha producido una intensificación en los métodos productivos, en detrimento de los extensivos. Esta intensificación conlleva entre otros aspectos, concentraciones de animales, de rápido crecimiento o altas producciones, concentración en espacios reducidos, aporte de piensos compuestos concentrados ricos en proteínas, incremento del tamaño de las explotaciones por razones de manejo y de mercado entre otras.

Este tipo de explotaciones ganaderas también genera inevitablemente, con las excretas de los animales productivos, diversos tipos de estiércol, con distintas características como más adelante veremos. Pasando a convertirse actualmente casi más en un residuo, que en el subproducto que anteriormente se reciclaba en los cultivos de la propia explotación.

#### 4.1.2. La separación tierra-ganado

La producción ganadera, hasta que ocurrieron los cambios referidos en el apartado anterior, obtenía los recursos para su alimentación de la propia explotación agrícola y en cuyos cultivos se reciclaban los estiércoles de la ganadería que sustentaba. Así quedaban reciclados los estiércoles, imitando al proceso natural.

Hoy la situación es totalmente distinta: los aportes de los piensos concentrados de la nueva ganadería son entradas exteriores a la actividad agrícola de la explotación, aun en los casos en los que coexisten ambas actividades, hecho cada vez más infrecuente; incrementándose la relación divergente entre producción ganadera y agrícola.

Aquella tierra ligada a la ganadería que condicionaba el tamaño de esta, no solo servía para aprovisionar el ganado, sino también para el aprovechamiento de los estiércoles. Reciclando el nitrógeno contenido en aquellos.

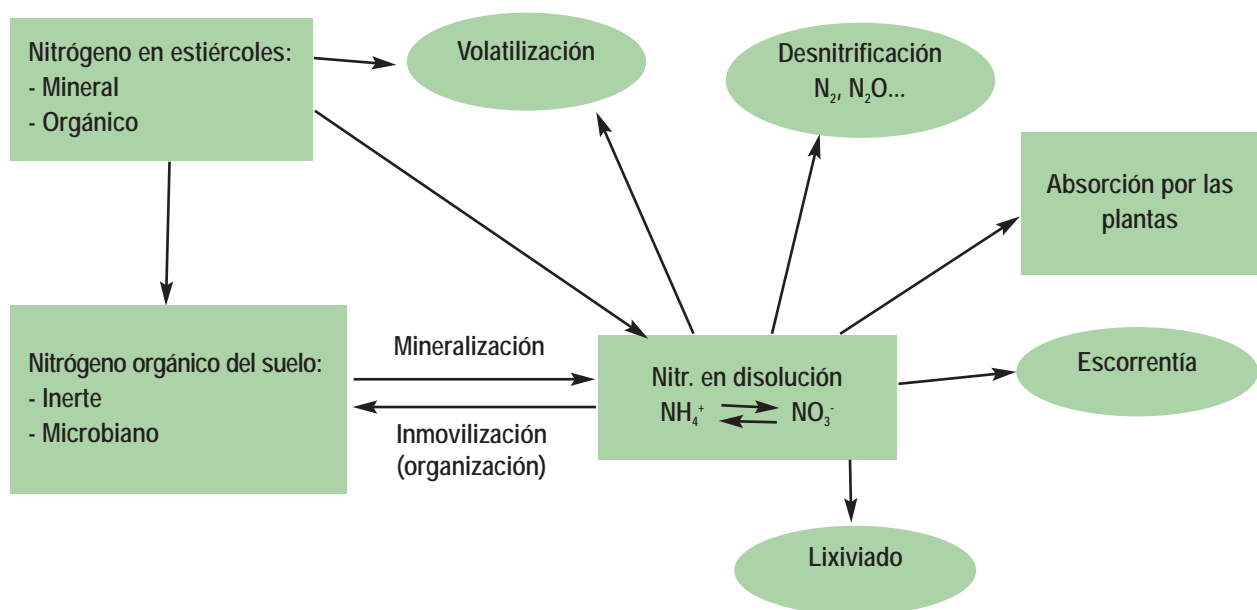
Con la intensificación en los métodos productivos ganaderos, la divergencia de la producción ganadera con la agrícola y la aplicación a los cultivos de fertilizantes minerales, ha quedado la producción agrícola, en muchas situaciones, desligada de la fertilización orgánica con estiércoles.

## 4.2. Estiércoles y disponibilidad del Nitrógeno

Los cambios en los métodos de producción ganadera han conllevado también modificaciones en los sistemas de recogida de deyecciones y formación de estiércoles. De la situación anterior en la que los animales se hallaban alojados habitualmente sobre una cama, generalmente de paja de cereales, comportando un proceso de estabilización de las formas nitrogenadas, hemos pasado, en el caso de las especies más industrializadas, como en las aves de puesta o en porcino, a la recogida de estiércol formado por sus excretas sin ningún sustrato carbonado que equilibre y estabilice el estiércol, produciéndose además en su interior fermentaciones anaerobias.

Así, los llamados purines, (contenido en materia seca inferior al 15 %) denominación con la que conocemos al estiércol líquido porcino, cuyas características veremos más adelante, y la gallinaza de las aves de producción de huevos, serán los que contengan la parte más importante de su nitrógeno en forma mineral. Mientras que en los estiércoles (contenido en materia seca superior al 15 %) tradicionalmente conocidos como fijos, la parte más importante estará en forma de nitrógeno orgánico.

Dentro del ciclo general del nitrógeno, ya comentado en el capítulo segundo, destacamos en el esquema siguiente, modificado de BODET J.M. <sup>(1)</sup>, la evolución y posibles salidas del nitrógeno en el suelo y los estiércoles.



A diferencia de la forma orgánica más estable, la mineral es en forma amoniacal que es soluble y volátil y evoluciona a forma nítrica también soluble.

La absorción del nitrógeno por las plantas, se realiza preferentemente en la forma nítrica, aunque también puede realizarse en la forma de amonio. El complejo de cambio del suelo retiene temporalmente el amonio, pero cuando éste evoluciona a forma nítrica queda, como en los fertilizantes de síntesis, a disposición de ser absorbido. Pudiendo producirse pérdidas como en aquellos por escorrentía superficial o lavado hacia horizontes del suelo más profundos, donde ya no pueden ser absorbidas por las raíces de la cubierta vegetal, pudiendo contribuir a la contaminación difusa de las aguas por nitratos. También habrá volatilización y pérdidas en forma de emisiones de amoníaco a la atmósfera; desde la propia granja o desde las fosas y estercoleros exteriores, así como en el momento de la aplicación al suelo como fertilizante.

Pérdidas, lixiviado y emisiones, que deberemos minimizar tanto por la disminución fertilizante que comporta la pérdida, como también por el riesgo medioambiental que conllevan.

Los estiércoles ricos en nitrógeno en forma mineral, aportados como fertilizante para los cultivos lo dejarán en disposición de ser absorbido en breve tras la aplicación, siendo mínimo su efecto residual para años posteriores.

La variabilidad en la composición y eficiencia de los estiércoles, refiriéndonos a su riqueza en nitrógeno como factor importante desde el punto de vista productivo, hace más complicada su dosificación como fertilizantes, comparados con los minerales. Compensan esta dificultad el aporte de elementos secundarios y microelementos, y la mejora como enmienda del suelo, de los más ricos en nitrógeno en forma orgánica, como veremos al hablar de la materia orgánica. Con todo, cuando la demanda de los cultivos no esté cubierta, habrá que equilibrar el aporte de estiércoles con fertilizantes minerales, sin exceder la previsión en nitrógeno, de la extracción vegetal.

Al incorporarlos al suelo, los estiércoles tipo fiemos con sustrato carbonado, dependiendo del estado de maduración (proceso de crecimiento bacteriano en la formación de humus) y de la proporción de carbono en relación a la riqueza nitrogenada, podrán incluso bloquear temporalmente (inmovilización) el propio nitrógeno del suelo, utilizándolo en la formación bacteriana de la materia orgánica. Los menos evolucionados podrán comportarse como los residuos ligno-celulósicos de los residuos de cosecha, cuando se incorporan al suelo. Los más evolucionados, “maduros”, pueden dejar disponible entre el 20 y 40 % de su riqueza nitrogenada en el año de aplicación para ser utilizado por las plantas de los cultivos.

La relación carbono-nitrógeno, nos aporta información de la cantidad de carbono aportado por las deyecciones y el sustrato carbonado (cuando éste está presente), y la cantidad de nitrógeno existente. Esta relación nos informa de la estabilidad de las formas nitrogenadas: valores entre 15 y 30 favorecerán el crecimiento bacteriano y la estabilidad, valores inferiores denotarán inestabilidad del nitrógeno y valores superiores lentitud en la incorporación del sustrato e inmovilización del nitrógeno.

Los factores de variabilidad en la composición fertilizante que hay que tener en cuenta se refieren, sobre todo, a la materia seca y a las posibles pérdidas.

La tabla nº 1 refleja la composición de estiércoles y purines de ZIEGLER D., HEDUIT M. <sup>(2)</sup>.

En las Zonas Vulnerables, tal como se definirán en capítulos siguientes, la limitación para la fertilización nitrogenada de origen orgánico es de 170 kg de nitrógeno por hectárea. Recalcando que cuando la demanda nitrogenada prevista del cultivo que pretendemos fertilizar, supere ese límite, se completará con fertilizantes minerales.

En la tabla nº 2 resumimos de ORÚS F., QUÍLEZ D., BETRÁN J. <sup>(3)</sup>, para los estiércoles más frecuentes, la composición y las cantidades aproximadas de cada estiércol que nos aportan dicha cantidad límite. En la última columna se detalla el porcentaje de mineralización del nitrógeno en el primer año de aplicación al suelo.



*Aplicación de purín sobre mulching de paja, equipado de tubos colgantes (Foto: F. Iguacel)*



Tabla n° 1. Composición de los estiércoles y purines.

ESTIERCOLES SOLIDOS ("FIEMOS")																
Especie / tipo animal	Tipo edific.	MS %	MO %	Rel. C/N	Elementos principales (kg/t)								Oligoelementos (g/t)			
					pH	Ntot.	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Cu	Mn	Zn	Fe
Bovinos. Vacas	Estab. libre	25	18	14,0	7,8	5,5	0,5	3,5	8,0	5,0	1,9	0,5	8	150	-	-
	Estab. fija	21	-	-	-	4,7	-	3,1	4,4	-	-	-	-	-	-	-
Vacuno carne		24	15	-	7,3	3,9	-	3,7	4,0	2,5	1,5	0,7	-	-	16	2074
Terneros		19	13	-	7,8	2,4	-	1,0	2,7	1,8	0,5	0,7	-	-	-	-
Ovinos		30	23	23,0	8,1	6,7	-	4,2	11,2	11,2	1,4	1,8	-	-	-	-
Cerdos		21	16	-	-	6,0	-	6,0	4,0	6,0	2,5	1,0	-	-	-	-
Caprinos		48	-	-	-	6,1	-	5,2	5,7	-	-	-	-	-	-	-
Caballos		54	41	-	-	8,2	2,1	3,2	9,0	-	2,0	-	-	-	-	-
Aves	Pollos	58	48	11,0	6,8	25,5	-	21,5	21,0	14,5	3,7	-	81	-	147	-
	Pavos	54	43	10,5	6,9	24,0	-	25,0	20,5	21,5	4,2	-	78	-	166	-
ESTIERCOLES FLUIDOS O LÍQUIDOS																
Especie / tipo animal	Tipo edific.	MS %	MO %	Rel. C/N	Elementos principales (kg/t)								Oligoelementos (g/t)			
					pH	Ntot.	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Cu	Mn	Zn	Fe
Bovinos Vacas	Todo est. fluido	12,0	5,5	8,0	7,1	5,0	2,5	2,5	6,0	2,4	0,7	1,1	2	16	11	68
	Area escurr.	18,5	12,8	-	6,8	6,0	1,5	2,8	4,2	2,4	1,0	0,9	3	28	13	788
Vacuno carne		15,0	10,7	-	7,2	5,2	3,1	3,1	5,0	4,5	1,5	1,6	12	38	56	309
Terneros		1,9	1,0	-	7,4	2,7	2,1	2,1	3,8	0,3	0,3	1,5	1	8	14	19
Cerdos Cebo	Alim. harina	8,0	7,0	8,0	7,6	5,5	3,5	6,0	3,0	3,5	0,8	1,5	25	58	60	262
	Alim. suero	6,0	4,0	-	6,8	4,5	2,6	4,0	2,3	5,9	2,8	0,5	6	27	64	78
Cerdas Gest.		10,0	6,9	-	7,4	5,5	3,6	6,5	2,4	6,7	1,5	3,5	18	45	92	228
Lechones		8,8	6,6	-	7,2	6,3	3,5	5,6	2,0	4,8	1,8	0,5	65	58	144	276
Aves	Gall. poned.	25,8	18,2	-	7,1	10,5	7,4	10,4	7,2	40,5	3,0	1,4	26	119	94	400
	Pollos carne	33,0	23,9	-	-	16,0	-	12,0	8,7	8,8	1,2	2,0	22	-	107	69
	Pavas	44,0	36,2	-	-	32,6	7,0	21,2	7,7	23,5	3,7	2,7	35	-	227	522
	Patos	39,0	-	-	-	11,0	-	14,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Conejos		26,0	18,2	-	8,5	8,5	1,9	13,5	7,5	13,9	3,5	2,2	17	84	123	520

\* La composición nitrogenada del purín porcino se detallará más adelante.

Tabla n° 2. Resumen de la composición y cantidades aproximadas de cada estiércol para aportar 170 kg de N.

Tipo estiércol	Materia seca (%)	N Total	Aportan 170 kg de N	Mineralizan 1º Año (%)
Gallina Puesta	34	15 kg/t	11,3 t	70-90
Pollo de Carne	68	17 kg/t	10 t	
Conejo	28-50	15-30 kg/t	5,5-11,3 t	
Ovino	25-55	14-26 kg/t	5,3-10,8 t	30-50
Vacuno	20	4,5-6,5 kg/t	26-37 t	20-30
Porcino Producción (Purín)	3,2	3,4 kg/m <sup>3</sup>	50 m <sup>3</sup>	70
Porcino Cebo (Purín)	8,4	5,9 kg/m <sup>3</sup>	29 m <sup>3</sup>	70

Las distintas formas en las que se encuentra el nitrógeno en los estiércoles, tienen relación con la fracción disponible para ser absorbido por la cubierta vegetal, como se cita anteriormente. Las formas minerales dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura quedan disponibles con rapidez. El nitrógeno en forma orgánica de los estiércoles evolucionará, hasta mineralizarse, más lentamente. La disponibilidad será incluso durante años, pero teniendo otros efectos beneficiosos como veremos en el apartado sobre la materia orgánica.

Para una mejor comprensión, reproducimos la definiciones de formas de nitrógeno en los estiércoles de HACALA S., BODET J M, AUBERT C, TEXIER C, <sup>(4)</sup>:

- N mineral: es el nitrógeno que se encuentra en la forma química nítrica o amoniacal, ésta pasa rápido a la forma nítrica, que ya es absorbible por la cubierta vegetal.
- N orgánico-mineral: se encuentra en forma orgánica pero poco estructurada y pasa fácilmente a la forma mineral en el año de la aplicación.
- N orgánico: se encuentra en la materia orgánica estructurada. En el suelo se mineraliza lentamente, teniendo un efecto residual sobre los cultivos siguientes.

En la tabla nº 3 se indican las cuantías de las distintas formas de nitrógeno para cada tipo de estiércol.

*Tabla nº 3. Porcentaje de las formas nitrogenadas en los estiércoles <sup>(4)</sup>*

Tipo de estiércol	Forma Nitrogenada		
	Nitrógeno orgánico (%)	Nitrógeno orgánico-mineral (%)	Nitrógeno mineral (%)
Estiércol Aves	10	20	70
Purín Porcino	20	20	60
Purín Vacuno	30	30	40
Estiércol Vacuno	60	30	10

La disponibilidad del nitrógeno en estiércol de ganado ovino tendrá lugar en los tres años siguientes a su aplicación. En el primer año se mineralizará aproximadamente entre el 40 y 50% del nitrógeno, el 35 % en el segundo y entre el 25 y 15% en el tercero. Los porcentajes pueden ser menores en el primer año, dependiendo del estado de maduración del sustrato carbonado.



*Apero para aplicación localizada de purín con reja e inyector. (Foto: F. Iguacel)*

### 4.3. La materia orgánica

En los estiércoles, la materia orgánica está compuesta principalmente por el residuo de los alimentos no absorbidos en el proceso digestivo de los animales, por las bacterias y otros organismos desarrollados tanto en el proceso de la digestión como en el tiempo de almacenamiento (cuando existe adecuada relación entre carbono y nitrógeno). La materia orgánica está integrada por las moléculas orgánicas de los seres vivos, en las que se encuentra el nitrógeno orgánico, presente en los estiércoles en distintas proporciones como hemos visto. La fracción carbonada de la materia orgánica se degrada por fermentación aerobia, cuando hay presencia de oxígeno, o anaerobia como sucede en los purines.

En el proceso de aplicación de los estiércoles a los suelos cultivados, método habitual de reciclado de aquellos, la materia orgánica incorporada se mineralizará, (como ya se ha citado en capítulos anteriores) dependiendo de factores como temperatura, humedad y oxígeno, pasando definitivamente a formas nitrogenadas minerales asimilables por las plantas.

La materia orgánica, además del aporte nitrogenado residual, mejora como enmienda las propiedades del suelo, favoreciendo la actividad biológica, la estructura, la capacidad de retención de agua y nutrientes, activando la capacidad de intercambio catiónico con la formación del complejo arcillo-húmico.

Como se cita anteriormente, son las especies productoras de estiércoles con menor riqueza de nitrógeno en forma orgánica, las que están teniendo un mayor desarrollo. El nitrógeno presente en los estiércoles de aves y purín de porcino, supone entre el 50 y el 60 % del nitrógeno de todos los estiércoles en Aragón. ORÚS F., QUÍLEZ D., BETRÁN J. <sup>(3)</sup> y actualizado en el primer capítulo.

La materia orgánica nos ayuda a mantener la actividad biológica del suelo, a fin de favorecer una agricultura de conservación, protección y recuperación del suelo agrícola.

## 4.4. Purín porcino

Centraremos el tema sobre el estiércol de porcino, conocido como purín, dada la gran importancia que tiene esta especie en Aragón y el fuerte incremento de la cabaña que se está produciendo en el momento actual. En esta Comunidad la producción porcina supone aproximadamente el 54 % de la Producción Ganadera y el 28 % de la Producción Final Agraria. (SIERRA I.)<sup>(5)</sup>.

La producción porcina tiende hacia explotaciones industrializadas de gran tamaño, generalmente concentradas en el territorio y especializadas por tipo de producción.

Para el año 2003 el censo porcino fue:

- 412.626 Cerdas Reproductoras.
- 3.468.841 Plazas de Cebo.

Las nuevas explotaciones o las ampliaciones que están obligadas a solicitar Autorización Ambiental Integrada, porque sus proyectos superan las 750 reproductoras o 2000 plazas de cebo, que han obtenido autorización, publicadas en el Boletín Oficial de Aragón, han supuesto los siguientes incrementos de censo, que se contabilizan (aproximadamente) en la tabla nº 4.

*Tabla nº 4. Explotaciones que han obtenido autorización ambiental integrada en Aragón (2003-2004)*

AÑO	Incremento plazas cebo	Incremento plazas reproductoras
2003	83.800	33.500
2004	110.500	21.500

Vemos en la tabla nº 4 el incremento producido, solo en este segmento (explotaciones de mayor tamaño) de la producción porcina.

A pesar de los esfuerzos que se realizan en la producción porcina, por mejorar la eficiencia productiva, las proteínas que se necesitan en la alimentación para producir un cerdo de 110 kg de peso vivo, contabilizando todas las fases productivas, contienen 9 kg de nitrógeno de los cuales solo 3 kg son absorbidos e incorporados al animal, el resto 6 kg son desechados. TEXIER C., LAVASSEUR P.,<sup>(6)</sup>. Además de las pérdidas que se producen en la granja, el nitrógeno total contabilizado en los purines (de todo Aragón) a salida de granja, asciende aproximadamente entre 37000 y 40.000 t. De las cuales, en torno a un 20-25 % procede de explotaciones de reproductoras y un 75-80 % de las de cebo. Como se cita en el capítulo 1º, el nitrógeno procedente de los purines de porcino supone el 44 % del total de todos los estiércoles y el equivalente aproximado al 50 % de las necesidades nitrogenadas teóricas de los cultivos, excluidas las leguminosas, en Aragón. ORÚS F., QUÍLEZ D., BETRÁN J.<sup>(3)</sup>.

El aprovechamiento de los purines como fertilizante con extracción hidráulica de las fosas y esparcido sobre los suelos cultivados, como método más natural de reciclado, continúa siendo el método habitual utilizado. Otros métodos de tratamiento o no han dado los resultados esperados, generalmente por problemas de emisiones, o sus costes no pueden ser asumidos por los productores.

La Corte Europea de Justicia no considera a los purines como desechos o residuos si son utilizados como fertilizantes. El reciclado agrícola con sus inconvenientes y riesgos ambientales, que deberemos minimizar, es la alternativa más adecuada.

### 4.4.1. Características y composición

El nitrógeno lo encontramos en el purín como forma orgánica en un 25-30 % y en forma mineral amoniacal en un 70-75 %; ésta última quedará a disposición del cultivo en el primer año de aplicación.

En la fracción amoniacal, la más importante, están en equilibrio el amonio y el amoniaco, pero en ambiente alcalino como sucede en el purín, el amonio pasa a amoniaco soluble y volátil, característica ésta que nos va a condicionar las propiedades fertilizantes del purín.

La relación carbono-nitrógeno está siempre por debajo de ocho, análisis recientes dan valores incluso por debajo de 5, lo que nos indica gran inestabilidad de las formas nitrogenadas.

## Composición fertilizante nitrogenada

Para un mejor uso como fertilizante nitrogenado debemos conocer la riqueza en sus diversas formas; la composición del purín es variable según la fase productiva y tipo de explotación, como veremos más adelante, pero bastante constante en una misma explotación. En ausencia de análisis completos, esta cantidad de nitrógeno la podemos conocer con aparatos de medición rápida. En ausencia de datos concretos de la explotación, se pueden tomar como referencia los indicados en las tablas nº 5 FERRER M., ORÚS F., MONGE E. <sup>(7)</sup> y nº 6 Daudén A., Iguácel F. (resultados no publicados).

Tabla nº 5. Concentración de N (kg/m<sup>3</sup>) del purín por tipo de explotación. Valores medios

FASE PRODUCTIVA	N total	N orgánico	N amoniacal	Núm. muestras
CEBO	5,16	1,57	3,59	76
GESTACIÓN	3,29	0,83	2,46	32
MATERNIDAD	3,23	0,94	2,29	32

Tabla nº 6. Concentración del purín (kg/m<sup>3</sup>) por tipo de explotación. Valores medios.

FASE PRODUCTIVA	N total	N orgánico	N amoniacal	Materia seca	Materia orgánica	Relación C/N	Nº de muestras
CEBO	6,60	1,82	4,79	63	43	3,1	19
GESTACIÓN	3,18	0,56	2,62	22	15	2,8	6
MATERNIDAD	2,96	0,51	2,45	19	11	1,7	6

Los datos expuestos son orientativos. La variabilidad es alta, la mayor se produce en los cebaderos y depende de las pérdidas de agua de los distintos tipos de bebedero, más diluido en verano; como la transformación del pienso en carne decrece con la edad, el purín tendrá más nitrógeno al final de la fase de cebo. La variabilidad es menor en las de producción de lechones dependiendo del manejo de la reposición y la transición. También en la fosa, al sedimentarse el purín, el nitrógeno orgánico se deposita en la costra y más en el fondo, y la fracción amoniacal soluble está distribuida uniformemente. Para evitar esta variación, se homogeneizará en lo posible, antes de la carga para su aplicación, o antes de la toma de muestras para su análisis.

### 4.4.2. El purín como fertilizante de los cultivos

La inestabilidad de la forma amoniacal favorecerá pérdidas en el momento de la aplicación, que pueden ser altas si lo distribuimos con los métodos habituales de aspersión, que se incrementarán en condiciones de viento fuerte, temperaturas altas, suelos poco permeables o desnudos de mantillo.

Perdidas que podremos disminuir, evitando las condiciones anteriormente citadas, y enterrando el purín en el suelo en las primeras horas tras la aplicación, cuando la situación agrícola lo permita, o mejor con métodos de incorporación directa al suelo cultivado. Cuando ésta no sea posible, como en situaciones de mínimo laboreo, la aplicación en superficie con los restos de cosecha, cuando los haya, favorecerá la incorporación de estos e inmovilizará el nitrógeno del purín. La alternativa más adecuada para la aplicación en superficie será el método de "rampa" de tubos colgantes (ver foto pag. 56).

Para un uso adecuado a las necesidades de los cultivos deberemos conocer la eficiencia fertilizante del nitrógeno del purín con relación al de los fertilizantes minerales de síntesis. En el Código de Buenas Prácticas Agrarias (BOA 11/6/1997) ya se citaba la existencia de dos teorías: la de Pratt o americana que habla de una eficiencia del 75 % independientemente del momento de aplicación y que además proporcionaría un aporte residual en años sucesivos; y la holandesa, que estima un aprovechamiento próximo al 30 % si se aporta en otoño, y del 60 % si se aplica en primavera, con muy escasos aportes residuales en años sucesivos.

En los resultados provisionales elaborados por el ITG de Navarra IRANETA I., SANTOS A., ABAIGAR A. <sup>(8)</sup>, se cita una eficacia del nitrógeno del purín respecto al del abonado mineral del 40-60 % en cereal de invierno aplicado en fondo y de un 60-65 % aplicado en cobertera y un 55-60 % en maíz con riego por inundación aplicado en presiembra y un mínimo o nulo efecto residual al segundo año.

Las referencias de la bibliografía <sup>(1)</sup> y <sup>(2)</sup>, publicadas en Francia, citados en el apartado de disponibilidad del Nitrógeno; hacen referencia al valor fertilizante de los estiércoles, determinando en el purín un coeficiente de equivalencia de abono mineral:

20 % en cereal de invierno aplicado en fondo

40 % aplicado en cobertera

60 % para el maíz aplicado en presiembra,

Los autores calculan un efecto residual añadido, para años sucesivos, del 13 % en cereal de invierno y del 20 % en maíz.

El Centro de Técnicas Agrarias ha realizado diversos ensayos (Serra A., Lobo J., Orús F., Betrán J. <sup>(9)</sup>, Serra A., Orús F., Betrán J. <sup>(10)</sup>) en condiciones de secano árido y semiárido. De los resultados de los análisis del suelo y de las producciones, se deduce una eficiencia de 55-60 % en las aplicaciones de otoño, sobre cereal de invierno (datos no publicados).

Tanto las diferencias entre las dos teorías expuestas, como entre los datos publicados, nos indican una variabilidad en las aplicaciones de otoño que suponemos relacionada con la variabilidad en la pluviometría de otoño-invierno y una uniformidad y mayor eficiencia en las aplicaciones de primavera, existiendo correlación entre la proximidad de la aplicación con la mayor demanda de la cubierta vegetal.



*Suelo fertilizado con purín en surcos. (Foto: F. Iguacel)*

En los próximos años se espera obtener mayor información de la eficiencia y del efecto residual del purín como fertilizante, mediante los actuales ensayos en fase de desarrollo: aplicación de purín en fondo sobre cereal de invierno en secano, en presiembra sobre maíz en regadío en Zona Vulnerable y en cobertera sobre cereal de secano.

#### 4.4.3. Inconvenientes

La concentración de materia seca en el purín es escasa, entorno al 93-97 % es agua, y su manejo se hace dificultoso tanto por el volumen de líquido para almacenarlo como por su peso para transportarlo como fertilizante.

Su almacenamiento en las fosas de las explotaciones con unas determinadas características de construcción, que la normativa exige, mientras que los cultivos no lo demandan, supone un coste elevado.

Para estimar económicamente el valor fertilizante del purín tenemos que considerar la eficiencia de los elementos minerales principales: la del nitrógeno que está en torno al 50% y las del fósforo y potasio valoradas según el aprovechamiento de los cultivos frecuentes, generalmente cereales en secano o regadío.

Una vez establecidos estos valores se determina la distancia umbral límite entre la explotación y el lugar del aprovechamiento. Esta distancia será la que haga equivalente el coste del transporte disponible y el valor fertilizante.

El manejo del purín también se ve condicionado por los olores desagradables, molestos tanto para los que lo manipulan como para terceros. Estos olores son consecuencia de la fermentación anaerobia, en la que además se producen gases como el ácido sulfídrico que es muy tóxico y metano gas inflamable en espacios cerrados y de efectos no deseados si se emite a la atmósfera.

Otros inconvenientes en el uso como fertilizante del purín son los sanitarios que conllevarán restricciones en su aplicación en la proximidad a elementos relevantes, limitaciones en aplicación en suelos inclinados por los riesgos de escorrentía. En aplicaciones repetidas sobre las mismas parcelas puede producir acumulación de fósforo, por desequilibrio entre aporte y demanda del cultivo que consideraremos en los siguientes abonados. Los altos niveles en microminerales cobre y zinc que actualmente contiene, están en fase de reducción por restricción en la normativa aplicable a los correctores del pienso.

## 4.5. Conclusiones

Para un adecuado reciclado agrícola de estiércoles y purines debemos conocer su composición fertilizante en nitrógeno y la evolución en el suelo de éste.

La valorización agrícola de estos residuos ganaderos es su aprovechamiento lógico y natural teniendo en cuenta el coste de transporte y aplicación.

Para optimizar su efecto fertilizante, su aplicación estará acorde con la extracción de las producciones y con el momento adecuado de su absorción por los cultivos.

Los estiércoles cuyo nitrógeno es más inestable, los procedentes de las especies con mayor desarrollo (porcino y aves), son los que más fácilmente pueden perder el nitrógeno fertilizante por lixiviación, arrastre y emisión.

Los métodos de aplicación que eviten pérdidas nitrogenadas, incorporando al suelo en el menor tiempo posible estiércoles y purines, serán los más adecuados.

El manejo o uso inapropiado e incluso la aplicación excesiva en los suelos de cultivo, puede producir efectos adversos en las aguas, en la atmósfera o en el suelo.

Reciclando el nitrógeno de estiércoles y purines a su ciclo natural, incorporándolo en el suelo agrícola productivo, evitaremos los posibles efectos indeseables y optimizaremos su valor como fertilizante del suelo.

## Referencias bibliográficas

- (1) BODET J. M. 1997 "Les bases de la fertilisation azotée avec des déjections animales" (ITCF)
- (2) ZIEGLER D., HEDUIT M. 1991 " Engrais de ferme".
- (3) ORÚS F., QUÍLEZ D., BETÁN J. 2000 "El Código de Buenas Prácticas Agrarias". Informaciones Técnicas. Nº93/200
- (4) HACALA S., BODET J M, AUBERT, TEXIER C, 2001 "Fertilizer avec les engrais de la ferme".
- (5) SIERRA I. 2003 "El sector ganadero de Aragón. Fortalezas y debilidades".
- (6) TEXIER C., LAVASSEUR P. 2003 "Les rejets d'azote...." Techni Porc Nº 5 Sept/Oct.
- (7) FERRER M., ORÚS F., MONGE E. 2002. "Determinación de formas nitrogenadas en estiércol fluido de porcino (EFP) por distintos métodos analíticos". Anaporc Nº 205 Nov.
- (8) IRAÑETA I., SANTOS A., ABAIGAR A. 2002. " Purines ¿ fertilizante o contaminante?" Navarra Agraria Nº 132.
- (9) SERRA A., LOBO J., ORÚS F., BETRAN J. 1995 Informaciones Técnicas Nº 1/1995.
- (10) SERRA A., ORÚS F., BETRÁN J. 2002 Informaciones Técnicas Nº 117/2002.

# Capítulo 5

## Referencias para la fertilización nitrogenada y razonamiento del aporte del resto de nutrientes

*Autor:*

*Jesús Betrán Aso*

Laboratorio Agroalimentario. D.G.A.



*La agricultura es una ciencia bien fundada, una gracia divina y una enorme recompensa.  
(Abù l-Jayr, S. XI)*

## Referencias para la fertilización nitrogenada y razonamiento del aporte del resto de nutrientes

Siendo ineludible la responsabilidad de producir alimentos, es necesario que la actividad agraria resulte rentable para quien la practica y para la sociedad en su conjunto, en términos de producción agraria y en términos de mantenimiento de los recursos implicados.

La necesaria protección del medio ambiente, pero también la escalada de los precios del petróleo que ha desencadenado una subida de precios de los insumos agrarios en general, y en particular de los fertilizantes, hace que sea necesario revisar los conceptos de fertilización en un entorno en que el margen de rentabilidad obliga a ajustar todos los gastos, y la presión social a conservar el medio ambiente.

Es posible que en el inicio de la fertilización moderna, debido a la falta de conocimientos sobre las sustancias aplicadas y sobre las necesidades reales del cultivo, se propagase la filosofía de "Si un poco es bueno, más será mucho mejor" que, ayudada por el hecho de que el suelo tiene un importante efecto retardador de los efectos de las actuaciones del hombre (sean positivas o negativas), ha dejado su "poso". Esta idea y otras similares han podido generar, como mínimo, importantes pérdidas de rentabilidad durante años.

Actualmente se puede disponer de un conocimiento muy preciso de las sustancias aportadas al suelo, y también de las necesidades de nutrición de las plantas. Aunque, ciertamente, el comportamiento del suelo no es del todo predecible, y la meteorología o la propia planta añaden incertidumbre al resultado de las prácticas agrarias, está claro que deben aplicarse todos los medios disponibles para "racionalizar" el manejo de fertilizantes. Contemplando los gastos en fertilización con igual rigor que los requeridos en maquinaria, energía, agua, semillas, fitosanitarios, etc.

Las prácticas de fertilización tienen efectos sobre la cantidad y la calidad de las cosechas que a menudo son difícilmente detectables en una sola campaña. No se trata, en general de plantear actuaciones puntuales o intervenciones urgentes (como puede ser el caso de los fitosanitarios) sino más bien de seguir un plan trazado considerando el conjunto de las condiciones de la explotación en su conjunto y de cada parcela o "unidad de manejo" concreta, básicamente el suelo, el clima y la rotación de cultivos, un "plan de abonado" a medio o largo plazo. Este plan deberá ser corregido, o modificado puntualmente, según la evolución del suelo a medio plazo, o las condiciones meteorológicas o del cultivo durante cada año.

Este capítulo intenta recopilar algunos conocimientos básicos sobre fertilización que permitan avanzar en la dirección de conseguir un manejo adecuado de los diferentes productos fertilizantes disponibles hoy para el agricultor, y ello con tres objetivos fundamentales:

- hacer máxima la rentabilidad de la explotación.
- preservar el medio ambiente.
- mantener los recursos agrarios.

Aunque esta publicación se centra en la fertilización nitrogenada parecía lógico incluir algunas consideraciones sobre el resto de los nutrientes de las plantas, en especial de aquellos que con mucha frecuencia son manejados conjuntamente con el nitrógeno.



## 5.1. Consideraciones sobre la fertilidad del suelo y los factores limitantes del crecimiento vegetal

La fertilidad es, sin duda, el atributo más valorado del suelo agrícola. A menudo se entiende esta fertilidad como el contenido de nutrientes en el suelo, y esto es cierto, pero solo en parte. El contenido de nutrientes es uno de los componentes importantes de la fertilidad, pero no se deben olvidar aspectos de la "fertilidad física" como la profundidad de suelo, la compactación, la aireación, el drenaje o la capacidad de retención de agua, que a menudo son más limitantes para el crecimiento del cultivo y pueden dificultar la asimilación de nutrientes. También otros aspectos de la "fertilidad química", como la capacidad de retención de nutrientes, la presencia de caliza activa, o la contaminación por sales o por metales, deben ser considerados.

De hecho, de todos los posibles factores limitantes para las plantas que hemos considerado, la falta de nutrientes es, casi siempre, el que puede solucionarse de forma más rápida y sencilla. Sin embargo, la interpretación de que siempre se puede incrementar la producción mejorando sólo "ese" componente de la fertilidad del suelo puede llevar a gastos innecesarios y, lo que es peor, a agravar un problema.

Con los productos y los medios actualmente disponibles es muy sencillo y rápido introducir sustancias en el suelo, nutrientes o no. Pero debe tenerse en cuenta que la reducción de excedentes generados, puede resultar muy lenta y costosa, y puede también producir daños adicionales.

El suelo es clave en el manejo de nutrientes en la agricultura. Su participación fundamental es a través de la capacidad para recibir sustancias, procesarlas hasta liberar los nutrientes que contienen, retener esos nutrientes y suministrarlos a un ritmo compatible con la absorción por parte de las plantas. En definitiva, el suelo se encarga de "reciclar" los nutrientes.



*Las propiedades físicas del suelo son tan importantes como la presencia de nutrientes. (Foto: J. Betrán)*

## 5.2. Elementos requeridos en el crecimiento de las plantas

Actualmente se reconoce la existencia de veinte elementos denominados "esenciales" para el crecimiento de las plantas. Elementos sin cuya disponibilidad las plantas detienen su crecimiento y llegan a morir (no todos los 20 elementos son requeridos por todas las plantas). Buena parte de esos elementos nutrientes son consumidos en cantidades muy pequeñas (del orden de algunos gramos por hectárea), y son suministrados, generalmente sin problemas, por el suelo. Otros son suministrados de forma ilimitada por la atmósfera o el agua.

Tres de esos elementos, nitrógeno, fósforo y potasio, son requeridos por las plantas en cantidades considerables y, sin embargo el suministro natural es, a menudo, reducido. Son los que se han denominado "macronutrientes principales". No son más necesarios que los demás, simplemente son necesarios en mayor cantidad, del orden de varias decenas, e incluso centenares, de kilogramos por hectárea.

Estos tres macronutrientes son los que han concentrado la mayor parte de la atención en las prácticas de fertilización, y los que han conseguido incrementos productivos más espectaculares en la mayor parte de los cultivos. Según la FAO el consumo global de nitrógeno, fósforo y potasio se incrementó en más de tres veces entre 1959/60 (27,2 millones de toneladas de nutriente) y 1994/95 (123,2 millones de toneladas de nutriente).

Con carácter de "macronutrientes secundarios" se considera a los elementos azufre, calcio y magnesio, que son consumidos en cantidades de hasta decenas de kilogramos por hectárea, y cuya disponibilidad depende del suelo, de sus componentes minerales y de la presencia de materia orgánica. La inclusión de estos elementos en la fertilización de los cultivos ha comenzado a ser frecuente, pero no siempre responde a una necesidad constatada.

Los macronutrientes principales, aunque se agrupan conjuntamente y se manejan con frecuencia en forma de productos que contienen los tres elementos, presentan un comportamiento en el suelo muy diferente entre sí. Tanto las fuentes que los suministran en el suelo, como la retención o la solubilidad son muy diferentes entre ellos. Por esta razón el plan de abonado y las prácticas de fertilización deben presentar diferencias importantes entre los tres elementos nutrientes.

La necesidad de cada nutriente la determina el cultivo. Cada cultivo tiene necesidades distintas en cuanto a cantidad, momentos críticos o formas del nutriente que resultan asimilables. También es diferente la cantidad extraída por el conjunto del cultivo (toda la planta) o exportada con la producción (cosecha que realmente sale del campo).

El suelo es el encargado de responder a esa demanda a través de su capacidad para generar y retener cada nutriente. La fertilización en la agricultura moderna ha podido modificar con facilidad el suministro de nutrientes, pero la retención temporal sigue en manos del suelo.

De forma general, existen varios mecanismos de suministro que permiten asegurar el mantenimiento del nivel de nutrientes en el suelo:

- Mecanismos biológicos, en los que participan hongos o bacterias, algunos de ellos asociados a las raíces de plantas.
- Retorno de nutrientes mediante aportes orgánicos, restos de cosechas, estiércoles, lodos u otros.
- Alteración de los minerales presentes en el suelo.
- Adición de nutrientes contenidos en el agua de riego.
- Fertilizantes comerciales.

**El manejo de los nutrientes es un punto crítico en cualquier sistema agrario, o agroganadero, para el mantenimiento a largo plazo de la capacidad productiva.** Del mismo modo que no es posible pretender que pueden mantenerse producciones altas durante mucho tiempo sin realizar restituciones de los nutrientes exportados, tampoco puede sostenerse indefinidamente, sin merma productiva, el abuso reiterado de algún nutriente.

### 5.3. Leyes básicas de la fertilización

Prácticamente al inicio de la moderna fertilización (hacia 1840) se promulgaron tres leyes básicas de esta práctica agraria que conviene recordar e interpretar de forma breve:

- **Ley del mínimo.** La producción será tan alta como permita el factor más limitante. Aunque esta ley se formuló y se utiliza a menudo haciendo referencia a los nutrientes, en realidad debe contemplarse el conjunto de factores de la producción (el caso más claro puede ser el agua).
- **Ley de los rendimientos finalmente decrecientes.** La producción no puede incrementarse indefinidamente. El efecto productivo de un factor de producción cuya presencia se incrementa, llegará a ser negativo a partir de un cierto límite.
- **Ley de la restitución.** Al menos debe dejarse el suelo en las condiciones en las que se encontraba antes del cultivo (también es aplicable a todos los factores productivos). Es decir, aplicado a los nutrientes, que debe reponerse al suelo tanto como exportó la cosecha.

Estas leyes siguen teniendo total vigencia, en particular las dos primeras, y acaso con la precaución de extenderlas a la totalidad de los factores productivos, y no solo a la presencia de nutrientes.

A la tercera ley cabe hacer algunas matizaciones, en el sentido de que:

- debe considerarse el estado inicial del suelo. En determinados casos puede ser recomendable no restituir todo lo exportado.
- por criterios económicos, debe perseguirse nutrir la planta y no el suelo. Es decir, no plantearse modificar las condiciones del suelo mas allá de lo imprescindible.

## 5.4. Fertilización nitrogenada

### 5.4.1. Aspectos generales

La fertilización nitrogenada ha sido tratada específicamente en el capítulo II en sus aspectos generales, y en otros capítulos en cuanto a aspectos concretos de productos o cultivos.

Recordaremos aquí únicamente algún aspecto fundamental que condiciona el uso de este elemento en relación a los demás.

El nitrógeno es habitualmente el nutriente más limitante para la producción, y por ello esta presente en todos los planes de abonado excepto los de leguminosas, que son capaces de fijarlo de la atmósfera. En el suelo va íntimamente ligado a la materia orgánica, siendo ésta el único reservorio importante de nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno se absorbe por parte de las plantas en la forma nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y en forma amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Cualquier otra forma de nitrógeno que se añada al suelo, mineral u orgánica, deberá transformarse en estas para que el nutriente pueda ser absorbido. El final de la cadena de transformaciones es, normalmente, el nitrato.

La rapidez de transformación de las sustancias orgánicas, y la liberación de nitrógeno asimilable, depende básicamente de su relación carbono/nitrógeno (C/N). Una relación inferior a 15 producirá con rapidez liberación neta de nitrógeno, entre 15 y 30 no existe nitrógeno sobrante y el contenido en la sustancia orgánica se liberará a medio-largo plazo, y a partir de 30 predomina la fijación neta y el nitrógeno contenido se libera a largo plazo.

Casi todas las formas de nitrógeno, excepto las orgánicas, son altamente solubles. La solubilidad es una ventaja desde el punto de vista de la absorción, pero es un inconveniente desde el punto de vista de la facilidad de que se produzcan pérdidas.

Debe tenerse cuidado con la forma de expresar la riqueza de nitrógeno en una sustancia. En los fertilizantes, siempre se expresa en porcentaje en peso de nitrógeno (N %), de forma que puede identificarse rápidamente la proporción del peso de un fertilizante que es nitrógeno. En otras sustancias, como en aguas o en estiércoles, u otras, debe prestarse atención a si se habla de nitrógeno, o de nitratos.



*Distribución de fertilizante nitrogenado. (Foto: J. Betrán)*

En la tabla 1 se recogen los fertilizantes nitrogenados más comunes en el mercado, con su riqueza en nitrógeno y en otros macronutrientes. El contenido en estos nutrientes "adicionales" debe ser considerado en la toma de decisión al elegir una sustancia fertilizante.

Tabla 1. Contenido de nutrientes en los fertilizantes comerciales nitrogenados más comunes (Tisdale, 1985).

Fuente de nutriente	Composición (% en peso)					
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Azufre (S)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Amoniaco anhidro	82,0	-	-	-	-	-
Urea	45,0-46,0	-	-	-	-	-
Nitrato amónico	33,0-34,0	-	-	-	-	-
Nitrosulfato amónico	30,0	-	-	5,0-6,0	-	-
Solución Urea-Nitrato amónico	28,0-32,0	-	-	-	-	-
Nitrato amónico cálcico	20,5	-	-	0,6	10,0	7,0
Fosfato diamónico	18,0-21,0	46,0-54,0	-	-	-	-
Nitrato cálcico	15,0	-	-	-	34,0	-
Nitrato potásico	13,0	-	44,0	0,2	0,5	0,5
Fosfato monoamónico	11,0	48,0-55,0	1,0-3,0	-	2,0	0,5

#### 5.4.2. Aspectos concretos de la fertilización nitrogenada.

La alta movilidad de las formas nitrogenadas, y en particular de la forma nitrato, y el elevado efecto productivo del nitrógeno, hace que la fertilización nitrogenada tenga unas dificultades específicas, a saber:

- No puede esperarse una retención y reserva a medio o largo de este nutriente en forma mineral en el suelo. Las aportaciones deben realizarse puntualmente cuando sean necesarias.
- Todas las formas de nitrógeno no nítricas requerirán una transformación para ser asimilables (aunque el amonio puede tomarse en algunas especies y estados vegetativos).
- La disponibilidad de nitrógeno en el suelo depende de la materia orgánica. Es necesario conocer la cantidad de materia orgánica presente (o aportada) y tener una idea lo más aproximada posible del nitrógeno que liberará.
- El análisis de suelo puede servir de gran ayuda siempre que se realice la determinación del nitrógeno mineral presente poco antes de realizar las aportaciones.
- Algunas sustancias presentes en el suelo o aportadas, pueden inmovilizar nitrógeno durante algún tiempo, aunque lo liberarán más tarde. Depende de la relación C/N de las sustancias orgánicas.
- Los cultivos de leguminosas fijan más nitrógeno del que necesitan y dejan excedentes en el suelo. A lo sumo requieren una pequeña cantidad de nitrógeno para facilitar el "arranque".
- Una excesiva disponibilidad de nitrógeno produce, en general, un deterioro de la calidad de las cosechas.

#### 5.4.2. Pautas a seguir en la fertilización nitrogenada.

**Cálculo de necesidades totales.** En base a la producción esperable hacer un cálculo del nitrógeno que se requerirá, ver tablas 6 y 7.

**Fraccionamiento.** Aplicar una parte del nitrógeno en sementera, en alguna forma que requiera transformación, y dejar para cobertera la parte más importante de la aportación.

**Ajuste de la dosis.** En el momento de realizar la cobertera, a la vista del estado del cultivo, precio del fertilizante y precio previsto de la producción, corregir la dosis inicialmente calculada. En este ajuste pueden ser de gran ayuda dos métodos concretos:

\* **Método del balance.**

Descontar de las necesidades del cultivo todos los aportes habidos durante el mismo (agua de riego, materia orgánica, fertilización en fondo, aportes orgánicos...).

\* **Análisis de nitrógeno mineral en el suelo (método N-min).**

Tomar muestra de suelo poco antes de la cobertera y analizar el nitrógeno mineral (nitratos).

La cantidad obtenida se descuenta de las necesidades totales del cultivo.

La profundidad de suelo a considerar (y muestrear) depende del tipo de sistema radicular (en cultivo de cereales 0 a 60 cm, en hortalizas 0 a 30 cm, en general la zona de raíces).

**Fuente de nitrógeno.** Adoptar la más adecuada a cada momento de aplicación, reservando las formas nítricas para momentos de gran demanda del cultivo.

En Zona Vulnerable tanto la dosis máxima como el fraccionamiento y momentos de aplicación o las formas de nitrógeno adecuadas, están reguladas en los correspondientes Planes de Actuación. Estos Planes están elaborados de forma que la mayor parte de las estipulaciones que contienen son aplicables en cualquier ámbito geográfico en que se desee racionalizar la fertilización nitrogenada.

### 5.4.3. Importancia del análisis de suelo y planta en la fertilización nitrogenada.

El análisis de suelo habitual (sobre muestra tomada antes de establecer el cultivo con periodicidad de 3 ó 4 años) aporta el conocimiento del contenido de materia orgánica. Y ésta materia orgánica es la fuente de nitrógeno más importante en el suelo.

Teniendo en cuenta que la materia orgánica del suelo contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, la mineralización, a un ritmo anual de un 1 a un 1,5 % (para nuestras condiciones), libera una cantidad de nitrógeno que depende del nivel de materia orgánica.

La mayor parte de la materia orgánica se concentra en la parte superior del suelo, en la zona de labor si se laborea. En general puede asumirse que esta distribuida por igual en los primeros 30 cm de suelo.

**Ejemplo:**

Un suelo con un 2 % de materia orgánica (determinada por análisis):

Si es de textura media ( $d = 1,3 \text{ kg/dm}^3$ ), el peso de suelo en una hectárea, hasta 30 cm de profundidad, supone . . . . . 3.900.000 kg

y su contenido de materia orgánica será de . . . . .  $3.900.000 \times 2/100 = 78.000 \text{ kg}$

con lo que se mineralizan: entre . . . . .  $78.000 \times 1/100 = 780 \text{ kg}$

y . . . . .  $78.000 \times 1,5/100 = 1.170 \text{ kg}$

de materia orgánica cada año, liberando

entre . . . . .  $780 \times 5 \% = 39,0 \text{ kg}$

y . . . . .  $1.170 \times 5 \% = 58,5 \text{ kg}$

de nitrógeno (N) cada año.

En este caso podría contarse, como mínimo, con 40 kg de nitrógeno aportados por el suelo.

El contenido de nitrógeno "total", frecuentemente determinado en los análisis de suelo, no tiene, en general, valor desde el punto de vista de la fertilización. Sólo el análisis de nitrógeno mineral (nitratos) tiene verdadero valor en el ajuste de la dosis, por el método "N-min" que hemos comentado. El análisis de nitratos es sencillo pero requiere una muestra obtenida poco antes de realizar el abonado nitrogenado de cobertera.

Si se dispone del valor de nitrógeno mineral en el suelo mediante análisis, puede calcularse la cantidad de nitrógeno que **ya está** en el suelo.

**Ejemplo:**

Se han analizado dos muestras de suelo, una correspondiente a la profundidad 0-30 cm, y la segunda de 30 a 60 cm, con el resultado siguiente:

Nitrógeno mineral ( $\text{NO}_3^- \text{N}$ ) en la muestra de 0-30 cm .....21,5 mg/kg

Nitrógeno mineral ( $\text{NO}_3^- \text{N}$ ) en la muestra de 30-60 cm .....12,3 mg/kg

Considerando que se trata de un suelo de textura media, el peso de una hectárea para 30 cm de profundidad es de 3.900.000 kg, de modo que la cantidad de nitrógeno presente será.

en los primeros 30 cm     $3.900.000 \text{ kg} \times 21,5 \text{ mg/kg} = 83.850.000 \text{ mg}$     o sea    83,85 kg

y entre 30 y 60 cm     $3.900.000 \text{ kg} \times 12,3 \text{ mg/kg} = 47.970.000 \text{ mg}$     o sea    47,97 kg

En total, en los primeros 60 cm de suelo hay 131,82 kg de nitrógeno (N) disponibles por hectárea.

*Nota:* La expresión  $\text{NO}_3^- \text{N}$  indica que el contenido se está expresando en nitrógeno (presente en forma de nitratos). Si la expresión fuese en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) habrá que tener en cuenta que los valores no son equivalentes. Hay que dividir este último valor por 4,42.

Por último, el análisis foliar permite evaluar la nutrición nitrógeno directamente sobre la planta, y efectuar las correcciones necesarias, en la misma campaña o en las siguientes. Es especialmente útil en especies leñosas donde la corrección del plan de abonado podrá hacerse, en general en la misma campaña. Cada especie vegetal tiene unas características concretas de muestreo (época y parte de la planta) para que los resultados se puedan comparar con referencias existentes e interpretarlos.

## 5.5. Fertilización fosfórica

### 5.5.1. Aspectos generales.

El fósforo es el segundo nutriente en importancia. En suelos calizos, con pH elevado, está presente en el suelo predominantemente en forma de fosfato cálcico, muy poco soluble, de modo que puede llegar a ser el factor más limitante de la producción.

El ciclo del fósforo es muy diferente del que se ha visto para el nitrógeno en cuanto que no hay formas gaseosas. Tampoco se puede esperar aportes minerales importantes al suelo de forma natural.

La movilidad del fósforo en el suelo es muy reducida, debido a la escasa solubilidad de las formas habituales en que se encuentra y a que es fuertemente fijado en el suelo. De este modo, al contrario que en el caso del nitrógeno, las pérdidas por lavado son normalmente despreciables. Pero, existe un riesgo importante de pérdida asociado a la erosión del suelo.

Por el momento, la mayor parte de la preocupación ambiental se ha centrado en la contaminación por nitrógeno de origen agrario, pero la contaminación por fósforo plantea problemas similares.

El fósforo se absorbe por parte de las plantas en la forma fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). En la asimilación de fósforo en suelos calizos tiene mucha importancia la acidificación que consigue la raíz en su entorno próximo y la actuación de microorganismos, concretamente las micorrizas que facilitan la exploración de mayor volumen de suelo y la disolución de formas poco solubles.

La riqueza de fósforo en una sustancia fertilizante se expresa habitualmente en forma de óxido fosfórico ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), y también se expresan en esta forma las necesidades de las plantas. Mientras que el contenido en el suelo (o en planta) se expresa habitualmente en forma de fósforo elemento (P). Esto no debe crear confusión ya que la expresión es raro hacerlo de otro modo, (y los resultados numéricos son muy diferentes). En todo caso para pasar de " $\text{P}_2\text{O}_5$ " a "P" se debe dividir por 2,29.

La fuente de fósforo para los fertilizantes es la roca fosfórica; denominada "apatito" (o "apatita") es un fosfato cálcico natural que contiene fluor y cloro, y su disponibilidad mundial es muy reducida. Originalmente es poco soluble y debe ser tratada industrialmente para conseguir cierta solubilidad del fósforo contenido en los fertilizantes comerciales. En la tabla 2 se recogen los fertilizantes fosfóricos más comunes en el mercado, con su riqueza en fósforo ( $P_2O_5$ ) y en otros macronutrientes. Se indica también la solubilidad del fósforo, que debe ser el criterio fundamental de elección.

*Tabla 2. Contenido de nutrientes en los fertilizantes comerciales fosforados más comunes (Tisdale, 1985).*

Fuente de nutriente	Composición (% en peso)						
	Nitrógeno (N)	Fósforo ( $P_2O_5$ )	Solubilidad del fósforo (%) (*)	Potasio ( $K_2O$ )	Azufre (S) (S)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Fosfato monoamónico	11	48	100	-	0-2	-	-
Fosfato diamónico	18	46	100	-	0-2	-	-
Superfosfato simple	-	16-22	97-100	-	11-12	25-29	-
Superfosfato triple	-	43-53	96-99	-	0-1	17-20	-
Ácido fosfórico	-	66	100	-	0-2	-	-
Fosfato potásico	-	52-64	100	29-45	-	-	-
Roca fosfórica	-	25-39	14-65	-	-	46-50	-

(\*) Proporción del fósforo indicado que es soluble al agua y citrato amónico neutro.

### 5.5.2. Aspectos concretos de la fertilización fosfórica.

La muy baja solubilidad de los compuestos fosfóricos es el factor limitante más importante en la fertilización fosfórica. Es muy importante atender a la parte asimilable del fósforo presente en los fertilizantes (la soluble al agua y citrato amónico neutro). En suelos básicos, la parte del fósforo que sea soluble sólo "a los ácidos minerales" carece de interés.

Los aportes orgánicos (estiércol, purín, lodos...) tienen un contenido en fósforo muy importante, de modo que los suelos que reciben tales aportes acaban enriqueciéndose en fósforo. No obstante, hay que tener en cuenta que la mayor parte de ese fósforo se encuentra contenido en las sustancias orgánicas y no se liberará de forma inmediata.

La liberación del fósforo de los aportes orgánicos se producirá al ritmo que se produzca la mineralización de esa materia orgánica (determinada por la relación C/N que se ha comentado en el apartado del nitrógeno). La parte de fósforo soluble, que también existe en los compuestos orgánicos, será asimilable inmediatamente, pero suele ser pequeña.

Una parte importante del fósforo absorbido por algunos cultivos queda contenido en los residuos de la cosecha. Si estos se incorporan al suelo esas cantidades regresan al suelo.

Las fuentes de fósforo mineral son limitadas y la transformación a formas solubles es costosa, lo que hace que este elemento sea el más caro en los compuestos fertilizantes.

No tiene sentido incrementar sistemáticamente los niveles de fósforo en el suelo ya que éste, en suelos calizos, se retrograda a formas insolubles. Además, más allá de un cierto contenido puede originarse problemas por desequilibrios nutricionales con otros elementos.



*Aplicación de purín sobre restos de cosecha. (Foto: J. Betrán)*

### 5.5.3. Pautas a seguir en la fertilización fosfórica.

Es imprescindible contar con una idea, aunque sea aproximada, del contenido de fósforo existente en el suelo.

**Cálculo de necesidades totales.** En base a la producción esperable hacer un cálculo del fósforo requerido, ver tablas 6 y 7.

**En función del contenido en el suelo aumentar o reducir esa dosis, para lo cual, en suelos calizos, puede servir el siguiente criterio:**

contenidos bajos o muy bajos	incrementar en un 50 o un 100 % respectivamente
contenidos medios	los requerimientos del cultivo incrementados en un 25 %
contenidos altos o muy altos	reducir en un 25 o un 50 % respectivamente.

### 5.5.4. Importancia del análisis de suelo en la fertilización fosfórica.

El análisis periódico del suelo (cada 3 ó 4 años) permite conocer la cantidad de fósforo disponible presente en el suelo. Este dato, junto con las necesidades del cultivo, es fundamental para orientar la fertilización.

Existe una gran diversidad de métodos para la determinación de fósforo asimilable en el suelo. No todos son adecuados para todos los suelos, y los resultados obtenidos por uno u otro método son numéricamente muy distintos (aunque el significado pueda ser idéntico). Debe prestarse atención al método utilizado y a que la interpretación de los resultados se haya hecho conforme a ese método.

El método de extracción de fósforo más utilizado en suelos básicos es el denominado "Olsen". En la tabla 3 se dan unos valores de referencia para la interpretación de los resultados.

*Tabla 3. Niveles de referencia para la interpretación de análisis de fósforo por el método OLSEN (López Ritas, 1978)*

Tipo de cultivo	Textura del suelo	Contenido en P (OLSEN) (mg/kg)		
		Bajo	Medio	Alto
Extensivos Cereales Maíz Forrajes	Gruesa y media	5-14	15-24	25-34
	Fina	3-7	8-12	13-17
	Frutales	Gruesa y media	9-18	19-36
	Fina	6-10	11-20	21-40
Intensivos Hortalizas Ornamentales	Gruesa y media	17-34	35-70	71-142
	Fina	11-20	21-40	41-80





## 5.6. Fertilización potásica

### 5.6.1. Aspectos generales

Así como el nitrógeno en forma mineral y el fósforo tienen una presencia muy limitada en el suelo, el potasio resulta relativamente abundante en muchos suelos, y también en muchas aguas superficiales o subterráneas. El potasio es frecuente en los minerales del suelo, en particular en la arcilla.

Esta abundancia natural supone que:

- Raramente es un factor limitante principal.
- Las cantidades de potasio que se ponen en circulación a través de los fertilizantes no suponen riesgo importante de contaminación.

En el suelo, el potasio se puede encontrar en tres situaciones principales:

- En los minerales. En este caso su liberación es lenta o muy lenta.
- En forma cambiante. De liberación rápida.
- Disuelto. Inmediatamente asimilable.

El potasio disuelto junto con el cambiante abastecen a la planta, que lo absorbe en forma de ión  $K^+$  desde la solución del suelo. El potasio incluido en minerales se libera por alteración de estos .

Los minerales de potasio son altamente solubles. Sin embargo, el suelo retiene bien el potasio disponible, salvo en caso de suelos muy arenosos. En los muy arcillosos puede darse un fenómeno de inmovilización del potasio que queda ligado a formas minerales por mucho tiempo.

La riqueza de potasio en una sustancia fertilizante se expresa habitualmente en forma de óxido potasio ( $K_2O$ ), y también se expresan en esta forma las necesidades de las plantas. El contenido en el suelo (o en planta) se expresa habitualmente en forma de potasio elemento (K). Aunque en general no será necesario transformar los valores, para pasar de " $K_2O$ " a "K" hay que dividir por 1,20.

El fertilizante potásico más abundante es el Cloruro Potásico (KCl) que se explota en yacimientos de ese mineral y se usa directamente o una vez transformado o combinado con otros nutrientes. En la tabla 4 se recogen los fertilizantes potásicos más comunes en el mercado, con su riqueza en nutrientes principales. La decisión sobre que sustancia conviene utilizar debe ser, en general, económica, aquella que resulte más económica por unidad fertilizante aplicada.

Tabla 4. Contenido de nutrientes en los fertilizantes comerciales fosforados más comunes (Tisdale, 1985)

Fuente de nutriente	Composición (% en peso)					
	Nitrógeno (N)	Fósforo ( $P_2O_5$ )	Potasio ( $K_2O$ )	Azufre (S)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Cloruro potásico	-	-	60-62	-	-	-
Sulfato potásico	-	-	50-52	17	-	-
Nitrato potásico	13	-	44	-	-	-
Sulfato potásico-magnésico	-	-	22	22	-	18

### 5.6.2. Aspectos concretos de la fertilización potásica

La solubilidad del potasio en las sustancias fertilizantes no supone un problema. El más económico de los compuestos potásicos, el cloruro potásico, es altamente soluble. De modo que el potasio aportado con fertilizantes minerales será inmediatamente asimilable.

Aunque el potasio no se evapora, y el riesgo de pérdida por lavado es reducido, la facilidad de asimilación del potasio fertilizante puede perderse, en este caso, por fijación a las arcillas del suelo. Allí quedará inmovilizado hasta que esos minerales se alteren.

Los aportes orgánicos tienen un contenido importante en potasio, en parte soluble y en parte ligado a las estructuras orgánicas (no inmediatamente asimilable). La liberación de la parte ligada a formas orgánicas será al ritmo con que se mineralicen.

El potasio queda contenido en gran parte en las estructuras vegetativas de las plantas, de modo que si se retornan al suelo los restos de las cosechas se reponen la parte más importante del potasio extraído.

La absorción de potasio presenta antagonismo con otros cationes, en particular el magnesio, de modo que un excesivo contenido de potasio puede generar carencia de magnesio.

En el potasio es particularmente importante el fenómeno conocido como "consumo de lujo", que se produce cuando plantas que se desarrollan en suelos con abundante potasio extraen e incorporan a sus tejidos mucho más del que necesitan.

### 5.6.3. Pautas a seguir en la fertilización potásica.

Igual que en el caso del fósforo es necesario conocer el contenido en el suelo para orientar la fertilización potásica.

**Cálculo de necesidades totales.** En base a la producción esperable hacer un cálculo del potasio requerido, ver tablas 6 y 7.

**En función del contenido en el suelo aumentar o reducir esa dosis,** para lo cual, en suelos de textura media, puede servir el siguiente criterio:

Contenidos bajos o muy bajos	Incrementar en un 25 ó 50 % respectivamente
Contenidos medios	los requerimientos del cultivo.
Contenidos altos o muy altos	Suspender temporalmente la aplicación.

### 5.6.4. Importancia del análisis de suelo en la fertilización potásica

El análisis periódico del suelo (cada 3 ó 4 años) permite conocer la cantidad de potasio disponible en el suelo. Este dato, junto con las necesidades del cultivo, es fundamental para orientar la fertilización.

Existen diversos métodos para la determinación de potasio asimilable en el suelo. El más generalizado es la "extracción con acetato amónico" en el que se obtiene la información del potasio de cambio (mayoritario en general) junto con el soluble. En la interpretación de los resultados deben tenerse en cuenta las mismas precauciones indicadas para el fósforo.

En la tabla 5 se dan unos valores de referencia para la interpretación de los resultados de potasio asimilable por ese método de extracción.

**Tabla 5. Niveles de referencia para la interpretación de análisis de potasio asimilable (extracto con acetato amónico). (López Ritas, 1978)**

Tipo de cultivo	Textura del suelo	Contenido en K (extracción acetato amónico) (mg/kg)		
		Bajo	Medio	Alto
Secano Cereales Pastos	Gruesa	21-40	41-80	81-160
	Media	31-60	61-120	121-240
	Fina	41-80	81-160	161-320
Regadío Maíz Forrajes	Gruesa	31-60	61-120	121-240
	Media	46-90	91-180	181-360
	Fina	61-120	121-240	241-440
Frutales	Gruesa	41-80	81-160	161-320
	Media	61-120	121-240	241-480
	Fina	81-160	161-320	321-640
Intensivos Hortalizas Ornamentales	Gruesa	51-100	101-200	201-400
	Media	76-150	151-300	301-600
	Fina	101-200	201-400	401-800

## 5.7. Técnicas de manejo que favorecen la gestión de los nutrientes.

Además de la fertilización, otras técnicas de manejo pueden ayudar en la gestión de los nutrientes.

- Rotaciones de cultivos, permite aprovechar la mayor capacidad de algunas especies para generar nutrientes y la mayor aptitud de otras extraerlos.
- Agricultura de precisión. Aportando mayor eficiencia en el uso de fertilizantes de acuerdo a necesidades reales en cada punto de la finca.
- Rotación de cultivos, con varios objetivos:
  - \* Aprovechar el potencial de las leguminosas como fijadoras de nitrógeno para el cultivo siguiente.
  - \* Aprovechar la capacidad para mejorar las propiedades físicas del suelo de cultivos con un potente sistema radicular, o que dejen gran cantidad de residuos.
  - \* Colocar cultivos con diferente sistema radicular y capacidad para explorar otras zonas del suelo.
- Incorporación de la mayor parte posible de los residuos de cosecha.

## 5.8. Necesidades de nutrientes de los cultivos.

En las tablas 6 y 7 se dan unas referencias sobre las cantidades extraídas o exportadas de los nutrientes principales por diferentes cultivos.

En la tabla 7 puede apreciarse como las "exportaciones", cantidad de nutrientes presente en la parte del cultivo que se recolecta, son mucho menores que las extracciones totales que realiza "todo" el cultivo. Si realmente se aprovecha toda la parte aérea (se empaca la paja, por ejemplo) las exportaciones coinciden prácticamente con la columna "total".

*Tabla 6. Extracción de nutrientes por los cultivos.*

Cultivo	Extracciones (kg/1.000 kg de cosecha)			Cultivo	Extracciones (kg/1.000 kg de cosecha)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Trigo <sup>(1)</sup>	30,0	16,0	29,0	Manzano <sup>(1)</sup>	2,5	0,9	3,7
Cebada <sup>(1)</sup>	24,0	11,0	21,0	Peral <sup>(1)</sup>	2,4	0,7	3,3
Avena <sup>(1)</sup>	28,0	14,0	36,0	Albaricoquero <sup>(1)</sup>	9,6	1,5	8,7
Maíz (grano) <sup>(1)</sup>	28,0	11,0	23,0	Melocotonero <sup>(1)</sup>	3,5	1,0	5,5
Sorgo <sup>(1)</sup>	35,0	14,0	33,0	Ciruelo <sup>(1)</sup>	5,0	1,5	5,5
Patata <sup>(1)</sup>	3,5	1,6	3,5	Almendro <sup>(4)(1)</sup>	20,0	8,0	15,0
Cereales de invierno (forraje) <sup>(1)</sup>	2,2	1,2	1,7	Cítricos <sup>(1)</sup>	3,5	0,7	4,5
Gramíneas (forraje) <sup>*(3)</sup>	15,0	6,0	22,0	Viñedo <sup>(1)</sup>	7,0	2,1	9,0
Maíz (forraje) <sup>(2)</sup>	2,2	0,9	2,4	Olivo <sup>(1)</sup>	15,0	4,0	20,0
Maíz (forraje) <sup>*(3)</sup>	12,5	5,5	15,0	Girasol <sup>(1)</sup>	50,0	18,0	100,0
Raigrás <sup>(2)</sup>	5,7	2,2	7,1	Colza <sup>(1)</sup>	44,0	25,0	24,0
Raigrás <sup>*(1)</sup>	22,0	9,0	27,0	Arroz <sup>(1)</sup>	22,0	8,0	23,0
Prado natural (corte) <sup>*(2)</sup>	13,5	6,0	18,0				
Prado natural (pasturado) <sup>*(2)</sup>	25,0	6,0	22,0				
Prados permanentes <sup>*(1)</sup>	25,0	7,5	30,0				

\* Extracciones en kg/1.000 kg de materia seca

Fuentes: <sup>(1)</sup>: Domínguez Vivancos (1984); <sup>(2)</sup>: Pontallier (1965); <sup>(3)</sup>: Ziegler (1991); <sup>(4)</sup>: Universidad California (1980)

*Tabla 7. Extracción de nutrientes por los cultivos, en kg por tm de materia seca de cosecha (Canadian Fertilizer Institute 1998).*

CULTIVO	Nitrógeno (N)		Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Potasio (K <sub>2</sub> O)		Azufre (S)	
	Total	Export.	Total	Export.	Total	Export.	Total	Export.
<b>GRANOS</b>								
Trigo	32,1-39,2	22,6-27,9	12,1-14,7	9,1-10,9	27,5-34,0	6,8-7,9	3,4-4,2	1,5-2,3
Cebada	26,0-31,9	18,1-22,1	10,5-12,8	7,9-9,5	25,1-30,5	6,0-7,2	3,0-3,7	1,6-2,1
Centeno	27,0-32,8	17,1-20,9	13,3-16,5	7,2-8,7	38,0-46,7	5,8-7,3	4,6-5,5	1,2-1,7
Avena	30,1-36,6	17,3-21,2	11,2-12,8	7,3-8,7	41,0-49,9	5,3-6,1	3,6-4,5	1,1-1,7
Maíz	24,7-30,0	15,5-19,1	10,2-12,3	7,0-12,3	20,7-25,2	4,5-5,4	2,4-2,9	1,1-1,3
<b>FORRAJES</b>								
Alfalfa		26,1-31,9		6,2-7,6		27,0-33,0		2,6-3,3
Trébol		24,1-29,4		6,2-7,6		22,6-27,7		1,2-1,4
Gramíneas		11,4-14,1		3,3-4,1		14,6-17,8		1,3-1,8
<b>LEGUMINOSAS</b>								
Guisante	46,1-56,0	35,1-42,9	12,8-15,5	10,4-12,8	41,1-50,0	10,7-13,1	3,6-4,8	2,1-2,4
Lentejas	45,6-56,1	30,8-18,5	12,4-14,9	9,4-10,9	38,2-46,6	15,9-19,8	4,5-5,5	2,0-3,0
Habas	75,6-92,4	45,2-55,4	26,3-31,8	16,3-19,7	67,2-82,5	13,9-16,8	3,4-4,5	1,8-2,4
<b>OLEAGINOSAS</b>								
Girasol	33,5-41,1	24,1-29,5	11,6-13,8	7,1-8,9	16,5-20,5	5,4-6,7	4,0-4,5	1,8-2,7
Colza	57,1-70,4	34,7-42,3	26,5-32,7	18,9-23,0	41,8-51,0	9,2-11,2	9,7-12,2	5,6-6,6
Lino	48,3-58,3	34,9-42,2	13,4-16,8	10,7-12,8	29,5-36,2	10,1-12,1	8,7-11,4	4,0-4,7
<b>RAÍCES</b>								
Patata	5,1-6,3	2,9-3,5	1,6-1,8	0,8-1,0	6,7-8,2	4,8-6,0	0,4-0,5	0,3-0,4
Remolacha az,	4,3-5,3	1,8-2,2	1,4-1,7	0,8-1,0	7,9-9,6	2,9-3,6	0,7-0,8	0,2-0,3

*Total: en la totalidad de los órganos vegetativos de la planta (toda la parte aérea).*

*Export: en la cosecha (grano, semillas, forraje o raíces). Son las exportaciones reales.*

## 5.9. Conclusiones y recomendaciones

La presencia de nutrientes en el suelo es uno de los aspectos a considerar en cuanto a la fertilidad de éste, pero no es el único y muchas veces no es el más importante.

Veinte elementos químicos son considerados "esenciales" para las plantas, De ellos, el nitrógeno, fósforo y potasio son demandados en grandes cantidades. Los dos primeros suelen ser los más limitantes por su escasa disponibilidad.

Las necesidades de fertilización deben calcularse sobre la base de las extracciones (en realidad sólo las exportaciones) del cultivo, ajustando después la parte que será necesario añadir del siguiente modo:

- Para el nitrógeno utilizando el método del balance o bien realizando un análisis de N mineral en el suelo, al momento de la cobertera, y descontándolo de esas necesidades (método N-min).
- Para el fósforo es imprescindible contar con análisis de suelo para corregir la dosis. En suelos calizos es muy probable la respuesta a la adición de fósforo.
- Para el potasio es también necesario el análisis de suelo. Con frecuencia se podrá prescindir de su aplicación manteniendo un control de los niveles.

Las necesidades de fertilizantes descienden drásticamente si se restituyen al suelo los restos de cosecha.

El manejo adecuado de las rotaciones de cultivo mejora el aprovechamiento de los nutrientes del suelo.

El manejo de los fertilizantes, orgánicos o minerales, debe contemplarse dentro de un "Plan de abonado" que establece la gestión de nutrientes en la explotación a medio y largo plazo, cubriendo uno o varios ciclos completos de rotación de cultivos en la parcela. El "Plan de abonado" está sujeto a modificaciones para cada año según la marcha del cultivo.

El análisis de suelo puede complementarse con el análisis de planta (foliar) especialmente útil en especies leñosas. Ambos son herramientas útiles para modificar o confirmar el "plan de abonado".

El conocimiento de la riqueza en nutrientes de todos los productos fertilizantes es imprescindible para una correcta gestión de la fertilidad del suelo. Cuando no se trata de productos comerciales "estandarizados" (fertilizantes), es imprescindible recurrir a tablas de contenidos, o mejor recurrir al análisis de cada partida (estiércoles, purines, lodos, compost,.....).

La oportunidad de los aportes y la homogeneidad de distribución son tanto o más importantes que la dosis total. Por ello es necesario contar con un sistema de distribución adecuado a la explotación y al producto, y realizar su ajuste (calibración) para cada producto y presentación.

## Bibliografía

- Loomis, R.S.; CONNOR, D.J.: ECOLOGÍA DE CULTIVOS. PRODUCTIVIDAD Y MANEJO EN SISTEMAS AGRARIOS. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (2002).
- Porta, J.; Lopez-Acevedo, M.; Roquero, C.: EDAFOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE. Ed. Mundi-Prensa. 849 pp. 2ª ed. España (1999).
- Sinclair, T.R.; Gardner, F.P.: PRINCIPLES OF ECOLOGY IN PLANT PRODUCTION. Ed. CAB International. 189 pp. 2ª ed. Inglaterra (2001).
- Laegreid, M.; Bockman, O.C.; Kaarstad, O.: AGRICULTURE FERTILIZERS & THE ENVIRONMENT. Ed. CABI Publishing. 294 pp. Porsgrunn, Norway (1999).
- Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D.; SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS. Ed. Macmillan Publishing Company. 754 pp., 4ª ed. USA (1985)
- V.L. Bailey, L. Kryzanowski, PLANT NUTRIENT MANAGEMENT, in Management of Agricultural, Forestry, Fisheries Enterprises, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 4, 2005]
- G. W. Clayton and K. N. Harker, PLANT MANAGEMENT SYSTEMS, in Management of Agriculture, Forestry and Fisheries Enterprises, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 4, 2005]
- Gurdev S. Khush, Mahabub Hossain, TECHNOLOGIES FOR INCREASING FOOD PRODUCTION, in Management of Agricultural, Forestry and Fisheries Enterprises (OFW), from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved December 4, 2005]



*Propiedades físicas del suelo. (Foto: J.Betrán)*



# Capítulo 6

## La fertilización nitrogenada de los cultivos extensivos

*Autor:*

*Manuel Pérez Berges*

Unidad Técnica de Cultivos Herbáceos.  
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



## Los fertilización nitrogenada de los cultivos extensivos

### 6.1. Introducción

Cuando me propusieron participar en esta Publicación, fui consciente de la dificultad que tiene dar unas normas concisas, muchas veces demandadas en forma de sencillos cuadros, de los abonados requeridos para cada uno de los cultivos, por lo que consideré necesario, que estos cuadros de tener que llegar a darse, tendrían que estar previamente lo más razonados y/o reflexionados posible.

En los capítulos anteriores, otros compañeros han expuesto el papel del nitrógeno y las dificultades que entraña saber su comportamiento en el suelo, lo que la planta realmente absorbe, lo que el cultivo anterior aporta, lo que los restos vegetales dejan, lo que se pierde, etc. etc. Por ello, si todo esto es difícil de evaluar, mucho más es cuantificar la verdadera inversión que hay que hacer en fertilizantes para conseguir la máxima eficacia del abonado.

Como punto de referencia a lo que podamos tratar en este capítulo, debemos recordar que la asimilación del nitrógeno por la planta y/o la pérdida de éste en el suelo, viene condicionada principalmente por el tipo de suelo, la temperatura y la humedad que haya, ya sea procedente de la lluvia o del riego, sea éste “a pie” o por “aspersión”.

La “**unidad fertilizante de nitrógeno**”, es la que más se pierde en el suelo y aunque resulta más cara que otras que entran en el abonado normal (fósforo y potasa), es en la que más se tiene el agricultor y en la que no suele escatimar. Al abonado se le atribuye un valor que muchas veces no le corresponde y por ello habrá que estudiar lo que verdaderamente aporta.

El gasto del abono utilizado en sementera es de los gastos variables de la explotación que mayor interés demandaría, ya que es uno de los primeros gastos de cultivo que el agricultor hace y por lo tanto de los que más tiempo está invertido. Por ello, tendremos que tener presente no sólo la cantidad total a incorporar, sino cuándo tendremos que hacerlo.

Reflexionar sobre:

- Por qué tenemos que abonar
- Cuándo hay que abonar
- Con qué tenemos que abonar
- Con cuánto tenemos que abonar
- Si es rentable abonar.

será un guión que tendremos que tratar en cada uno de los cultivos.

Como punto final de esta pequeña introducción, tenemos que pensar que ni un abonado correcto, ni un seguimiento adecuado de las distintas técnicas del cultivo, podrá solucionar los problemas de muchas explotaciones. Abonar adecuadamente influirá en corregir alguna de las “goteras” que tiene nuestra explotación, pero si los problemas son de minifundio, excesiva parcelación, excesiva inversión en mecanización, costes de producción muy altos, etc. etc. además de abonar correctamente, tendremos que pensar en otros planteamientos, más drásticos quizá, pero con más futuro.



*Ensayo de abonado de maíz. San Mateo de Gállego, cosecha 2005. (Foto M. Pérez)*



## 6. 2. Cereales de invierno

En cualquiera de los tratados de agronomía que hable de la producción de los cereales de invierno se indica que la cosecha final de una parcela dependerá:

- Del número de plantas por metro cuadrado que nacieron
- Del número de espigas que llegaron a producción
- Del número de granos que tenga cada espiga
- Del peso de los 1.000 granos

Si tuviésemos muchas plantas por metro cuadrado, esas plantas nos hubiesen dado muchas espigas, esas espigas tuviesen muchos granos y esos granos pesasen mucho, ¿sería muy alta la cosecha? Si todo eso es así, sí, pero no podemos decir que será así, pues posiblemente alguno de estos factores será limitante tanto por defecto como por exceso.

El número de plantas que haya por metro cuadrado a la salida del invierno, dependerá de la densidad de siembra que hayamos utilizado, del poder de germinación de la semilla, de las condiciones del suelo y de las condiciones climatológicas del año y que hayan favorecido o no la nascencia, por lo que nos podremos encontrar con que el campo está: bien de planta, está pobre de planta o está muy espeso.

Del número de plantas que haya nacidas, dependerá también el posible número de espigas, por lo que si la nascencia es pobre tendremos que favorecer el ahijado y con el abonado precoz le ayudaremos a “matear”, pero si hay mucha planta ya no urge tanto abonar pronto, puesto que si hay planta, potencialmente habrá espigas.

Si tenemos ya el número de espigas por metro cuadrado adecuado ¿podrán criar todo lo que potencialmente pueden dar? Dependerá del alimento y la humedad que la planta tenga a su disposición.

Si en la parcela nos encontramos con un buen número de espigas por metro cuadrado ¿podrán conseguir que los granos de esas espigas pesen mucho? Dependerá del alimento que la planta encuentre hasta el final.

La exposición de los puntos anteriores nos llevaría a las siguientes reflexiones:

- ¿Cuáles son las necesidades del cereal hasta el inicio del ahijado? ¿Interesa abonar fuerte hasta entonces?
- Con un abonado antes del ahijado ¿tendrá la planta suficiente para favorecer éste, influir en el desarrollo de la espiga y hacer que el grano pueda ser gordo?
- Una urea incorporada a finales de enero, proporciona alimento a la planta hasta finales de mayo cuando la planta está todavía en pleno desarrollo vegetativo?

En las siguientes tablas exponemos la producción en kg por hectárea que nos podría dar una parcela según el número de espigas que tenga por metro cuadrado y el número de granos por espiga con pesos de 30 y 40 gramos los 1.000 granos.

*Tabla 1. Producción de grano (kg/ha) según la densidad de espigas (espigas por metro cuadrado) con peso de 30 gramos los 1.000 granos*

Espigas por m <sup>2</sup>	Número de granos por espiga					
	15	20	25	30	35	40
300	1.350	1.800	2.250	2.700	3.150	3.600
350	1.575	2.100	2.625	3.150	3.675	4.200
400	1.800	2.400	3.000	3.600	4.200	4.800
450	2.025	2.700	3.375	4.050	4.725	5.400
500	2.250	3.000	3.750	4.500	5.250	6.000
550	2.475	3.300	4.125	4.950	5.775	6.600
600	2.700	3.600	4.500	5.400	6.300	7.200
650	2.925	3.900	4.875	5.850	6.825	7.800
700	3.150	4.200	5.250	6.300	7.350	8.400

Tabla 2. Producción de grano (kg/ha) según la densidad de espigas (espigas por metro cuadrado) con peso de 40 gramos los 1.000 granos

Espigas por m <sup>2</sup>	Número de granos por espiga					
	15	20	25	30	35	40
300	1.800	2.400	3.000	3.600	4.200	4.800
350	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900	5.600
400	2.400	3.200	4.000	4.800	5.600	6.400
450	2.700	3.600	4.500	5.400	6.300	7.200
500	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
550	3.300	4.400	5.500	6.600	7.700	8.800
600	3.600	4.800	6.000	7.200	8.400	9.600
650	3.900	5.200	6.500	7.800	9.100	10.400
700	4.200	5.600	7.000	8.400	9.800	11.200

Como puede apreciarse por las tablas 1 y 2, **con 300 plantas nacidas por metro cuadrado potencialmente puede haber una buena cosecha**, a poco que ahíje, si el número de granos por espiga se mantiene alto y uniforme.

### 6.2.1. Referencias de ensayos de abonado

#### Ensayos de calidad

**Cebadas cerveceras.** Si bien en la mayor parte de los cultivos, la proteína es un factor de calidad, en el caso de las cebadas destinadas a malta, hay que tener en cuenta que una proteína alta impide ser destinada a la fabricación de cerveza, por lo que se requiere contenidos menores del 11,5%. En las siguientes tablas se puede apreciar que el incremento del abonado, si bien aumenta la producción también es verdad que, sobre todo las aportaciones más tardías, aumenta la proteína, circunstancia que habrá que tener en cuenta, cuando cultivemos cebada con ese destino.

En la tabla nº 3 se indican las producciones relativas medias de 3 años de ensayo. El número de unidades fertilizantes de nitrógeno (separadas por un guión), corresponden a las Unidades Nitrógeno aportadas en sementera y cobertera. A la variante 0-0 se le da el valor 100.

Tabla 3. Índices productivos y de proteína, expresados en % sobre el testigo 0-0.

Unidades Nitrógeno	Secano (media 3 años)				Unidades Nitrógeno	Regadío (media 3 años)	
	Used		Argente			Castelflorite	
	Producción	Proteína	Producción	Proteína		Producción	Proteína
30-0	114	113	116	95	60-0	99	102
15-15	125	112	118	102	30-30	97	103
0-30	117	113	118	100	0-60	100	107
30-30	137	116	131	105	60-60	95	107
15-45	140	119	135	108	30-90	102	115
0-60	142	120	135	118	60-120	91	116
30-60	159	125	133	112	0-12	98	121
15-75	158	125	132	110	0-180	93	123
0-90	160	128	140	110	30-150	94	129
0-0 (100)	2.525	10,59	2.055	10,61	0-0 (100)	4.738	10,20

#### Ensayos en Laluega (Huesca). Media años 2000, 2001 y 2002

Con estos ensayos se quiso ver si la distinta forma de aportar el nitrógeno en cobertera influía en el contenido de proteína del grano. El estudio en dos variedades arrojó los resultados que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Efecto productivo de diferentes fuentes de nitrógeno en cobertera..

Referencias	Variedad A			Variedad B		
	100% urea	50% urea 50% N.A.	100% con N.A.	100% urea	50% urea 50% N.A.	100% con N.A.
Producción (kg/ha)	4.067	4.023	3.723	3.748	3.745	3.661
Proteína %	11,76	11,65	12,31	12,19	11,73	12,24
Peso espec.	64,63	64,86	64,74	63,37	65,54	66,56

**Ensayos en trigos duros.** Cuando buscamos mayor vitrosidad en el trigo duro, factor de calidad en el mismo, tenemos que ver si hay otras técnicas de cultivo que pueden mejorarla, que no sea a base de incrementar el abonado. En **Alagón**, con dos colecciones de variedades de trigo duro se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 5. Efectos del riego sobre la vitrosidad en trigo duro.

Año	Referencias	Con riego normal	Sin último riego
1.989	Producción (kg/ha cosecha)	7.236	6.991
	Granos vitreos (%)	69	79
1990	Producción (kg/ha cosecha)	8.612	7.374

#### Ensayos de producción en secano. Influencia del nitrógeno en fondo.

En los ensayos de **Sarsamarquello** (Huesca) y **Sos del Rey Católico** (Zaragoza) que se exponen en la tabla 6, se quiso ver la influencia que podía tener el nitrógeno en siembra. En una variante se incorporó el 18-46-0 y en la otra solamente Fósforo sin nada de nitrógeno. La cobertera fue la misma para ambas variantes.

Mientras en Sos, la diferencia a favor del Nitrógeno en siembra, se notó desde el primer año, en Sarsamarquello, no hubo diferencia prácticamente hasta el cuarto año.



Abonando (Foto: M. Pérez)

Tabla 6. Influencia del nitrógeno en siembra.

Sarsamarquello (Huesca)			Sos del Rey Católico (Zaragoza)		
Cosecha	18-46-0	Super 18%	Cosecha	18-46-0	Super 18%
1999	4.920	4.796	1999	4.400	3.600
2000	4.010	4.038	2000	6.300	5.600
2001	1.169	1.089	2002	3.600	3.400
2002	4.587	2.415	-	-	-
Media	3.671	3.084	Media	4.766	4.200

#### Influencia del nitrógeno total.

Ensayos en **Sierra de Luna**, **Esquedas** y **Zuera**. Durante varios años se estudió la respuesta del cultivo a distintas dosis de abonado NPK en cereal secano. Las unidades nitrógeno estudiadas fueron: **0-80** y **160** en Esquedas y Sierra de Luna y de **0-50** y **100** en Zuera.

Las producciones medias de los años de ensayo se exponen en la tabla 7 que sigue:

*Tabla 7. Efecto productivo de diferentes dosis de nitrógeno aplicadas. (medias de varios años).*

Niveles de Nitrógeno 0-80-160			Niveles de Nitrógeno 0-50-100	
Niveles de N aportados	Esquedas 7 años	S. Luna 5 años	Niveles de N aportados	Zuera 3 años
0 unidades Nitrógeno	2.471	1.919	0 unidades Nitrógeno	1.790
80 unidades Nitrógeno	3.041	2.104	50 unidades Nitrógeno	1.763
160 unidades Nitrógeno	2.993	1.745	100 unidades Nitrógeno	1.733

De los datos obtenidos los años que se realizaron los ensayos, podemos decir con relación al Nitrógeno, que el efecto de éste depende estrechamente de la humedad del suelo. En años secos cualquier aportación de nitrógeno produce efectos negativos.

En **Sierra de Luna**, en esos años se fijó el óptimo económico de aplicación de nitrógeno entre 0 unidades dos de los años y 63 el año más húmedo, estando en torno a las 30 unidades las del año medio.

En **Esquedas**, la mejor respuesta se obtuvo con las 80 unidades. La dosis más alta nunca tuvo diferencia significativa. Para el año medio de los 7 ensayados el óptimo económico se fijó en las 79 unidades.

En **Zuera**, la aplicación de nitrógeno no produjo incremento de rendimiento en dos de los tres años de ensayo.

**Niveles de nitrógeno cobertera en secano.** En la misma parcela de los ensayos anteriores se estudió la respuesta de distintas dosis de abonado nitrogenado en cobertera. El abonado de sementera de **27** unidades en Sierra de Luna y de **36** en Esquedas se completó en cobertera hasta las **80-120 y 160**.

*Tabla 8. Nitrógeno cobertera secano.*

Sierra de Luna (5 años)		Esquedas (5 años)	
Unid. Nitróg.	kg/ha	Unid. Nitróg.	kg/ha
0	1.734	0	2.109
80	1.726	80	2.250
120	1.708	120	2.358
160	1.713	160	2.249

Como puede apreciarse, en esos años de producciones bajas, prácticamente no hubo respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en cobertera. El nitrógeno aportado en sementera o el que proporcionó el suelo fue suficiente para criar la cosecha.

### Ensayos de producción en regadío

**Niveles nitrógeno en trigo. Alcañiz, Tauste, Montañana.** Partiendo de 50 unidades nitrógeno en siembra, en cobertera las variantes fueron: 0, 120 unidades y 120 más 160 unidades. Una nueva variante fue de 70 en siembra y 160 en cobertera. Los resultados se ven en la Tabla 9.

*Tabla 9. Nitrógeno cobertera regadío.*

Cosecha	Localidad	50-0	50-120	50-120-160	70-160
1989	Montañana	6.486	7.075	7.222	7.262
1990	Tauste	5.935	7.491	7.580	7.353
1990	Alcañiz	4.357	4.671	4.969	4.838

De los resultados se deduce, que si bien con las 120 unidades en cobertera se obtuvo una diferencia clara de producción frente a la variante que no se añadió nada en cobertera, **la respuesta ya no es tan positiva cuando se incrementa el abonado.** A un aporte mayor de nitrógeno (160 unidades fertilizantes adicionales) el incremento es muy pequeño.

**Trigo tras ensayo de abonado en maíz (media de 2 años).** En Alagón y Urrea de Gaén, durante 9 y 7 años respectivamente se estudió los resultados del abonado en una alternativa, en las que hubo parcelas que no tuvieron ningún aporte de abonado. El año que se introdujo trigo en la rotación no se abonó en sementera y en cobertera todas las variantes recibieron 100 Unidades de Nitrógeno (300 kg/ha N.A. 33,5%). Como puede verse, las reservas que pudo encontrar la planta de las cosechas anteriores influyeron favorablemente en la producción.

*Tabla 10. Respuesta del trigo tras maíz.*

Alagón (Zaragoza)			Urrea de gaén (Teruel)		
Año alternativa	Abonado años anteriores	kg/ha	Año alternativa	Abonado años anteriores	kg/ha
5 y 9	0 Unidades Nitrógeno	5.756	5 y 7	0 Unidades Nitrógeno	4.260
	250 Unidades Nitrógeno	6.122		250 Unidades Nitrógeno	4.550
	500 Unidades Nitrógeno	<b>6.262</b>		500 Unidades Nitrógeno	<b>4.670</b>

**Trigo tras habas en Urrea de Gaén.** En la tabla 11, se aprecia el efecto del cultivo de las habas en la producción del año siguiente (trigo); las parcelas que no habían recibido ningún tipo de abono en los 6 años anteriores, alcanzaron un 95,48% de la producción media del ensayo.

*Tabla 11. Producción sin aporte de nitrógeno. Efecto de las habas sobre el cultivo siguiente.*

Año y cultivo	1989 Maíz	1990 Maíz	1991 Maíz	1992 Maíz	1993 Trigo	1994 Habas	1995 Trigo
Media ensayo	9.176	9.418	7.291	7.798	5.625	4.250	3.457
Con 0 UFN	6.702	6.958	6.242	5.485	5.219	3.923	3.301
% sobre media	73,03	73,87	85,61	70,33	92,78	92,0	<b>95,48</b>

### 6.3. Cultivo del maíz

#### Referencias de ensayos.

#### *Techo productivo en maíz.*

Una pregunta que no hemos sabido contestar a lo largo de los años ha sido la de: ¿Qué producción se puede alcanzar de maíz?. Tanto en los ensayos estadísticos como en los demostrativos, el objetivo fue siempre tratar de ver la diferencia que había entre una variante (variedad, tipo de abonado, plantas/ha en siembra, etc) tomada como testigo y las restantes ensayadas. Las técnicas de cultivo seguidas en la parcela siempre fueron las utilizadas por el agricultor colaborador, pero algunos resultados de estos deben hacernos reflexionar.

En la tabla siguiente recogemos las producciones medias de los ensayos estadísticos de variedades (sobre 20 variedades por ensayo), de los últimos 10 años, donde vemos la producción de grano seco a 14°, las plantas/ha en recolección y el peso medio de las mazorcas. Como puede apreciarse en los **ciclos 700**, el **peso medio de las mazorcas** fue en **Alagón de 191 gramos** y de **202 en Novillas**. En **Terrer alcanzaron los 170 gramos** con los ciclos 500-600.

ALAGON (ciclos 700)			NOVILLAS (ciclos 700)			TERRER (ciclos 500-600)		
kg/ha a 14°	Plantas/ha recolecc.	Gramos/mazorca	kg/ha a 14°	Plantas/ha recolecc.	Gramos/mazorca	kg/ha a 14°	Plantas/ha recolecc.	Gramos/mazorca
13.163	68.800	191	13.393	66.410	202	13.062	76.645	170

**¿Contamos las plantas por hectárea que tenemos en recolección?** Si bien hay determinadas variedades que responden mejor que otras a un menor número de plantas/ha, cierto es que la relación producción/plantas existe y así podemos ver que en Terror con ciclos 500-600 se obtiene producciones similares a las de Alagón y Novillas pero a base de tener de 8 a 10.000 plantas por hectárea más.

Cuando se hicieron ensayos de densidades de siembra en la media de 12 ensayos se obtuvo el siguiente porcentaje de fallos, según la dosis teórica de siembra:

**Dosis teóricas de siembra (semillas/ha)**

Semillas /ha sembradas teóricamente	55.000	70.000	85.000	100.000	115.000
% de fallo a recolección	10,19	10,58	13,65	17,80	18,00

A la hora de sembrar y según las condiciones del terreno tendremos que tener en cuenta la densidad de siembra a elegir, para que en recolección podamos contar con el suficiente número de plantas que sean capaz de darnos un buena producción. Mazorcas que tengan entre 190 y 200 gramos de grano seco no son difíciles de conseguir, por lo que si en recolección tuviésemos 75.000 plantas la producción podría situarse entre los 14.250 y 15.000 kg de grano seco, cifras que no es una utopía alcanzar.

**Referencias del abono nitrogenado.**

Los primeros planteamientos que se hicieron para estudiar el abonado nitrogenado, fue fijar las máximas dosis para conseguir la máxima producción, dentro de la rentabilidad del nitrógeno. Como planteamiento inicial se partió de un abonado fijo en sementera y se aportaron distintas dosis en cobertera, llegando a la conclusión que la máxima producción y la máxima rentabilidad del nitrógeno se conseguía con las 300-350 Unidades Fertilizantes Nitrógeno. Pero ¿cuándo habría que aportar estas unidades?

Todos los ensayos realizados se hicieron con el planteamiento que se expone a continuación de **Alagón** y **Zuera**. Como puede verse, se estudiaron desde 0 hasta 450 Unidades totales, aportadas en distintos porcentajes entre sementera y cobertera. El **índice técnico** corresponde a los kg/ha de cosecha y el **económico** al de descontar al valor de la cosecha el precio del abono.

*Tabla 12. Resultados de ensayo en Alagón y Zuera.*

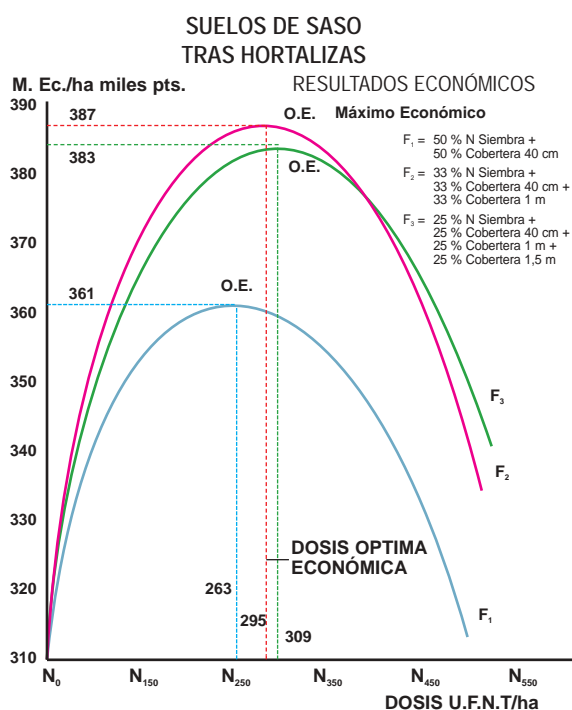
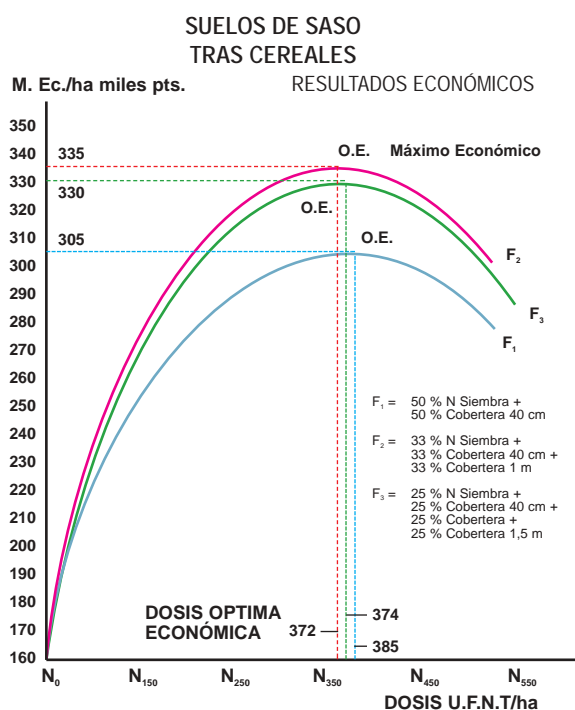
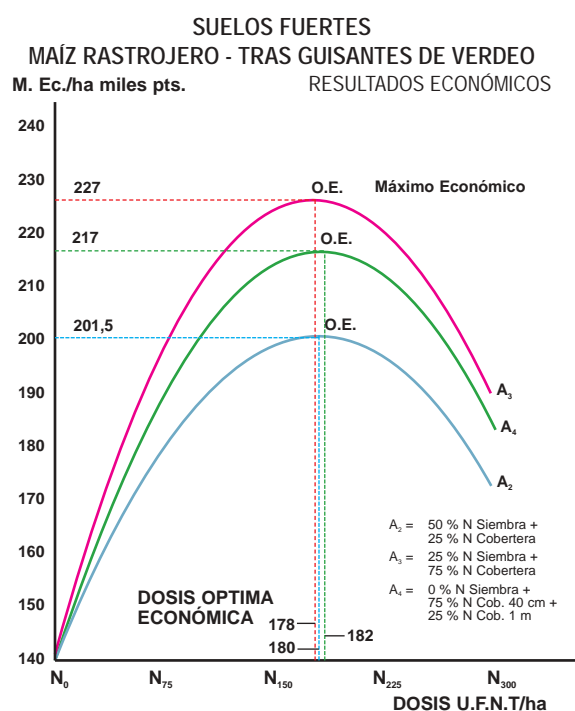
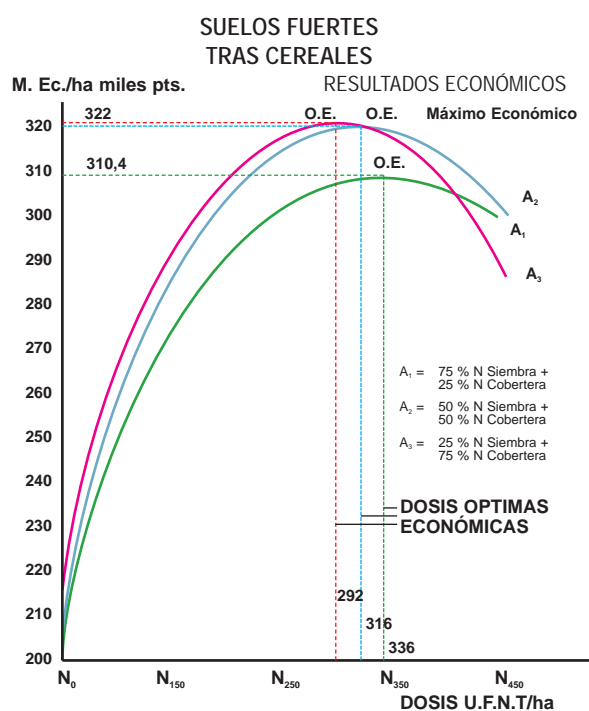
Total Unid. Fertilizantes Nitrógeno	ALAGON				ZUERA			
	% de éste en siembra	Plantas/ha recolect.	Indices relativos		% de éste en siembra	Plantas/ha recolect.	Indices relativos	
			Técnico	Económico			Técnico	Económico
0	-	75.300	51	56	-	62.500	57	63
150	25%	72.900	92	96	25%	63.000	86	89
250	25%	76.500	94	95	25%	62.750	87	88
350	25%	73.600	97	96	25%	63.100	93	92
450	25%	75.300	97	93	25%	62.600	91	87
150	50%	74.250	82	86	50%	63.000	85	89
250	50%	73.500	99	102	50%	63.150	89	90
350	50%	76.600	100	100	50%	63.950	100	100
450	50%	72.550	97	94	50%	62.900	97	94
150	75%	72.400	63	65	75%	63.350	78	82
250	75%	73.000	83	85	75%	63.750	95	98
350	75%	73.150	96	96	75%	64.450	95	95
450	75%	71.950	95	93	75%	62.400	91	89
Datos de los ensayos	Siembra : 18 -IV Recolección: 12 - XI Cultivo anterior : Maíz Valor 100= 12.834 kg/ha a 14°				Siembra: 30 abril Recolección: 20-XI Cultivo anterior: Trigo Valor 100 = 12.744 kg/ha a 14°			

En **Alagón** el **índice técnico** (máxima producción) se obtuvo con las **350** Unidades Fertilizantes, incorporadas el 50% en siembra y el **económico** (mayor beneficio) con las **250** fraccionadas de igual forma. En **Zuera** los dos índices se fijan en las **350** Unidades. Las 450 unidades no produjeron más.

Con el resultado de éstos y otros muchos ensayos se llegó a establecer la siguiente tabla de recomendación y figuras:

Tabla 13. Recomendaciones según cultivo precedente.

Tipo de tierra	Cultivo Anterior	U.F.N / t	En siembra Cantidad	En cobertera	
				Cantidad	Momento
Tierra fuerte	Maíz o trigo	27,0	1/3 a 1/2	2/3 a 1/2	Maíz a 40 cm
Tierra de "saso"					Maíz a 40 y 80 cm
Tierra fuerte	Hortaliza	18,0	1/3 a 1/2	2/3 a 1/2	Maíz a 40 cm
Tierra de "saso"					Maíz a 40 y 80 cm



**Maíz tras habas en Alagón.** En la tabla siguiente puede verse el efecto de las habas en la cosecha de 1995, donde la producción del maíz sin ningún aporte de nitrógeno como fertilizante fue el **75,42%** de la media del ensayo cuando los años 1989 y 1991 la producción de esas parcelas fue del 45,71 y 48,21 % de la media del ensayo.

*Tabla 14. Producciones del tratamiento 0 de nitrógeno en Alagón*

Producciones (kg/ha)	1989 Maíz	1990 Girasol	1991 Maíz	1992 Maíz *	1993 Trigo	1994 Habas	1995 Maíz
Media del ensayo	10.041	3.038	10.092	5.329	6.343	5.466	10.333
Parcelas con 0 nitrógeno	4.590	3.183	4.866	3.270	6.150	5.036	7.794
% de las ON sobre la media	45,71	105	48,21	61,36	96,95	92,13	75,42

\* En 1992 el maíz se apedreó.

## 6.4. Cultivo del girasol

### Referencias de los ensayos.

**Tras ensayo abonado maíz en Alagón.** El girasol es un cultivo que es capaz de extraer humedad y elementos fertilizantes a profundidades donde el maíz o el trigo, no puede alcanzar. En la siguiente tabla puede verse los resultados obtenidos en un ensayo estadístico en 1990, donde el año anterior hubo parcelas que no recibieron nada de nitrógeno, otras que fueron abonadas con 250 y otras con 500 unidades fertilizantes de nitrógeno.

*Tabla 15. Producciones en girasol.*

Referencias	Unidades Nitrógeno en el ensayo de maíz el año anterior		
	Con 0 Unid. Nitrógeno	Con 250 Unid.Nitróg.	Con 500 Unid. Nitróg
kg/ha cosecha a 9º	3.183	2.991	3.010

**Ensayo en Sariñena.** Durante varios años se planteó un ensayo estadístico en regadío con distintos niveles de nitrógeno, obteniéndose los siguientes resultados medios. Las unidades de nitrógeno/ha indicadas corresponden a las incorporadas en sementera y cobertera.

Abonado	Variantes de abonado y producción relativa								
	0-0	100-0	50-50	150-0	75-75	200-0	100-100	250-0	125-125
Producción	100	112	108	111	122	129	124	136	127

La interpretación de estos resultados nos inclinaba a decir que las máximas producciones se conseguían con 150-200 unidades nitrógeno, pero el óptimo económico se fijaba en las 100-150 unidades, considerando que para producciones hasta 2.500 kg/ha no merecía la pena fraccionar el abonado y sí era conveniente hacerlo con producciones mayores.





## 6.5. Cultivo de las habas

**Habas tras ensayo de abonado en maíz.** En el 6º año de ensayo de abonado de **Alagón** y **Urrea de Gaén** se introdujo el cultivo de las habas. Si en el maíz las variantes de abonado estudiadas eran: 0-250 y 500 Unidades Nitrógeno, en las habas las variantes estudiadas fueron 0-30-60 unidades en sementera. En cobertera no se aportó abonado alguno.

Tabla 16. Respuesta de las habas al abonado.

Alagón (Zaragoza)				Urrea de Gaén (Teruel)			
Año alternativa	Abonado años anteriores	Unid / año habas	kg/ha	Año alternativa	Abonado años anteriores	Unid / año habas	kg/ha
6º	0 Unid. Nitrógeno	0	5.036	6º	0 Unid. Nitrógeno	0	3.923
	250 Unid. Nitrógeno	30	5.587		250 Unid. Nitrógeno	30	4.238
	500 Unid. Nitrógeno	60	5.558		500 Unid. Nitrógeno	60	4.426

Los resultados expuestos en la tabla anterior nos indican que la **respuesta del nitrógeno aportado a las habas fue positivo con 30 unidades**, pero 30 unidades fertilizantes adicionales no consiguieron un incremento significativo.

## 6.6. Cultivos extensivos

### Referencias finales

Cuando pensamos en la distribución de cultivos que vamos a tener en una explotación, antes de fijar las dosis de abonado que vamos a aportar hay que pensar en la posibilidad de las alternativas dentro de cada parcela, ya que el mayor rendimiento del cultivo no debemos buscarlo sólo con el abonado nitrogenado.

En los manuales más elementales de agronomía se dice que:

- Tras un cultivo de raíces superficiales, debe ir otro de raíces más profundas, que sea capaz de aprovechar todo aquello que no pudo extraer el anterior.
- Tras un cultivo esquilante, debe ir otro mejorante, que sea capaz de devolver al suelo lo que el anterior le extrajo de más.
- A un cultivo que se infeste de unas determinadas malas hierbas, debe seguir otro en el que sea fácil eliminar éstas.

### Huir del monocultivo es simplemente una necesidad agronómica.

Con la **incorporación de la materia orgánica** a través de los estiércoles, el enterrado de pajas, o cultivos en verde, aportamos unas masas que son capaces de modificar la estructura del suelo. Los terrenos arcillosos se hacen más suaves y los arenosos más compactos, el suelo está más aireado, la retención del agua es mayor y por lo tanto también será más desarrollado el sistema radicular, lo que favorecerá sin duda la vitalidad de la planta e incrementará sin duda la producción, repercutiendo ese beneficio no solo en el año de incorporación, sino también en los sucesivos, de ahí que este tipo de prácticas también debemos contemplarlo y utilizarlas si hay posibilidades.

El abonado a incorporar a un cultivo, debe proceder de **un balance** en el que a las necesidades de consumo del cultivo le restemos lo que el suelo o el medio ambiente le puede proporcionar, por lo que las tablas que indicamos a continuación podrán servirnos de ayuda.

En todos los cultivos hay que tener presente, que **la mejor respuesta del abonado la tendremos en las parcelas con mayor potencial productivo**. Incrementar las producciones en tierras pobres a base del abonado es más difícil.

Cada explotación tiene que observar la respuesta del abonado en sus cultivos y llegar a comprobar que muchas veces, el mayor gasto en abono no se corresponde con una mayor producción.

**Tabla 17. Nitrógeno que proporciona la materia orgánica del suelo.**

Como se indica en la tabla 12 del capítulo 7 de esta publicación, el nitrógeno mineralizado por hectárea y año se puede estimar en las siguientes cantidades:			
% de contenido de materia orgánica	Nitrógeno anual disponible (kg/ha)		
	Suelos arenosos	Suelos francos	Suelos arcillosos
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-45	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-50
3,0	-	-	30-60

**Tabla 18. Aportaciones de los cultivos o sus residuos, al suelo**

Cultivo	Zona	Aportaciones que deja en el suelo
Alfalfa	Regadío	De 6 a 8.000 kg de restos de raíces, aportando 200 Unidades de Nitrógeno. Tras dos años de alfalfa el abonado del maíz se podría disminuir entre 150 y 175 unidades nitrógeno. Si tras este maíz se sembrase trigo podría aportar a este 80 unidades nitrógeno (Lloveras. IRTA)
Leguminosa	Secano	Según producción de 50 a 70 kg de nitrógeno/ha
Leguminosa	Regadío	Según especie y producción de 70 a 130 kg de nitrógeno/ha

### Aportaciones de los estiércoles

La aportación de los estiércoles debe hacerse cuando estén bien fermentados y hechos. De no ser así, los restos vegetales incorporados pueden restar inicialmente nitrógeno al suelo. Se estima que 1.000 kg de paja contienen 6 kilos de nitrógeno y que esa paja es capaz de producir 250 kg de humus con una riqueza del 5% de nitrógeno, lo que supondría restar al suelo 6,5 kg de nitrógeno por tonelada de paja aportada.

El tanto por ciento de nitrógeno total que pueden contener los distintos estiércoles podría aproximarse a las cantidades indicadas en la tabla 19 (más información, en el capítulo 4, tabla 1; y en el capítulo 7, tabla 12).



*Los purines porcinos son subproductos abundantes y muchas veces gratuitos. (Foto: F. Iguacel)*

**Tabla 19.**

Tipo estiércol	Unidad	Aportaciones que deja en el suelo
Caballar	t	6,7 kilos de nitrógeno
Vacuno	t	3,4 kilos de nitrógeno
Lanar	t	8,2 kilos de nitrógeno
Aves puesta	t	20,0 kilos de nitrógeno
Pollos	t	17 kilos de nitrógeno
Cerda de cría (purín)	m <sup>3</sup>	3,4 kilos de nitrógeno
Cerdos engorde (purín)	m <sup>3</sup>	6 kilos de nitrógeno

## 6.7. Orientaciones de abonado

### Cálculo previo.

Antes de decidir el nitrógeno a incorporar en el cultivo debemos hacer un balance del que tenemos ya en el suelo, por distintas aportaciones y el que verdaderamente nos exige el cultivo. El cuadro que exponemos a continuación puede servirnos de orientación para razonar el aporte nitrogenado en forma de fertilizantes químicos.

Cultivo	Necesidades cosecha	A descontar por:							A Incorporar
		Cutivo anterior	Estiércoles	Materia orgánica	Restos vegetales	Agua riego	Otras aportac.	Total a descontar	

<i>Cereal de invierno en secano</i>	
Algunos factores limitantes	La humedad a lo largo del ciclo. Falta de planta a la salida del invierno. Exceso de temperaturas en la granazón.
Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)	De 23 a 30 en trigo blando De 30 en trigo duro De 20 a 30 en cebada
Periodos críticos	La absorción es muy rápida entre el pre-ahijado y el encañado, momento en que se produce la multiplicación celular.
Aportaciones	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo. <b>Secanos áridos y semiáridos:</b> No aplicar nitrógeno en sementera. En cobertera si hay humedad, sobre 22 unidades por 1.000 kg de cosecha previstos <b>Secanos húmedos y subhúmedos:</b> 22 unidades por 1.000 kg de cosecha previstos. En sementera el 25%. Resto en cobertera al inicio del ahijado. Disminuir si no hay humedad.
Si se aporta purines	Hacerlo con las labores preparatorias de la siembra o en la cobertera. En el año y vez se puede envolver una parte con la labor de alzar.
<i>Cereal de invierno en regadío</i>	
Algunos factores limitantes	Falta de planta a salida de invierno. Exceso de temperaturas en la granazón.
Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)	De 23 a 30 en trigo blando De 30 en trigo duro De 20 a 30 en cebada
Periodos críticos	La absorción es muy rápida entre el pre-ahijado y el encañado, momento que se produce la multiplicación celular.
Aportaciones	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo De las 30 Unidades por tonelada de cosecha esperada, el 25% podría hacerse en sementera. El resto, siempre al tempero de los riegos al inicio del ahijado.
Si se aporta purines	Puede aplicarse tanto en la presiembrera como en la cobertera. En las Zonas Vulnerables la cantidad máxima a incorporar es de 170 unidades de nitrógeno.

<b>Cultivo del maíz</b>	
<b>Algunos factores limitantes</b>	El bajo número de plantas en recolección. Con 5-6 hojas no debe pasar sed; es cuando se forma el número de hileras y granos de las mazorcas. Cuatro días con sed en la floración puede disminuir la cosecha un 50%.
<b>Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)</b>	De 28 a 30 por tonelada de grano seco, según sea el terreno más o menos fértil.
<b>Períodos de asimilación</b>	En ocasiones el agua de riego puede aportar ya cierta cantidad de nitrógeno 15% del nitrógeno hasta 1 mes antes de la floración 45% entre 3 semanas antes de floración y 2 semanas después de ella 35% hasta madurez del grano
<b>Aportaciones</b>	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo <b>Tierras fuertes tras maíz o cereal:</b> 28. 1/3 en sementera. Resto 1 - 2 coberteras <b>Tierras de saso tras maíz o cereal:</b> 30. 1/3 en sementera y el resto mínimo en 2 coberteras <b>Tierras fuertes tras hortalizas:</b> 18.- 1/3 en sementera. Resto 1 - 2 coberteras <b>Tierras de saso tras hortalizas:</b> 20.- 1/3 en sementera. Resto mínimo en 2 coberteras.- Las coberteras serán con planta a 8 hojas (40 cm) y a 1 metro.
<b>Si se aporta purines</b>	Puede aplicarse en las labores preparatorias de la siembra. En las Zonas Vulnerables, el máximo admitido es de 170 unidades de nitrógeno.
<b>Cultivo del Girasol</b>	
<b>Algunos factores limitantes</b>	Suelos poco profundos y salinos. Falta de humedad en los secanos. La planta responde dando capítulos más grandes cuando la densidad de plantas disminuye
<b>Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)</b>	50
<b>Períodos asimilación</b>	Entre el 70 y 90% lo extrae desde las 3-4 hojas hasta la floración para pasar después a las semillas, donde se fija del 55 al 60% del nitrógeno absorbido.
<b>Aportaciones</b>	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo Depende de la profundidad del suelo y cultivo anterior. Con producciones estimadas altas fraccionarlo entre sementera y cobertera con girasol a 4 hojas.
<b>Si se aporta purines</b>	Igual que en el caso del maíz.
<b>Cultivo del Guisante</b>	
<b>Algunos factores limitantes</b>	Encharcamientos en regadío. Daños por frío. Lluvias en floración. Exceso de calor en maduración.
<b>Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)</b>	Tener en cuenta el balance del cálculo previo 48 en guisante seco (extracciones). 11 en guisante verde (extracciones). Que extraiga estas cantidades no quiere decir que haya que aportarlas
<b>Períodos asimilación</b>	Los guisantes necesitan el nitrógeno hasta que se inicia la nodulación. A veces una pequeña aportación de nitrógeno en prefloración contribuye a dar más talla a la planta y favorecer la recolección.
<b>Aportaciones</b>	En general incorporar una dosis pequeña de nitrógeno (unos 25-30 kg/ha) en presiembra..
<b>Si se aporta purines</b>	Puede aplicarse esa dosis de "arranque" en forma de purín. Si se aporta más, el guisante lo consumirá con preferencia a la fijación. Puede hacerse hasta un mes antes de la siembra en las Zonas Vulnerables.
<b>Cultivo del Arroz</b>	
<b>Algunos factores limitantes</b>	Invasión de algas, ataque de plagas y enfermedades, condiciones climatológicas adversas.
<b>Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)</b>	Tener en cuenta el balance del cálculo previo Se admite que se necesitan de 19 a 21 unidades de N por tonelada.
<b>Períodos asimilación</b>	Las mayores necesidades del cultivo son al principio del ciclo vegetativo.
<b>Aportaciones</b>	Como mínimo, dos tercios en sementera y el resto a 40 ó 50 días de la nascencia. Nunca tarde.

<i>Cultivo de las Habas</i>	
Algunos factores limitantes	Exceso de lluvias en tiempo de floración. Daños por helada. Exceso de calor en maduración.
Necesidades nitrógeno (kg N/t de grano esperada)	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo 50 para grano seco (extracciones). 17 para verdeo (extracciones). Que extraiga estas cantidades no quiere decir que haya que aportarlas.
Periodos asimilación	Como todas la leguminosas necesitan nitrógeno hasta que se inicie la nodulación.
Aportaciones	En suelo profundos y fértiles más de 30 unidades/ha no incrementará la producción.
Si se aporta purines	Puede aplicarse esa dosis de "arranque" en forma de purín. Si se aporta más, las habas lo consumirán con preferencia a la fijación. En las Zonas Vulnerables, incorporarlo como mínimo, un mes antes de la siembra.
<i>Cultivo de la Alfalfa</i>	
Algunos factores limitantes	Encharcamientos.
Necesidades nitrógeno	Tener en cuenta el balance del nitrógeno del cálculo previo
Periodos asimilación	Todo el ciclo.
Aportaciones	En presiembra el año de implantación para facilitar el establecimiento. En Zonas Vulnerables, un máximo de 30 kg/ha.
Si se aporta purines	En Zonas Vulnerables, incorporarlo en presiembra y como mínimo, un mes antes.

## 6.8. Conclusión / Resumen

La fertilización es uno de los factores que puede ser limitante para la producción, pero hay otros tanto o más importantes (riego, densidad de plantas, compactación del suelo, encharcamiento, etc...)

En cada cultivo tener presente la necesidad de nitrógeno por unidad de producción. En función de ésta y de la producción "objetivo" se calcula la necesidad teórica de nitrógeno.

Las necesidades reales de nitrógeno que debe suministrarse son siempre inferiores a las teóricas, ya que hay un suministro por parte del suelo (materia orgánica) y del agua de riego en algunos casos.

Las leguminosas (guisantes, habas, alfalfa, etc..) generan por sí solas el nitrógeno que necesitan. Sólo pequeñas cantidades de nitrógeno pueden resultar interesantes para facilitar el establecimiento, o en algún caso el crecimiento del cultivo.

Tan importante como la cantidad de nitrógeno necesaria es el momento en que debe suministrarse, siempre antes de los períodos de fuerte demanda.

El mercado ofrece multitud de sustancias nitrogenadas. Tener en cuenta su riqueza al calcular la cantidad necesaria y su forma (nitríca, amoniacal, uréica u orgánica) al seleccionarlas para cada momento de aplicación.

Cuando se utilice la técnica de la siembra directa, el purín puede esparcirse sobre la cubierta vegetal sin enterrarlo, y en los cereales de invierno, puede aplicarse en cobertera.

## Referencias

1. Equipo de Cultivos Extensivos del SEA y otro. 1990. Técnicas de cultivo en cereales de invierno. Cosechas 1988,1989 y 1990. Información Técnica nº 20/1990.
2. Pérez Berges y otros. 2002. Orientaciones para las siembras de otoño-invierno. Resultado de los ensayos. Cosecha 2002. Información Técnica 116/2002.
3. Betrán Aso y Pérez Berges. 1997. Respuesta del cereal en seco al abonado N-P-K. Información Técnica 30/1997.
4. Betrán Aso y Pérez Berges. 2000. Evolución de la fertilidad del suelo y respuesta de los cultivos. Inf. Técnica 81/2000.
5. Equipo de Cultivos Extensivos del SEA. 19986 y 1987. Abonado nitrogenado del maíz. Inf. Técnicas 5/1986 y 10/1987.



# Capítulo 7

## Uso eficiente del nitrógeno en la fertilización de los frutales caducifolios: producción, calidad de fruta y respeto al medio ambiente.

*Autor:*

*José Luis Espada Carbó*

Unidad de Cultivos Leñosos.  
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



*La cosecha es uno de los parámetros importantes para la determinación de las necesidades de nitrógeno.*

## Uso eficiente del nitrógeno en la fertilización de los frutales caducifolios: producción, calidad de fruta y respeto al medio ambiente.

### 7.1. Introducción

En los últimos años existe una fuerte preocupación de la sociedad por la degradación continua del medio ambiente. Esta sensibilidad se ha traducido a nivel de la Unión Europea, en la publicación de una serie de disposiciones oficiales relativas en particular a la protección del patrimonio AGUA.

Los nitratos actualmente constituyen la principal fuente de contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas.

La contaminación difusa tiende a adquirir cada vez mayor protagonismo en la degradación de los recursos hídricos, ya que cuanto mayor es el grado de depuración y limitación de los vertidos puntuales, mayor es el peso relativo de este tipo de contaminación, sobre todo si se tiene en cuenta que en determinadas cuencas hidrográficas la aportación de nitrógeno de origen difuso representa más del 50% del total de la cuenca.

Para hacer frente a la problemática que supone la contaminación por nitratos muchos países se han visto obligados a iniciar cambios en su ordenamiento legislativo, configurando normativas que regulen las explotaciones agrícolas y ganaderas, así como la eliminación de los residuos ganaderos. Además, con el fin de reducir el problema de la contaminación por nitratos y adoptar medidas preventivas que eviten futuras contaminaciones por este origen, el Consejo Europeo aprobó el 12 de diciembre de 1991, la Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario y traspuesta a la legislación española por el RD 261/1996 de 16 de febrero. Dicha Directiva tiene por objeto proteger la calidad de las aguas frente a la contaminación difusa derivada del uso de los fertilizantes y el estiércol en las actividades agrícolas, tratando de paliar este problema mediante la reducción de la contaminación causada o provocada por nitratos de origen agrario y mediante la actuación, de forma preventiva, contra nuevas fuentes de este tipo de contaminación.

La Directiva 91/676/CEE obliga a cada uno de los estados miembros a:

- Identificar las aguas afectadas o que puedan verse afectadas por la contaminación de nitratos.
- Designar Zonas Vulnerables.
- Establecer programas de acción respecto a las Zonas Vulnerables designadas
- Elaborar códigos de buenas prácticas agrarias.
- Elaborar y ejecutar programas de control, para evaluar la eficacia de los programas de acción y designar, modificar o ampliar la lista de Zonas Vulnerables.
- Realizar revisiones periódicas, al menos cada cuatro años, de la designación de las Zonas Vulnerables y de los programas de acción.
- Elaborar y presentar a la Comisión de la Unión Europea un informe de situación cada cuatro años.

En este sentido, la Comunidad Autónoma de Aragón, en el marco de sus competencias ha emitido la siguiente legislación:

- Decreto 77/1997, de 27 de mayo (BOA nº 66 de 11-06-97), aprobó el Código de Buenas Prácticas Agrarias y designó Zonas Vulnerables a la contaminación.



- Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura, por la que se aprueba el Programa de actuación sobre las Zonas Vulnerables Jalón-Huerva y Gallocanta (BOA nº1 de 3-01-2001).
- Orden de 19 de julio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por el que se designa las siguientes nuevas Zonas Vulnerables y se aprueba el Programa de Actuación sobre las mismas: Zona Vulnerable acuífero Ebro III y aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón; Zona Vulnerable de Singra-Alto Jiloca; Zona Vulnerable de los sectores oeste y centro del acuífero de Apies; y Zona Vulnerable del acuífero de Muel-Belchite (BOA nº 91 de 4-08-2004).
- Orden de 14 de enero de 2005, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se modifican los Programas de Actuación de las zonas declaradas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias (BOA, nº18 de 9-02-2005).

Entre los fertilizantes, son el nitrógeno en mayor medida y el fósforo los que presentan los mayores riesgos de contaminación del agua, aire y suelo.

La experiencia demuestra que, en suelos de fertilidad normal, el nitrógeno es el elemento clave en la nutrición de los cultivos. Por lo general los cultivos incrementan su producción cuando aportamos nitrógeno. El aumento es muy importante a dosis bajas, pero a medida que aumentamos la cantidad aportada el incremento de rendimiento disminuye, de forma que a partir de una determinada dosis no sólo deja de incrementar la producción sino que generalmente disminuye, produciendo también deterioro de algunas características cualitativas de la cosecha, alteración de la sanidad del cultivo y afectar negativamente a la calidad ambiental.

## 7.2. El nitrógeno

Es un elemento con mucha movilidad en el suelo y resulta clave, tanto por su importancia en la nutrición de las plantas, como por los riesgos de contaminación que su aportación inadecuada puede provocar en el medio ambiente. Las dosis excesivas o incorrectamente aplicadas a un determinado cultivo, nos ocasionará, casi seguro, pérdidas de producción y calidad, además de gastos innecesarios y afecciones medioambientales.

Los riesgos de contaminación afectan al aire y al agua.

### *En el aire:*

- **Desnitrificación:** En ciertas condiciones de suelos asfixiantes, el nitrato del suelo ( $\text{NO}_3^-$ ) es parcialmente reducido a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ), no contaminante, ya que es un constituyente natural de la atmósfera. Por el contrario, son igualmente emitidos el protóxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ...) el primero es un gas de efecto invernadero y los otros son químicamente activos.
- **Volatilización:** El nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) en el suelo proviene de la mineralización de la materia orgánica, del aporte de fertilizantes amoniacales o ureicos y deposiciones atmosféricas. Una parte del nitrógeno puede perderse directamente en la atmósfera por volatilización del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Este fenómeno se amplía en suelos de pH elevado, temperatura alta y humedad insuficiente.

### *En el agua:*

- **Fuga de nitratos (Lixiviación) hacia las aguas subterráneas:** Los nitratos del suelo provienen fundamentalmente de la mineralización de la materia orgánica y de los abonos. El nitrato no es retenido en el suelo como el amonio o el fosfato. El nitrato es susceptible de ser arrastrado en profundidad por los flujos de agua, si no es absorbido por las raíces. En ciertas áreas los nitratos no consumidos por los cultivos han sido lixiviados durante decenas de años. Es la causa de la contaminación de las aguas profundas. El origen de estos nitratos es doble: mineralización de la materia orgánica y fertilizantes nitrogenados (minerales y orgánicos).

- **Arrastre por las aguas de superficie:** En casos de fuertes lluvias o riegos inadecuados, son susceptibles de ser arrastrados como los fosfatos. En este caso, su efecto sobre las aguas se traduce en un proceso de eutrofización.

### 7.3. El nitrógeno en el suelo

Puede encontrarse en dos formas: nitrógeno orgánico y nitrógeno mineral.

- El orgánico procede de restos de cosechas, raíces, hojas, o bien de estercolados, purines, lodos, compost, etc. Este tipo de nitrógeno se va transformando poco a poco en nitrógeno mineral. En el suelo siempre hay una cantidad estable que generalmente suele oscilar del 1 al 2%.
- El mineral es el que utilizan los frutales para su crecimiento y producción. El que encontramos en el suelo procede de la mineralización de la materia orgánica y de restos de fertilizantes nitrogenados aportados con anterioridad.

### 7.4. La determinación del contenido de nitrógeno mineral en el suelo

La determinación del nitrógeno mineral en el suelo, nos permite conocer la cantidad de nitrógeno (amoniaco y nítrico) a disposición de la planta en el momento que se realiza el muestreo. Por ello, este tipo de análisis es conveniente realizarlo al inicio del movimiento vegetativo (antes de aportar abono) y al final de campaña. Las muestras se tomarán a la profundidad de suelo que exploren la mayoría de raíces.

La determinación de nitrógeno mineral permite planificar la fertilización con mayor precisión. En suelos muy ricos en este tipo de nitrógeno se pueden ahorrar cantidades importantes de fertilizantes.

### 7.5. Coeficiente de utilización del nitrógeno

El nitrógeno mineral que medimos en un suelo procedente del propio suelo o de los fertilizantes, no es aprovechado en su totalidad por el cultivo.

Se producen pérdidas por:

- arrastre por agua de lluvias o riegos.
- emisión en forma gaseosa a la atmósfera.
- lixiviados que llevan el nitrógeno a horizontes no explorados por las raíces.
- parte del nitrógeno es consumido por los microorganismos del suelo.
- la hierba de cobertura del suelo también consume.

Este parámetro es muy variable y depende de la climatología (humedad del suelo, temperatura) y del tipo de suelo. En el caso de los fertilizantes minerales, el coeficiente de utilización por el cultivo depende además, del tipo de fertilizante, del momento de aplicación y del estado del cultivo.

Parámetros medios de coeficientes de aprovechamiento del nitrógeno mineral:

- Coeficiente de utilización de N mineral (salida invierno): 0,80 - 0,90
- Coeficiente de utilización de N del fertilizante (dosis óptima): 0,55 a 0,75

En cultivos extensivos se admite un coeficiente de utilización del nitrógeno del abono por la planta del 70 al 80%.

## 7.6. Balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta

La realización de un balance de nitrógeno en el sistema suelo-árbol, permite un uso más eficiente del nitrógeno. En los siguientes apartados de este capítulo, se determinan las entradas y salidas de nitrógeno al sistema, que al final, nos permitirán ajustar las necesidades de nitrógeno en algunos ejemplos prácticos de abonado de frutales.

El balance se realiza de acuerdo con la siguiente expresión, en la que se evalúan las entradas y salidas de nitrógeno al sistema suelo-planta durante la estación vegetativa:

$$\text{ENTRADAS AL SISTEMA} = \text{SALIDAS DEL SISTEMA}$$

### *Entradas de Nitrógeno al sistema (kg de N/ha):*

- Nitrógeno aportado por el suelo:  
Se trata del nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica durante la fase de desarrollo del cultivo. (Se puede calcular con un testigo sin aportes de nitrógeno).
- Nitrógeno aportado por el agua de riego.
- Fijación biológica.
- Deposición atmosférica.
- Nitrógeno aportado por los fertilizantes.

### *Salidas de Nitrógeno del sistema (kg de N/ha):*

- Nitrógeno exportado por el cultivo frutal.
- Nitrógeno exportado por la hierba de cobertura del suelo.
- Emisión de gases (volatilización).
- Emisión gases producidos del suelo.

Debido a las dificultades que surgen para determinar a nivel de cultivo o de explotación, tanto las entradas de nitrógeno al sistema debidas a deposición atmosférica como a las salidas producidas por la emisión de gases del suelo y por volatilización, y que además, en la práctica, dichas entradas prácticamente se anulan con las salidas, asumimos que si en nuestros cálculos, no las tenemos en cuenta, las modificaciones en los resultados del balance van a ser mínimas.

## 7.7. Determinación de las extracciones o salidas de nitrógeno del sistema

### 7.7.1. Necesidades de los árboles (extracciones)

La cantidad de nitrógeno necesaria depende:

- De la edad del árbol.
- De su producción.
- De su vigor (suelo, variedad, patrón, técnicas culturales)

#### 7.7.1.1. Las necesidades de árboles jóvenes

El problema que se plantea, es como calcular la fertilización de una plantación de árboles jóvenes. Este periodo, hasta alcanzar una producción y volumen de copa estable, puede ser más o menos largo según la especie, patrón y técnicas de cultivo. Utilizando las actuales variedades y patrones y nuevas técnicas de multiplicación, las plantaciones de algunas especies entran en producción al 2º-3º año. Se sabe que durante este periodo, el crecimiento del volumen de copa esta bien correlacionado con el crecimiento del diámetro del tronco. Entonces, es posible a partir del crecimiento de la sección del tronco, deducir las necesidades de abonado que permitan al árbol un adecuado desarrollo. En base a este razonamiento y a título de primera aproximación, se han obtenido los datos que figuran en la tabla 1.

**Tabla 1. Estimación de la evolución extracciones de Nitrógeno en el proceso de formación del árbol (kg de N/ha).**

Especie	Año-1	Año-2	Año-3 y sucesivos hasta alcanzar plena producción
Manzano	20	35	50 más 0,6 kg de N/tonelada de frutos
Melocotonero	20	35	50 más 1,3 kg de N/tonelada de frutos
Peral	20	35	50 más 0,7 kg de N/tonelada de frutos
Ciruelo	20	35	50 más 0,9 kg de N/tonelada de frutos
Albaricoquero	20	35	50 más 1,2 kg de N/tonelada de frutos
Cerezo	20	35	50 más 1,3 kg de N/tonelada de frutos
*Almendro	20	35	50 más 34 kg de N/tonelada de frutos

*\*Almendra en cáscara*

La base para la determinación de la dosis de fertilizante se apoya en los resultados de exportaciones de elementos nutritivos, obtenidos en parcelas experimentales y mediante el control de la absorción de árboles mantenidos en contenedores (Batjer et Rogers, 1952; Butjin, 1961; Trocmé, 1962; Huguet C., 1988; Ctifl, 1989-1990).

### 7.7.1.2. Las necesidades de árboles adultos

Las exportaciones o extracciones totales de nitrógeno del suelo por las distintas especies de árboles frutales caducifolios con mayor implantación en Aragón figuran en la tabla 2. Las exportaciones expresadas en kilos de nitrógeno por tonelada de fruto producido, engloban las necesidades correspondientes para la producción de frutos, el crecimiento de hojas, ramas, tronco y raíces.

**Tabla 2. Extracciones medias anuales de nitrógeno por los árboles adultos (kg de N/t de fruto).**

Especie	Extracción total (kg de N/ t fruto)
Manzano	3,8
Peral	3,8
Albaricoquero	5,2
Cerezo	8
Melocotonero	4,8
Ciruelo	4,8
Almendro	48

Las estructuras permanentes de los árboles, tronco, ramas y raíces, aunque en menor proporción (28-38% del total), también consumen. En la tabla 3, se especifica el porcentaje de participación de los componentes de cada órgano del árbol en las extracciones totales de nitrógeno.

**Tabla 3. Distribución porcentual del N del árbol (%).**

Cultivo	Fruto	Hojas	Madera	Raíces	Total
Manzano	29,2	33,3	30	7,5	100
Peral	29,2	33,3	30	7,5	100
Albaricoquero	46,7	23,3	23,3	6,7	100
Cerezo	52	20	22	6	100
Melocotonero	46,7	23,3	23,3	6,7	100
Ciruelo	46,7	23,3	23,3	6,7	100
Almendro	53,3	24,4	12,3	10	100

En la tabla 4 se especifican los criterios de extracciones o salidas y residuo del cultivo.

**Tabla 4. Criterios de salida del N (extracción) y residuo.**

Cultivo	Salidas (extracción)	Residuo
Frutales de hoja caduca	Cosecha	0
	Madera	12,5% de madera poda
	Hojas	50% de hojas
	Raíces	50% de raíces

Parte del nitrógeno exportado del suelo por los árboles retorna en forma de residuo (Tabla 5). Dicho nitrógeno hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar el balance.

**Tabla 5. Porcentaje del Nitrógeno total extraído que retorna como residuo.**

Cultivo	% de residuo del N total extraído				Residuo (% de N total extraído)
	Mad. poda (12,5%)	Hojas (50%)	Raíces (50%)	Total	
Manzano	12,50	16,65	3,75	32,90	32,90
Peral	12,50	16,65	3,75	32,90	32,90
Albaricoquero	12,50	11,65	3,35	27,50	27,50
Cerezo	12,50	10,00	3,00	25,50	25,50
Melocotonero	12,50	11,65	3,35	27,50	27,50
Ciruelo	12,50	11,65	3,35	27,50	27,50
Almendo	12,50	12,20	5,00	29,70	29,70

El coeficiente de extracción neta de nitrógeno de los árboles (Tabla 6) corresponde a la diferencia entre el coeficiente de extracción total y la parte calculada como “residuo”.

**Tabla 6. Extracciones netas de nitrógeno por los árboles (kg/t de fruto).**

Cultivo	Coef. Extracc. Total (kgN/t de fruto)	% Residuo	% Extracción neta	Coef. Extracc. Neta (kg N/t de fruto)
Manzano	3,8	32,9	67,10	2,55
Peral	3,8	32,9	67,10	2,55
Albaricoquero	5,15	27,5	72,5	3,73
Cerezo	8	25,5	74,5	5,96
Melocotonero	4,8	27,5	72,5	3,48
Ciruelo	4,8	27,5	72,5	3,48
Almendo	48*	29,7	70,3	33,74*

\* Referido a la producción de almendra en cáscara.

La reflexión sobre la dosis de abonado nitrogenado en una plantación de frutales, es también una cuestión de experiencia y del seguimiento respecto al comportamiento de los árboles de la parcela en años precedentes.

Como se preconiza actualmente, se puede modular en más o menos a partir de una dosis de partida o dosis recomendada, establecida por el sistema de extracciones. En general, las necesidades son proporcionales al volumen del árbol, la iluminación y rendimiento (cosecha). Los dos primeros factores son generalmente poco variables para plantaciones en producción, por lo que será la previsión de cosecha (kg/árbol), lo que permitirá ajustar la dosis. Como este parámetro es muy importante, es imprescindible ser realista en la cosecha prevista. No obstante, como tenemos la posibilidad de hacer correcciones después del aclareo de frutos, el ajuste final puede ser bastante bueno.

### 7.7.2. Necesidades de la hierba de cobertura del suelo (pradera)

La restitución de necesidades de la hierba de cobertura del suelo dependen del sistema de mantenimiento del suelo, tipo de riego y composición de la hierba de cobertura. En nuestro caso, estimamos que la mayoría de los frutales mantienen los 2/3 del suelo con cobertura de hierba natural que generalmente se tritura y se incorpora al suelo como residuo.

Para evitar competencia por el uso de nitrógeno del suelo entre la cubierta de hierba y los árboles, los dos primeros años hay que incorporar al suelo las exportaciones totales de nitrógeno que realiza la hierba (Tabla 7).

*Tabla 7. Extracción total de la hierba (60% cobertura del suelo).*

Tipo	Producción (t/ha de m.s)	(%) P. Bruta	Exportación de N (kg/ha)
Pradera polífita (18% Leguminosa)	3,5	10,3	34,61
Pradera polífita (8,5% Leguminosa)	3,5	11,6	38,98

En la tabla 8 se especifica el porcentaje de distribución del nitrógeno en la biomasa de una pradera polífita.

*Tabla 8. Distribución porcentual del N en planta (pradera polífita).*

Cultivo	Cosecha	Tallo+hojas	Rastrojo
Pradera polífita	0	87,5	12,5

Del total de exportaciones de nitrógeno por la hierba de cobertura, se estima que un 12,5% quedan como residuo en forma de rastrojo (Tabla 9).

*Tabla 9. Cálculo de las salidas (% del N extraído) y el residuo de nitrógeno).*

Cultivo	Extracción (%)	Residuo (% de N)
Pradera polífita	87,5	12,5

A partir del 2º año, sólo se debe considerar en el balance la exportación neta de nitrógeno del suelo por la hierba de cobertura en función de la producción de materia seca y el porcentaje de leguminosas.

En la tabla 10, se ha calculado la exportación neta de nitrógeno para dos tipos de cobertura (pradera) con distinto porcentaje de leguminosas y con una producción de materia seca de 3,5 t/ha.

*Tabla 10. Extracción neta de la hierba (60% cobertura del suelo).*

Tipo	Producción (t/ha de m.s)	Exportación total de N (kg/ha)	Residuo (%de N)	Exportación Neta de N (kg/ha)
Pradera polífita (18% Legum.)	3,5	34,61	12,5	30,28
Pradera polífita (8,5% Legum.)	3,5	38,98	12,5	34,10

En la mayor parte de las coberturas con especies propias de la parcela, las exportaciones netas oscilan entre 30-35 kg de Nitrógeno por hectárea y año.

## 7.8. Aportaciones o entradas de nitrógeno al sistema.

### 7.8.1. Aportaciones del suelo

El nitrógeno suministrado por la mineralización de la materia orgánica del suelo, se puede calcular muy aproximadamente y globalmente a partir de las características de la materia orgánica del suelo, determinada analíticamente, y del coeficiente de mineralización determinado experimentalmente y ligado a la humedad, temperatura, contenido en arcilla y caliza del suelo. Los resultados son muy variables. Según las fuentes documentales, se puede obtener una horquilla de 40 a 80 kg/ha y año. En algunos suelos, se han determinado 100 kg/ha y año de nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica (Decroux J., Boulay H.,1988).

Es difícil saber cuando este stock de nitrógeno está disponible para el árbol. A medida que avanza el verano, la temperatura del suelo se incrementa y la mineralización es más intensa, si no falta humedad. No obstante, es difícil predecir con una buena aproximación cuanto y cuando un suelo libera el nitrógeno mineral a partir de su materia orgánica (temperatura, humedad) y tampoco es fácil saber en qué proporción y según qué calendario el nitrógeno mineral del fertilizante es consumido por la biomasa del suelo (reorganización).

La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo (incluyendo residuos vegetales y abonos orgánicos) necesita evaluarse también y depende para una determinada plantación, principalmente, de los residuos del cultivo (madera poda, hojas) y de la textura del suelo. En la tabla 11, se reflejan las cantidades de nitrógeno mineralizado en distintos tipos de suelo en condiciones climáticas mediterráneas.



*La hierba de cobertura también consume nitrógeno*

**Tabla 11. Nitrógeno orgánico mineralizado en distintos tipos de suelo según su nivel de materia orgánica.**

M. orgánica suelo (%)	Nitrógeno mineralizado (kg/ha-año)		
	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-40	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5		37-62	25-50
3,0			30-60

*Fuente: Datos tomados del Código de Buenas Prácticas Agrarias (C.A. Valenciana).*

El contenido de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos, así como sus tasas anuales de mineralización se especifican en la tabla 12.

**Tabla 12. Porcentaje de mineralización durante el 1º año de diferentes abonos orgánicos.**

Tipo	Riqueza (%S/m.s.)	%N. Mineralizado 1º año
Estiércol de bovino	1,2	20-30
Estiércol de oveja (sirle)	2-2,5	40-50
Estiércol de porcino	1,5-2	40-50
Purines de porcino	0,4*	30-60 (otoño-primavera)
Gallinaza	2-5	60-90
Lodos de depuradora	2-7	30-40
Compost de residuos sólidos urbanos	1-1,8	15-20

*\*Porcentaje referido a materia húmeda.*

El nitrógeno mineral del suelo (procedente de la mineralización de la materia orgánica, del agua de riego y de los fertilizantes minerales), hay que determinarlo mediante análisis de suelo o de la solución del suelo.

Los análisis de suelo exigen un trabajo minucioso de muestreo de las parcelas y deben realizarse rápidamente en laboratorio. Por ello, sería imposible hacer una determinación en todas las parcelas y tener referencias de todas las situaciones en los momentos críticos. Actualmente existen métodos rápidos y baratos para la determinación de nitratos de la solución del suelo (Nitrachek). No obstante, es necesario un ajuste previo en cada campaña y área de cultivo que nos permita transformar los valores leídos en Nitrachek en sus correspondientes de nitrógeno mineral.

En un suelo franco, con cultivo de manzanos (Tabla 13) y aplicando distintas dosis de nitrógeno, con la dosis anual de 112 kg/ha de nitrógeno, las cantidades de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las profundidades de suelo: 0-45 cm. y 46-90, están por debajo del límite establecido (58,5 kg N/ha).

La dosis anual de fertilizante de 168 kg de N/ha, sobrepasa el límite establecido. Por lo tanto la aportación óptima, en este caso concreto, desde el punto de vista de la posible contaminación por nitratos, estará próxima a 112 kg de Nitrógeno por hectárea.



Control de la humedad del suelo para ajustar los aportes de agua de riego

**Tabla 13. Evolución del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en diferentes profundidades del suelo de una plantación adulta de manzanos "Golden D", según dosis aportada de nitrógeno al 2º año del ensayo (Aplicaciones: 50% prefloración y 50% mitad Junio).**

Dosis de nitrógeno aplicado		Profundidad suelo (cm)	Época toma muestras y Nitrógeno/ha	
g N/árbol	kg N/ha		Abril (kg N/ha)	Sept. (kg N/ha)
22,50	37	0-45	12,9	35,1
67,22	112	0-45	12,9	46,8
100,84	168	0-45	36,9	131,6 (exceso)
168	280	0-45	46,8	304,2
<b>Media</b>			<b>27,3</b>	<b>129,4</b>
22,50	37	46-90	31,0	23,4
67,22	112	46-90	29,3	46,8
100,84	168	46-90	101,2	79,0 (exceso)
168	280	46-90	171,4	555,8
<b>Media</b>			<b>83,2</b>	<b>176,2</b>
22,50	37	91-136	26,3	11,7
67,22	112	91-136	33,3	46,8
100,84	168	91-136	43,9	58,5 (límite)
168	280	91-136	73,1	87,8
<b>Media</b>			<b>44,2</b>	<b>51,2</b>

*Nota: las muestras de suelo se toman previas al abonado con Sulfato amónico 21%*

El nivel máximo de nitrógeno en un suelo franco, en los primeros 45 cm del perfil explorado por las raíces, no deberían pasar de 58,5 kilos por hectárea.

### 7.8.2. Aportaciones de nitrógeno por el agua de riego

Depende del contenido de nitrógeno en el agua utilizada a lo largo del periodo de riego del cultivo. A título de ejemplo y estimando que se aplican al cultivo 6.500 m<sup>3</sup>/ha de agua con un contenido de nitrato de 5 mg/l., la aportación de nitrógeno al suelo sería de 7,3 kg/ha (el nitrato contiene un 22,5 % de nitrógeno).

Cálculos:

$$(6.500 \times 1.000 \times 5) = 3.500.000 \text{ mg de nitrato } (\text{NO}_3^-) = 32,5 \text{ kg de } \text{NO}_3^-$$

$$(32,5 * 22,5) / (100) = 7,3 \text{ kg de nitrógeno (N).}$$

Para facilitar los cálculos, en la tabla 14 se especifican las cantidades de nitrógeno aportadas al suelo por el agua de riego en función de la cantidad de agua utilizada y de su contenido en nitratos.



Tabla 14. Cantidad de Nitrógeno aportado con el agua de riego (kg/ha) según consumos y contenido en nitratos.

Consumos agua m <sup>3</sup> /ha-año	Cantidad de nitrógeno (N) aportado por el agua de riego (kg/ha) Contenido de nitrato en el agua (mg/l)							
	5	10	15	20	25	30	40	60
2.000	2,3	4,5	6,8	9,0	11,3	13,5	18,0	27,0
2.500	2,8	5,6	8,4	11,3	14,1	16,9	22,5	33,8
3.000	3,4	6,8	10,1	13,5	16,9	20,3	27,0	40,5
3.500	3,9	7,9	11,8	15,8	19,7	23,6	31,5	47,3
4.000	4,5	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0	36,0	54,0
4.500	5,1	10,1	15,2	20,3	25,3	30,4	40,5	60,8
5.000	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	45,0	67,5
5.500	6,2	12,4	18,6	24,8	30,9	37,1	49,5	74,3
6.000	6,8	13,5	20,3	27,0	33,8	40,5	54,0	81,0
6.500	7,3	14,6	21,9	29,3	36,6	43,9	58,5	87,8
7.000	7,9	15,8	23,6	31,5	39,4	47,3	63,0	94,5

Actualmente hay medidores portátiles relativamente económicos que permiten determinar fácilmente el contenido de nitratos en el agua de riego.

## 7.9. Épocas o estados fenológicos de aplicación del nitrógeno

El consumo de nitrógeno por el árbol varía a lo largo de la estación vegetativa y depende:

- De la disponibilidad de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la solución del suelo alrededor de los pelos absorbentes de las raíces, pero también de la disponibilidad de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sobre todo, en árboles jóvenes.
- De la actividad de absorción del árbol, ligada a la temperatura del suelo a nivel de las raíces, al estado hídrico del suelo (entre asfixia y punto marchitez), a la fotosíntesis y la respiración, a la presencia de reservas de azúcares en las raíces, por citar los factores más importantes.
- Del crecimiento de brotes y frutos en función del clima (iluminación, duración del día, temperaturas).

Estos tres grupos de factores son interactivos. Toda esquematización simple en el marco de esta guía práctica, es imposible. Además, los conocimientos científicos sobre estos hechos no están totalmente desarrollados.

Las necesidades en el tiempo de elementos minerales han sido estudiadas sobre diferentes especies. Los resultados, bastante coherentes entre ellos han sido obtenidos sobre forma de cinéticas de absorción, o bien bajo forma de cinéticas de acumulación (Soing et Mandrin, 1993; Vaysse et Reynier, 1999).

Se ha establecido un consenso en lo que concierne al nitrógeno, en los siguientes puntos:

- Las necesidades cruciales para la floración son cuantitativamente modestas, y pueden mayoritariamente ser cubiertas por las reservas del árbol (ciclo interno del nitrógeno). Esto es una ventaja, ya que las condiciones del suelo al final de invierno o principio de primavera, no son siempre las más favorables a la actividad de absorción de las raíces.
- A partir de la fase floración-cuajado, las necesidades crecen regularmente con y para el desarrollo de brotes y frutos.
- Después de la parada del crecimiento significativo de brotes (mediados a final de julio), las necesidades se estacionan y bajan después de la recolección.
- Al final de la estación vegetativa y notablemente después de la recolección, las necesidades de nitrógeno almacenadas bajo forma orgánica en los órganos de reserva del árbol (raíz, tronco, ramas), deben ser satisfechas por las razones expresadas en el primer punto.

La reconstitución del almacén de reservas del árbol, se realiza desde que las hojas están bien desarrolladas. No obstante, es a partir de la parada vegetativa del verano y sobre todo después de la recolección, cuando el nitrógeno que continua absorbiéndose se acumula en el árbol bajo forma de reservas. Las reservas se constituyen en todas las partes del árbol, pero mayoritariamente en las raíces, ya sea por absorción directa o indirectamente a la caída de las hojas, gracias al retorno en el árbol del 40-60% del nitrógeno orgánico contenido en ellas.

Es importante asegurar una buena alimentación nitrogenada del árbol en esta fase (post-recolección-inicio ralentización actividad de hojas). Es probable que el nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica del suelo, pueda asegurar estas necesidades en ciertas condiciones:

- Niveles suficientes en materia orgánica humificada y caliza.
- Humedad suficiente: lluvias o riego.

Pero el conocimiento de la cantidad de nitrógeno liberado por un suelo en un momento dado, es poco previsible y difícil de medir. Por ello, es más prudente ayudar a la cobertura de necesidades del árbol por un aporte moderado de fertilizante. Aproximadamente se deben aportar un 15-20% de las necesidades totales (máximo: 30 kg/ha) en el momento que los brotes han dejado de crecer (mitad agosto-mitad septiembre). Si se abona más tarde, se corre el riesgo que el nitrógeno no sea totalmente absorbido y sea una fuente de contaminación (lluvias de invierno).

Es importante considerar que el calendario de disponibilidades de nitrógeno es tan importante como la cantidad total liberada.

Como **resumen** se puede concluir:

- Existen tres periodos críticos:
  - Floración.
  - Crecimiento activo de brotes y frutos.
  - Parada vegetativa (recolección)-caída hoja.
- Las necesidades cuantitativas son diferentes para cada periodo:
  - 20% desde desborre a floración.
  - 60% desde cuajado de fruto a parada crecimiento brotes y frutos.
  - 20% desde parada crecimiento (brotes y frutos) a caída de hoja.
- Atención a los excesos en periodos de bajo consumo: riesgo de contaminación.
- Atención a los excesos en periodo de fuerte consumo: desequilibrio vegetativo y cualitativos del fruto.
- Cuanto más se fracciona el abonado, mejor.

## 7.10. Como fertilizar

Ahora que se conocen mejor las cantidades y el calendario de necesidades, hace falta saber en que lugar conviene aplicar, bajo que forma y que tipo de formulación.

El nitrógeno consumido por el árbol proviene de dos fuentes:

- La materia orgánica del suelo.
- Las enmiendas y abonos orgánicos y minerales aportados.

La mineralización del humus del suelo, raramente completa las necesidades de los árboles, pero puede participar en su cobertura de forma variable según las condiciones de suelo y de clima.

Muchos estudios han concluido que las raíces están muy concentradas en un radio corto alrededor del tronco del árbol (80-150 cm). Estos hechos permiten pensar en la posibilidad de localizar los abonos sobre la banda mantenida sin hierba bajo la copa de los árboles.

En plantaciones jóvenes, la hierba de cobertura tiene necesidades importantes, mientras que los árboles necesitan menos. La localización de distintas dosis de abonos en bandas específicas, es entonces muy eficaz. En caso de riegos localizados, es posible inyectar periódicamente los abonos a través del agua de riego, lo que permite posicionarlos mejor.

Los abonos nitrogenados pueden aportarse bajo forma:

- Nítrica
- Amoniacal
- Ureica
- Combinación de: amoniacal, nítrica o ureica
- Formas compuestas con: fósforo, calcio, potasio, magnesio, etc.
- Estabilizado
- Orgánica.

La formulación del aporte debe estar en función del material de distribución, tipo de riego y del clima. La forma y la formulación del abono nitrogenado tiene una importancia secundaria respecto a la dosis y la fecha de aplicación.

Precauciones elementales de utilización de fertilizantes nitrogenados

- Los fertilizantes amoniacales o ureicos deben ser ligeramente enterrados para:
  - No perder una parte de su nitrógeno por volatilización.
  - Poder ser nitrificados.
- La utilización continuada de fertilizantes amoniacales provoca a largo plazo una acidificación del suelo.
- En periodo lluvioso, los fertilizantes amoniacales son preferibles a los nítricos o ureicos fácilmente lixiviados.
- El aporte de fertilizantes nitrogenados en suelos saturados (encharcados), y más concretamente de tipo nítrico, puede entrañar una pérdida de nitrógeno por desnitrificación y la posibilidad de lixiviación en caso de lluvias.
- Para limitar las pérdidas y contaminación, en sistemas de riego por inundación, es razonable no pasar de 30-50 kg de nitrógeno por hectárea y aportación, según tipo de suelo (filtrantes o no).
- Los abonos solubles se utilizan cada vez más con el agua de riego. Su distribución con el agua de riego localizado permite:
  - Fraccionar los aportes a voluntad.
  - Posicionar el abono en la zona de suelo explorada por las raíces.

Ciertas formulaciones comerciales de síntesis orgánica (urea-formol, diurea, etc), así como los de liberación lenta y los inhibidores de la nitrificación (triclorometil-pyridina, dicyandiamida, thiourea, sulfotiazol), tienen por objetivo y ventaja de limitar el número de aportes, procurando una puesta a disposición más o menos lenta del nitrógeno amoniacal o nítrico a partir de una sola aplicación precoz. Recordar que estos abonos liberan el nitrógeno en función de las condiciones de humedad y temperatura del suelo. Estas condiciones varían de un año a otro, y por lo tanto no se puede conocer a priori, de forma exacta, la cinética de puesta a disposición del nitrógeno.



Como **resumen** se puede concluir:

- En ciertos periodos, la mineralización de la materia orgánica del humus suministra cantidades importantes de nitrógeno al cultivo, pero en otros es insuficiente.
- La localización de los fertilizantes en la banda de suelo desnudo sombreada por las copas, debería ser la regla.
- Durante los 2-3 primeros años de instalación de la cubierta vegetal, es necesario aplicar una fertilización suplementaria.
- Para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización, los fertilizantes amoniacales, en caso de no ser posicionados por el riego o la lluvia, hace falta enterrarlos.
- Los fertilizantes nítricos no se deben aplicar en suelos saturados (encharcados) o durante un largo periodo lluvioso.
- Los fertilizantes orgánicos se utilizarán partiendo de la experiencia que el fruticultor pueda tener en su suelo y clima.

## 7.11. Vigilancia del estado nutricional de los árboles

Durante la vida de la plantación, es deseable evaluar periódicamente los niveles de elementos minerales en el suelo y en el árbol.

La regularidad del control facilita la puesta al día de tendencias. Estas, muestran al fruticultor el efecto en el tiempo de las prácticas culturales, más allá, de la simple acción de regar o fertilizar.

### Análisis de suelo

Se realizará por un laboratorio especializado sobre una muestra representativa de la parcela. Es necesario renovar esta operación como mínimo cada 5 años. Los componentes a determinar serán: textura (1ª determinación), capacidad de cambio catiónico (CCC), pH, materia orgánica, conductividad, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

### Determinación del nitrógeno mineral del suelo

El contenido del nitrógeno mineral en el suelo, es una guía importante para conocer su evolución, modular las aportaciones inicial y final, y evitar pérdidas que pueden ser la causa de contaminación.

*Tabla 16. Estimación de aportaciones de nitrógeno al cultivo (prefloración y septiembre) según los niveles de nitrógeno mineral en suelo.*

Periodo crítico	Contenido de N mineral en cada 45 cm de profundidad del perfil explorado por las raíces (suelo franco)		Aportación de las dosis de fertilizantes	Momento aplicación
	N mineral (kg/ha)	Fecha toma muestra	kg N/ha	
Floración	<45	Enero-Febrero	30-50	2-3 semanas antes de floración.
	45-60		0-30	
	>60		0 (cero)	
Parada vegetativa - maduración	<45	Agosto-Septiembre	20-30	Finales de agosto hasta mitad septiembre
	45-60		0-20	
	>60		0 (Cero)	

Aunque lo ideal sería la determinación del nitrógeno mineral del suelo en el inicio de cada uno de los periodos críticos, en general, y salvo algunas explotaciones con problemas de salinidad que disponen de baterías de sondas de succión a distintas profundidades para evaluar la evolución de elementos nutritivos en la solución del suelo en periodos cortos de tiempo (quincenal, mensual), es muy difícil conseguir que una mínima parte de explotaciones, fundamentalmente por su coste, realicen las determinaciones inicial y final de campaña del nitrógeno mineral del suelo y así poder evaluar las pérdidas (tabla 16). En la mayoría de los casos, se recurre al análisis mineral de hojas para realizar los ajustes de abonado.

### **Análisis de material vegetal (hojas)**

Para las distintas especies de frutales, se utiliza el análisis mineral de hojas como elemento de diagnóstico y control. Para obtener referencias fiables de un año para otro, tanto el tipo de ramo, hoja y su situación, el número de árboles muestreados y la fecha de toma de muestras, deben ser escrupulosamente respetados (Tabla 17).

*Tabla 17. Épocas de muestreo de hojas en frutales (Soing P., et al. 1999)*

Especie	Época de muestreo
Albaricoquero, melocotonero	A 105 días del estado F2 (F2=50% flores abiertas)
Cerezo	En recolección o 45 días después de F2
Ciruelo	Unos 70 días después de F2
Manzano y peral	Unos 75 días después de F2

Como este tipo de análisis hay que realizarlo en una fase avanzada del crecimiento de ramos y frutos, los resultados únicamente son aplicables para corrección de las aportaciones finales y del abonado global del año siguiente.

*Tabla 18. Niveles críticos de elementos minerales en hoja de árboles frutales caducifolios (Sparcks B., FRUIT GROWER -Abril 2.001).*

Especie	% sobre materia seca de hoja								ppm sobre materia seca de hoja			
	Nitrógeno (N)		Potasio (K)		Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)	Cloro (Cl)	Sodio (Na)	Boro (B)			Zinc (Zn)
	Defic.<	Adec.>	Defic.<	Adec. >	Adec.>	Adec.>	Exce.>	Exce.>	Defic.<	Adec. >	Exce.>	Defic. <
Manzano	1,9	2-2,4	1	1,2	0,25	1	0,3	-	20	25-70	100	14
Albaricoquero	1,8	2-2,5	2	2,5	-	2	0,2	0,1	15	20-70	90	12
*Cerezo	-	2,5-2,8	0,9	1,75-2	0,25-0,4	1,5-2	-	-	20	-	-	10
Melocotonero	2,3	2,4-3,3	1	1,2	0,25	1	0,3	0,2	18	20-80	100	15
Peral	2,2	2,3-2,8	0,7	1	0,25	1	0,3	0,25	15	21-70	80	15
Ciruelo	-	2,3-2,8	1	1,1	0,25	1	0,3	0,2	25	30-60	80	15
Higuera	1,7	2-2,5	0,7	1	-	3	-	-	-	-	300	-

*Adaptado de K. Uriu, J. Beutel, O. Lilleland y C. Hansen - Dept. de Pomología, UC-Davis. \*Adaptado de Huguet C., Cliffl-1990.*

### **Corrección del abonado mediante los resultados del análisis foliar**

En función de los resultados de los análisis de muestras de hojas, y para aplicar las oportunas correcciones sobre las cantidades de cada elemento mineral aportado el año anterior, se pueden utilizar como referencia los niveles adecuados de elementos minerales en hoja que para las distintas especies figuran en la tabla 18.

El Laboratorio Agroalimentario del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, realiza además del análisis de hojas, la interpretación de resultados y recomendación de abonado en base al ajuste realizado según el método de la Desviación del Mínimo Porcentual.

En el caso concreto de un ensayo plurianual de abonado en una plantación de árboles adultos de manzano “Golden D.” (tabla 19), los resultados de aplicación de distintas dosis de nitrógeno, al segundo año del ensayo, indican que para optimizar una cosecha de calidad (producción, calibre), existe una aportación de fertilizante que se sitúa próximo a 112 kilos de nitrógeno (N) por hectárea y año.



Control del nitrógeno en hoja mediante el índice SPAD

**Tabla 19. Efectos de la dosis de nitrógeno aplicado durante dos años consecutivos, sobre el crecimiento del árbol, cosecha y peso medio del fruto de Golden D. (2001)**

Dosis de N (kg/ha)	Sec.Tronco (cm <sup>2</sup> )	N. en hoja (% S/m.s.)	Cosecha (kg/árbol)	Peso medio fruto (g)	Cosecha (kg/ha)
37	48,0 c	1,86 c	26,40 b	187	33.000
112	52,0 bc	2,03 b	46,10 a	195	57.625
168	54,5 ab	2,21 b	44,50 a	195	55.625
280	58,5 a	2,36 a	32,95 b	188	41.188

Cifras en columna con distinta letra son significativamente diferentes para P<0,05.

El nivel de nitrógeno en hoja 2,03 y 2,21% de la materia seca, esta bien correlacionado con las dosis aportadas al cultivo, lo que demuestra que el análisis de hojas con sus limitaciones (corrección tardía del abonado), es un buen instrumento para pilotar la fertilización de frutales.

## Ejemplos prácticos de fertilización

### 1º Ejemplo de cultivo de una especie de frutales

Calcular las necesidades de nitrógeno por hectárea, para una plantación de melocotoneros de 8 años de edad cultivados en un suelo franco con 1,5% de materia orgánica. El suelo, desde hace 4 años, se mantiene desnudo en la zona sombreada por las copas y con hierba que se tritura en el centro de las calles. La producción prevista es de 30.000 kg/ha y los consumos de agua de riego con un contenido medio de nitratos de 5 mg/litro, se estiman en 6.500 m<sup>3</sup>/ha y año.

#### RESULTADOS:

*kg de N/ha*

Entradas Nitrógeno (N):	Aportación materia orgánica suelo (tabla 11) . . . . .	29,50
	Aportación agua de riego (tabla 14) . . . . .	7,30
	A) Suma (kg de N/ha) . . . . .	36,80
Salidas de Nitrógeno (N):	Extracciones de los árboles (tabla 6): 3,48 x 30 . . . . .	104,40
	Extracción hierba cobertura (tabla 10) . . . . .	34,10
	B) Suma (kg de N/ha) . . . . .	138,50
	<b>BALANCE (B-A) . . . . .</b>	<b>101,70</b>

**Fertilización mineral..... 101,70 kg/ha de nitrógeno**

## 2º Ejemplo de cultivo de varias especies de frutales

Calcular las necesidades de nitrógeno por hectárea, para una explotación de frutales con las siguientes especies, producciones, consumos de agua de riego y nivel de nitratos del agua utilizada:

Especie	Producción (t/ha)	Riego (m <sup>3</sup> /ha-año)	Nitratos en agua (mg/l de NO <sub>3</sub> )
Manzano	45	6500	8
Peral	35	6500	8
Albaricoquero	20	5000	8
Cerezo	15	3500	8
Melocotonero	28	6500	8
Ciruelo	20	5600	8
Almendro	2,5	4200	8

Los frutales de 8 años de edad, se cultivan en un suelo de textura “franco-limosa” con un 1,5% de materia orgánica y la cubierta vegetal en el centro de las calles se estableció hace 4 años.

### RESULTADOS:

Necesidades de nitrógeno de los cultivos frutales de la explotación (kg/ha de N)

	Manzano	Peral	Albaricoq.	Cerezo	Melocot.	Ciruelo	Almendro
ENTRADAS:							
Aportación materia orgánica suelo	30	30	30	30	30	30	30
Aportación agua de riego	12	12	9	6	12	10	8
A) Suma (kg de N/ha)	42	42	39	36	42	40	38
SALIDAS:							
Extracciones cultivo	115	89	76	89	97	70	84
Extracción hierba cobertura	34	34	34	34	34	34	34
B) Suma (kg de N/ha)	149	123	110	123	131	104	118
BALANCE (B-A)	107	81	71	87	91	64	80
FERTILIZACIÓN MINERAL	107	81	71	87	91	64	80

Como **resumen final** se puede concluir:

El análisis del suelo permitirá conocer el estado de los elementos minerales en el suelo (despensa o almacén), y el análisis de hojas permite revelar la forma que el árbol los utiliza en función de las condiciones de cultivo.

El conocimiento de ambos, permitirá:

- Ajustar la fertilización.
- Prevenir situaciones de fuertes desequilibrios.
- Conservar el árbol con un elevado potencial de producción de calidad durante su vida útil.
- Reducir los problemas de contaminación por nitratos.

Realizados todos los años, permiten a medio plazo, seguir tendencias y reajustar la fertilización.

## Bibliografía:

- Alberty C. (1995).-Valorisation des déchets verts:Compostage et création d'une plateforme.PHM-Revue horticole n° 356.p51-56.
- Decous S.,Robin D.,Darwis D., y Mary B. (1995).-Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition.Soil Biology and Biochemistry 27 (12),pp 1529-1538.
- De Jong T.M. (1998).-Using organ growth potentials to identify physiological and horticultural limitations to yield.Acta Hort.,465:293-302.
- Huguet C. (1983).-Relation entre la nutrition de l'arbre et las maladies physiologiques de conservation des fruits.FRUITTS,11 (38),p. 781-788.
- Huguet C. (1988).-Fertilisation: Evolution des conaisences.L'Arboriculture Fruitiere n° 406,Mayo,p.14-16.
- Mandrin J.F.,Soing P. (1992).-Nutrition du pêcher, incidence de l'équilibre alimentaire sur la qualité.Infos Ctifl n° 81,1992.
- Regehr D.L. (1993).-Itegrated weed management in agronomic crops.In:Thomas J.M. éd.Proceedings 4th IFOAM Conference on No-chemical Weed Control,Dijon,17-22.
- Righetti T.L.,Tilder K.L. (1988).-Interpreting cherry leaf analyses.Washintong State University,p.120-144.
- Robin D. (1997).-Intérêt de la caractérisation bioquimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et la classification des products organòmineraux. INIST-CNAS.
- Rosecrance R.C.,Jonson R.S.,Weinbaun S.A. (1998).-Foliar uptake of urea-N by nectarine leaves.A reassessment.Hort.Science,33 (1),pp.158.
- Scudellari D.,Torelli M.,Marangoni B.,Tagliavini M. (1.999).-La diagnostica fogliare nutrient levels in their trees.Fruit Grower,Abril-2001.
- Verdonck O. (1998)Compost specifications.Acta Hort.469,169-177.



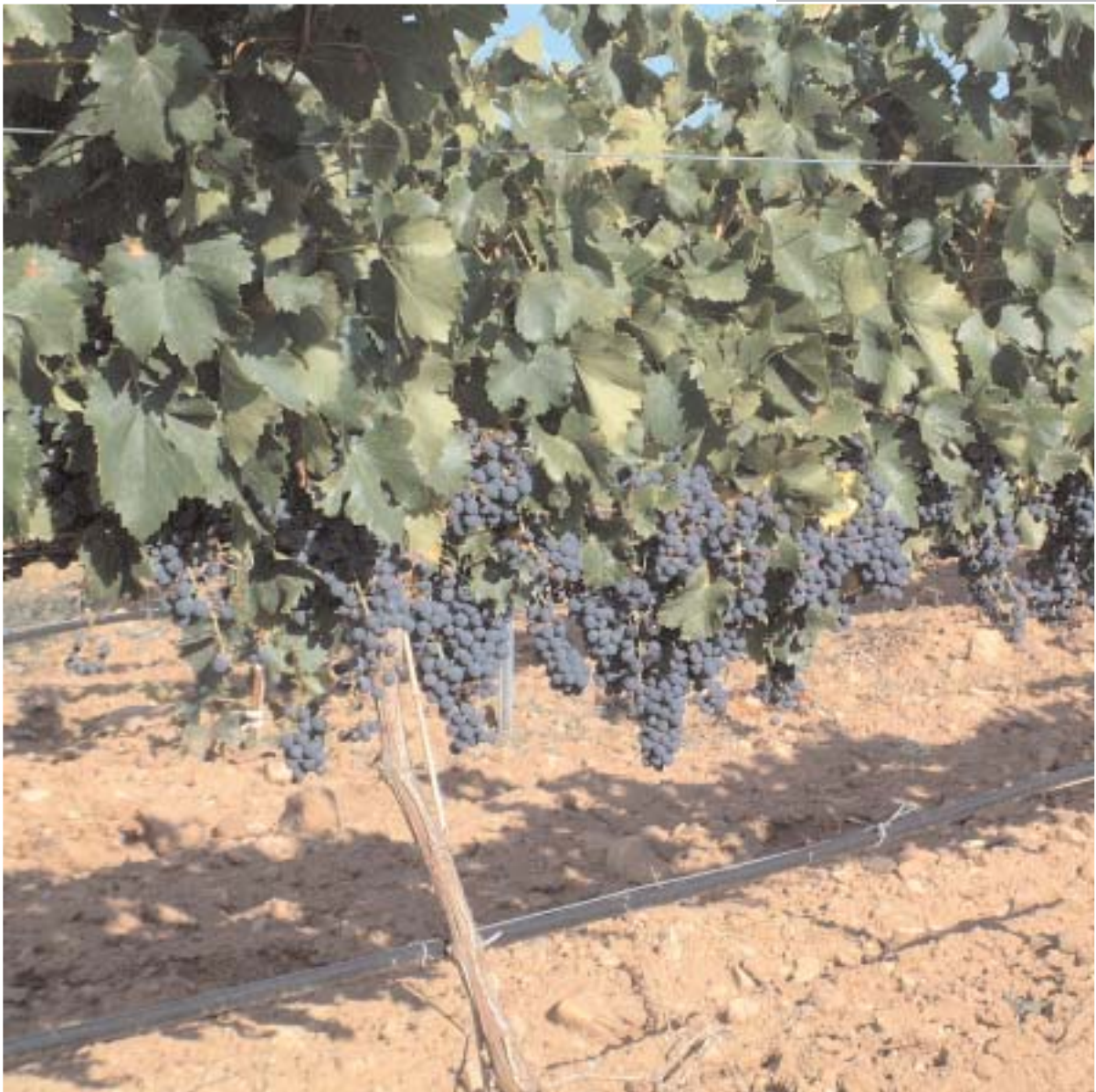


# Capítulo 8

## El cultivo de la viña y fertilización nitrogenada

*Autor:*

*Javier Andreu Lahoz* Estación de viticultura. DGA.



## Cultivo de la viña y fertilización nitrogenada

### 8.1. Generalidades

La fertilización nitrogenada en viña es indispensable para el crecimiento vegetativo, participando en la formación de aminoácidos y permitiendo la edificación de las proteínas vegetales.

Al absorberse el nitrógeno directamente de la solución del suelo es muy importante el perfil radicular de la viña, tendiendo éste a explorar todo el terreno que hay a su disposición. Por ello la naturaleza del portainjerto es de gran importancia en el vigor de la planta y va a condicionar la forma y el desarrollo radicular, y ligeramente el ciclo vegetativo de la viña.

El conjunto de raíces, tronco y brazos de la cepa constituyen una considerable cantidad de reserva de nutrientes para usarse en caso necesario, que pueden por lo tanto tamponar temporalmente la respuesta al abonado o la ausencia del mismo.

Es de reseñar, que la poda realizada en viñedo limita y condiciona el desarrollo vegetativo de la vid, y por lo tanto, influye en la exteriorización de los resultados derivados de la fertilización nitrogenada, los cuales serán función de la carga o número de yemas que se le haya dejado a la cepa.

Si el viticultor incrementa el aporte de nitrógeno sin modificar la poda, la consecuencia directa será la obtención de un mayor vigor de las cepas, y aunque no habrá un incremento de número de racimos, si se verá aumentado el tamaño de éstos, habiendo bayas de mayor peso unitario. También se incrementará la brotación de yemas de rango inferior como ciegas etc.



Por el contrario, cuando el incremento de fertilización va acompañado de un aumento de la carga de poda se obtendrá generalmente una mayor producción cuantitativa en kilogramos, aun cuando el grado sufra una ligera disminución, que podrá llegar a ser importante en el caso de que la producción se haya incrementado excesivamente, caso éste que se da con relativa frecuencia.

En la vid la cosecha está fuertemente condicionada por las yemas fructíferas, que se habrán formado en el año anterior, y por el estado nutricional en el que se encuentre la planta en los distintos estados vegetativos, siendo fundamental desde floración hasta acabada la etapa de división celular de las bayas. Por ello cuando se fertiliza un viñedo no sólo se está actuando en la cosecha de ese año sino también se influye en la cosecha siguiente. Por lo tanto los aportes de nitrógeno van destinados a constituir la cosecha, formar las yemas en las que se basa la cosecha siguiente, y crear reservas en las raíces, tronco y brazos que serán usadas en el año siguiente hasta que la planta sea capaz de autoabastecerse mediante la fotosíntesis.

## **8.2. Absorción de nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento nutritivo fundamental para la planta, la cual lo toma desde la solución del suelo tanto en forma nítrica como amoniacal.

En el suelo no existen minerales nitrogenados y por ello su procedencia ha de ser de la descomposición de materia orgánica, fijación de la atmósfera o aporte mediante el abonado.

La materia orgánica estable del suelo o humus constituye la reserva de nitrógeno y en función del clima, las condiciones físico químicas del suelo, la relación C/N y la flora microbiana, se produce su mineralización a ritmo variable entre el 0,5 y el 2% como paso previo a su absorción por la vid.

Existen sistemas de explotación que, como forma de aportar mayor cantidad de materia orgánica, trocean la madera de poda y la incorporan al suelo.

Al no ser este nitrógeno de procedencia orgánica suficiente para cubrir las necesidades del cultivo será necesario aportarlo mediante la fertilización.

La absorción de nitrógeno se produce desde el inicio de vegetación hasta el envero, donde ya se ha completado el 100% de absorción de este nutriente, salvo en los casos en los que se sigue produciendo crecimiento vegetativo, lo cual no es deseable para producciones de calidad y se suele evitar mediante podas en verde.

Desde la fase de parada invernal hasta la brotación hay unos consumos mínimos; a partir de ahí, hasta la floración se incrementa mucho la absorción, disminuyendo ligeramente su velocidad entre la cierna y el final del cuajado. Después se vuelve a incrementar hasta el envero, época en la cual deja de absorber.

## **8.3. Suelo y clima como condicionantes de la fertilización nitrogenada en vid**

La temperatura, régimen de lluvias, luminosidad, etc., inciden directamente sobre el ritmo de asimilación de los elementos nutritivos y su transformación en alimentos orgánicos.

También es importante reseñar que un exceso de agua en el suelo puede dar lugar a una importante pérdida de nitrógeno por lixiviación y una sequía acusada puede ocasionar una absorción escasa de este nutriente.

Las características físico-químicas del suelo y fundamentalmente su estructura y fertilidad juegan un papel primordial en la nutrición de la vid. El nitrógeno es más fácilmente absorbido en pH próximo al neutro.

La edad del viñedo condiciona las necesidades generales de elementos fertilizantes, siendo superiores en las fases de juventud y vejez en relación a las de la edad mediana.

## **8.4. Utilización del nitrógeno y desarrollo vegetativo anual**

El nitrógeno es el principal inductor del crecimiento de hojas y madera, siendo la base para la multiplicación celular y el desarrollo vegetativo.

El desarrollo vegetativo de la vid se inicia con temperaturas medias de 10–11 °C siendo variable según variedades y portainjertos.

La brotación consiste en un engrosamiento de yemas con posterior crecimiento de tallos o sarmientos sobre los que aparecen racimos cuando las temperaturas son próximas a 15 o 16 °C. Previo a la brotación se produce el lloro de la vid, época en la cual se pierde savia y por tanto nutrientes por las heridas de la poda.

A continuación comienza la floración o cierna, que es un periodo que suele durar unos 15 días hasta que se produce la fecundación. En este periodo llega a paralizarse el desarrollo de los sarmientos, ya que los recursos nutritivos de la planta se usan preferentemente en este proceso, hasta que se produce el cuajado del fruto. Posteriormente se reanuda el crecimiento de sarmientos y paralelamente se produce el crecimiento del fruto.

Durante estas fases de floración y fecundación la cantidad de hojas fotosintéticamente activas es escasa, por lo que una parte del proceso lo tiene que realizar la vid a expensas de la acumulación de nutrientes que en sus partes leñosas, realizó la planta el año anterior durante las épocas de maduración y posteriores.

La evolución de la absorción de nitrógeno por la vid, es continua desde la brotación hasta el envero, donde alcanzan la absorción máxima. Es decir la casi totalidad de la absorción se realiza en un periodo de unos tres meses: de mayo a julio, los cuales deberían coincidir con la puesta a disposición de la viña de abonos nitrogenados en forma asimilable.

Una vez transcurridos estos meses comienza el envero y con él los procesos de maduración donde un exceso de nitrógeno puede estimular la continuación del desarrollo vegetativo, desviando por tanto productos de síntesis que deberían ir destinados al fruto, a procesos de crecimiento vegetativo, lo cual producirá una merma en la calidad de la uva obtenida.

La escasez de nitrógeno puede provocar una reducción general del crecimiento, dando hojas de pequeño tamaño con coloraciones de verde pálido a amarillo. En caso extremo pueden presentar colores parduzcos y defoliarse. En variedades blancas, una manifestación de escasez es que, los peciolos suelen colorearse de tonalidades rojizas-pálidas.

El exceso hace que las cepas tengan gran vigor, con desproporción en la relación madera/fruto lo que induce un retraso en la maduración de la uva. Además las plantas pierden resistencia tanto frente a enfermedades, como frente a condiciones climáticas adversas. Se incrementa el desgrane de los racimos y produce ablandamiento de las bayas. En suma empeora el estado sanitario y produce fuertes disminuciones en la calidad de las uvas y por tanto en el vino obtenido.

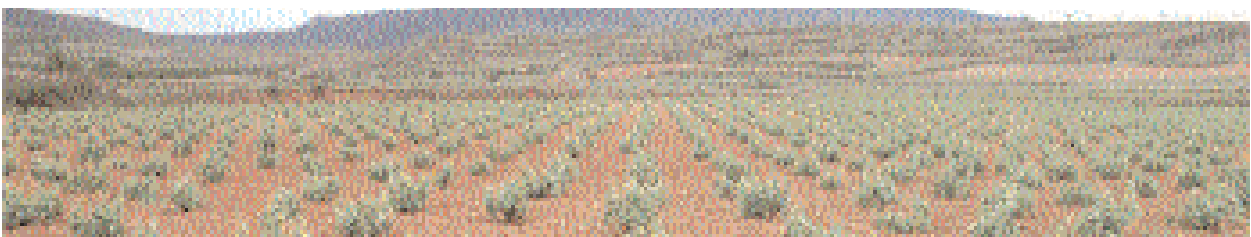
La aplicación del nitrógeno al cultivo incrementa la producción pero puede comprometer la calidad de la uva produciéndose disminuciones en el grado y en la concentración de antocianos y polifenoles, y en general de todos los elementos que le van a conferir sus características al vino.

## 8.5. Abonado

La dosis de fertilización en viña variaran según el tipo de explotación, la fertilidad del suelo, y la orientación productiva de la explotación.

La finalidad del aporte de nitrógeno debe ir encaminada a la restitución de extracciones y en caso extremo a la corrección de carencias.

Las extracciones de nitrógeno del suelo que realiza la vid son variables según los estudios entre 1,2 y 7 unidades fertilizantes por tonelada de uva producida por ello es habitual encontrar tratados de fertilización que recomiendan aportes entre 7 y 10 kg de nitrógeno por tonelada producida según las calidades del suelo. Incluso existen recomendaciones que suponen más del doble de la extracción máxima.



Por el contrario cuando se habla de abonados para producción e uva destinada a vinos finos o de calidad siempre las recomendaciones son claramente inferiores a las cantidades expresadas.

Actualmente las zonas de producción vitícola de Aragón se han agrupado en Denominaciones de Origen o en zonas de producción de Vinos de la Tierra. Ambas menciones geográficas persiguen la producción de vinos característicos de la zona y de calidad, por ello la recomendación es que para suelos de fertilidad media no se supere con el aporte de abonos nitrogenados la extracción que la cosecha realiza de este macronutriente.

Como orientación se indica, que para un cultivo de secano con producciones de uva en torno a las 4 t/ha. se puede abonar unas 28 unidades de nitrógeno aplicadas en fondo antes de que se inicie el periodo vegetativo. En zonas con riego de apoyo y producciones más altas en torno a 7,5 t/ha. la recomendación es de unas 50 unidades siendo conveniente fraccionar su aporte, el cual si se dispone de sistema de fertirrigación lo correcto es distribuirlo fraccionado con los distintos riegos hasta el inicio de envero; si la aplicación ha de ser con medios mecánicos conviene fraccionar al menos en un abonado de fondo y una cobertera en época de floración-cuajado.

## **Bibliografía.**

- Hidalgo, Luis. 2002. Tratado de Viticultura. Ed. Mundiprensa
- Dominguez Vivancos, Alonso. Tratado de Fertilización . Ed. Mundiprensa.
- Moya Talens J.A. 2002. Riego Localizado y Fertirrigación. Ed. Mundiprensa.





# Capítulo 9

## El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas

*Autor:*

*Miguel Gutiérrez López*

Unidad de Cultivos Herbáceos.  
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



*La fertirrigación en horticultura, en los riegos de alta frecuencia, implica un cambio en los conceptos de nutrición respecto a la fertilización tradicional.*

## El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas

### 9.1. Introducción

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes que determinan la producción de los cultivos. Su deficiencia disminuye la producción, pero un exceso puede resultar perjudicial para las personas y el medio ambiente.

Esto se debe a que el nitrato, uno de los compuestos de nitrógeno del suelo más importantes para la nutrición de las plantas, es muy soluble y, en el suelo es arrastrado por el agua, que percola y puede llegar a contaminar los acuíferos.

Así pues, existe el dilema de que el aporte de nitrógeno al suelo mediante el abonado tiene que ser suficiente para no limitar la producción y al mismo tiempo, no ser excesivo para no aumentar las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato. El nitrato de las aguas subterráneas es perjudicial a concentraciones superiores a 50 mg/l, que es el límite máximo permitido para el agua potable según la legislación sanitaria. En las aguas superficiales el nitrato favorece el crecimiento de algas lo cual es inconveniente en muchos casos.

A los cultivos hortícolas se aplican, en general, cantidades elevadas de nitrógeno, tanto con los fertilizantes como con los estiércoles. Esto, unido a la baja eficiencia de utilización de nitrógeno por estos cultivos, hace que presenten un potencial elevado de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato. Además de esta contaminación, otro inconveniente del exceso de abonado es que puede elevar el contenido de nitrato de la parte comestible de las hortalizas (sobre todo de las que se consumen por hojas) hasta niveles que superen los límites recomendables para el consumo humano.

Un abonado nitrogenado adecuado es, junto con un buen manejo del riego, una de las opciones más efectivas que el agricultor tiene para disminuir la contaminación de las aguas por nitrato sin poner en riesgo la producción y calidad de la cosecha. La importancia de un buen manejo de riego se debe a que el transporte de nitrato hacia los acuíferos se efectúa con el agua que fluye hacia abajo en el suelo.

Los cultivos hortícolas, por su reducida permanencia en el terreno, por la gran cantidad de materia seca producida (generalmente entre 1500 y 8000 kilos/ha), por el elevado consumo de agua, (que puede cifrarse entre 800 y 1500 litros para la formación de 1 kilo de materia seca, lo que supone entre 1200 y 12000 m<sup>3</sup>/ha y cultivo), se caracterizan por unas elevadas necesidades de nutrientes en un tiempo muy corto, generalmente entre 3 y 6 meses.

Además de ello, se caracterizan por unas exigencias específicas pero siempre elevadas, en lo que se refiere a otras propiedades del suelo, como estructura, profundidad, ph...

Todo ello conduce a que las plantas hortícolas precisan de un elevado nivel de fertilidad, durante un tiempo generalmente corto, es decir unas condiciones de suelo que permitan un rápido suministro de nutrientes absorbibles por su sistema radicular.

La lluvia es, en muchos casos, la causante de la lixiviación de nitratos. Mayores cantidades lixiviadas que las de nitrógeno son las de calcio y magnesio, debido al contenido del suelo y los aportes realizados por el agua de riego. La lixiviación de fósforo es nula y muy baja la de potasio. En el cuadro siguiente se pone de manifiesto en el caso de un cultivo de apio.



### Lixiviación de nutrientes en apio con fertirrigación bajo diferentes niveles de agua aportada.

Riego mm	Lluvia mm	Drenaje mm	Lixiviación de nutrientes en kg/ha				
			N	P	K	Ca	Mg
137	71	38	10	0	6	163	48
214	71	54	20	0	5	242	67
281	71	71	49	0	8	269	70
337	71	110	61	0	10	324	90

Fuente: Rincón y col. (2004)

## 9.2. Mejora de la eficiencia del agua de riego y de los fertilizantes en fertirrigación

El riego por goteo posibilita aportar conjuntamente el agua y los nutrientes con elevada eficacia a disposición directa de las raíces de la planta, dentro de la técnica denominada “fertirrigación”.

La ventaja más importante de la fertirrigación es, entre otras, la de incorporar el agua y los nutrientes de acuerdo con la demanda de la planta.

Además, la fertirrigación permite atender de forma continua la nutrición de la planta, lo que implica un cambio total en los conceptos de nutrición hídrica y mineral respecto a la fertilización tradicional, habiéndose comprobado en numerosos trabajos y distintas condiciones que la aportación de fertilizantes en fertirrigación localizada mejora la eficiencia del uso del agua y los fertilizantes de los cultivos.



Otra ventaja directa de la fertirrigación en los riegos localizados de alta frecuencia, es la posibilidad de distribuir el agua y los nutrientes de acuerdo con las necesidades del cultivo, mejorando la eficacia de ambos factores de producción.

No obstante, algunos problemas se pueden plantear en el desarrollo de la fertirrigación, siendo los más sobresalientes la concentración, equilibrio, interacción y lavado de nutrientes en los bulbos húmedos, lo que exige utilizar datos de suelo y planta que optimicen la eficiencia del agua y los fertilizantes.

En el contexto económico actual, la fertirrigación debe plantearse con dos objetivos principales:

- Consecución de la producción óptima, entendiendo por producción óptima aquella que produce los rendimientos económicos más altos y no la que induce a la mayor producción en valor absoluto.
- Producir el mínimo riesgo de contaminación ambiental.

## Efecto del abonado nitrogenado

El nitrógeno es después del potasio el nutriente absorbido en mayor cantidad por los cultivos hortícolas, obteniéndolo del suelo por absorción de las raíces en forma iónica, preferentemente en forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) y menos como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

El nitrógeno en el suelo se encuentra en un 99 % en la materia orgánica, el resto está fijado en el complejo arcillo-húmico en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y en forma de ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la disolución del suelo.

Aun siendo importantes las reservas de nitrógeno orgánico en el suelo, en fertirrigación localizada la liberación de nitratos es insuficiente para compensar la demanda de los cultivos hortícolas de alto valor económico, por lo que es necesario suplir sus requerimientos mediante la práctica de la fertilización.

Habría que considerar tres aspectos: las dosis de abonado, la forma química y la época de aplicación.

### Dosis

Generalmente, la respuesta de los cultivos al abonado nitrogenado es alta cuando las dosis son bajas. A medida que la dosis crece, el aumento de la producción por unidad de fertilizante adicional disminuye hasta llegar a un valor a partir del cual (dosis crítica) los incrementos de abonado ya no aumentan la producción. Sin embargo, cuando la cantidad de nitrógeno fertilizante aplicado excede a la dosis crítica, la lixiviación del nitrato aumenta. Así pues, la dosis de abonado nitrogenado debería ser próxima a esta dosis crítica, la cual depende del cultivo, del nitrógeno mineral presente en el suelo antes del abonado, del contenido en materia orgánica de los suelos y de otros factores, pero en suelos normales oscila aproximadamente entre 150 – 300 kg N/ha para la mayoría de los cultivos hortícolas.

### Forma química

Las principales formas químicas del nitrógeno en el suelo son la orgánica y la mineral. Los estiércoles aportan nitrógeno fundamentalmente en forma orgánica (aunque algunos, como la gallinaza y los purines, tienen una fracción importante de nitrógeno en forma mineral), mientras que los fertilizantes aportan el nitrógeno en forma mineral.

La principal diferencia desde el punto de vista de las plantas es su disponibilidad: las plantas solo absorben de manera apreciable el nitrógeno mineral (principalmente el nitrato y el amonio); el nitrógeno orgánico no se absorbe apenas por las plantas y necesita convertirse en nitrato y amonio previamente, mediante el proceso denominado mineralización. En el suelo, el amonio tiende a convertirse en nitrato gracias a la acción de algunos microorganismos del suelo. La forma química de nitrógeno más fácilmente asimilable por las plantas es el nitrato, seguida por el amonio, la urea y las formas orgánicas.

### Época de aplicación

El momento de aplicación y la forma química del abono nitrogenado son importantes porque ambos factores influyen en la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, cerca de las raíces, en un momento determinado. La demanda de nitrógeno por los cultivos es pequeña en los primeros estadios de desarrollo y aumenta mucho en la fase de crecimiento rápido. Por esta razón, se suele aportar una pequeña fracción de las necesidades totales en un primer abonado de fondo, previo a la siembra o trasplante, y el resto, en una o dos aplicaciones más (al inicio de la fase de crecimiento y en la mitad aproximadamente de esta fase).

Otros factores que influyen en la eficiencia de utilización de nitrógeno por los cultivos son la textura y profundidad del suelo, la profundidad del sistema radicular de las plantas y la eficiencia del riego.



Cultivo de lechuga Iceberg (Foto: M. Gutiérrez)

## Necesidades de abonado

Existen varios sistemas para determinar las necesidades de abonado nitrogenado en los cultivos hortícolas. Uno de estos sistemas bastante utilizado en algunos países de Europa es el denominado método del **N<sub>min</sub>** (nitrógeno mineral). En este método se considera que cada cultivo necesita disponer de una cierta cantidad de nitrógeno mineral en el suelo durante el periodo de cultivo. Esta exigencia de nitrógeno se puede satisfacer a través de diferentes fuentes: el abonado, el nitrógeno mineral en el suelo al inicio del cultivo (procedente en su mayor parte de lo que queda en el suelo al final del cultivo anterior), la mineralización de la materia orgánica del suelo y de los residuos orgánicos añadidos al suelo (incluyendo los estiércoles y los residuos en cosecha), y en algunos casos el nitrógeno en el agua de riego. Así pues, la dosis de nitrógeno a aplicar en cada caso sería:

$$\text{Abonado} = \text{Requerimientos del cultivo} - \text{N}_{\text{min}} \text{ en el suelo al inicio} - \text{mineralización del N orgánico} - \text{N en el agua de riego}$$

Por tanto, para determinar el abonado adecuado hay que determinar todos los términos anteriores. En la tabla 1 se dan los requerimientos de varios cultivos hortícolas que se emplean en las recomendaciones de abonado en Alemania. El nitrógeno mineral del suelo al inicio o inmediatamente antes de la siembra es otro factor importante y para determinarlo se requiere analizar el suelo.

La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo (incluyendo los residuos vegetales y los abonos orgánicos) necesita evaluarse también y depende principalmente, de los residuos del cultivo anterior y de la textura del suelo. En la tabla 2 se dan unas cifras orientativas para diferentes suelos. En general, el contenido de materia orgánica de los suelos arenosos es inferior al de los suelos francos, y la de estos inferiores a la de los arcillosos. En la tabla 3 se presenta el contenido de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos, así como sus tasas anuales de mineralización.

El aporte de nitrógeno con el agua de riego depende sobre todo del contenido de nitrógeno de esta agua; por ejemplo, si a un cultivo se aplica un total de 3.500 m<sup>3</sup>/ha de agua con un contenido de nitrato de 50 mg/l, la entrada de nitrógeno al suelo con el agua de riego será de 40 kg/ha (el nitrato contiene un 22,6 % de nitrógeno). Actualmente hay medidores portátiles relativamente económicos que permiten determinar fácilmente el contenido de nitrato en el agua de riego.

Como se puede observar en la tabla 1, la mayoría de los cultivos hortícolas necesitan tener a su disposición en el suelo cantidades de nitrógeno que oscilan entre los 100 kg/ha para los menos exigentes, hasta los 300 kg/ha para los más exigentes. La profundidad de suelo especificada en la tabla está relacionada con la profundidad efectiva de raíces en los diferentes cultivos.

En la tabla 4 se establecen algunas recomendaciones de fertilización nitrogenada en algunos cultivos hortícolas presentes en nuestra comunidad.

*Tabla 1. Necesidades de nitrógeno de algunos cultivos hortícolas*

Cultivo	Producción t/ha	Necesidades (kg N/ha)	Profundidad de muestreo suelo (cm)
Brócoli	20	310	60
Cebolla	60	120	60
Col de hoja	80	300	90
Coliflor	40	300	60
Espinaca	30	180	30
Lechuga	50	140	30
Puerro	50	220	60
Zanahoria	20	100	60

En la mayoría de los cultivos de invierno y fundamentalmente las brassicas, Col de hoja, coliflor y brócoli, así como alguna de la familia de las liliáceas, puerro, son especies en general bastante esquilmanes en nitrógeno, y sus necesidades son relativamente mucho más altas.

**Tabla 2. Nitrógeno procedente de la mineralización del humus del suelo según su textura (\*)**

Materia orgánica del suelo (%)	Nitrógeno anual mineralizado (kg/ha)		
	Suelo arenoso	Suelo Franco	Suelo arcilloso
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-45	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-50
3,0	-	-	30-60

(\*) Tomado del Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. Valores orientativos.

**Tabla 3. Contenido de nitrógeno en los principales fertilizantes orgánicos**

Tipo de fertilizante	Riqueza % N	% N mineralizado 1º año
Estiércol de bovino	1-2	20-30
Estiércol de oveja	2-2,5	40-50
Estiércol de porcino	1,5-2	40-50
Purines de porcino	0,4 (materia húmeda)	
Gallinaza	2-5	60-90
Lodos de depuradora	2-7	30-40
Compost de residuos sólidos urbanos	1-1,8	15-20

**Tabla 4. Recomendaciones de fertilización nitrogenada en algunos cultivos hortícolas en Aragón**

Cultivo	Dosis Total	Abonado Fondo	Abonado Cobertera	Nº coberteras
Alcachofa 1º año (con estiércol)	160	0	160	2-3
Alcachofa 1º año (sin estiércol)	220	60	160	2-3
Alcachofa de 2º año	80	-	80	1-2
Alcachofa en aspersión	180-200	60	120-140	3
Ajo	140	40	100	2
Berenjena (con estiércol)	120-130	0	120-130	2-3
Berenjena (sin estiércol)	170-180	0	120-130	2-3
Calabacín	145	45	100	2-3
Cebolla	160	60	100	2-3
Coliflor	175-200	50	125-150	2-3
Col Bruselas	180-200	50	130-150	2-3
Espárrago seco	100	0	100	1
Espárrago regadío	180-200	-	180-200	2-3
Espinaca (aspersión)	140	40	100	3-4
Guisante verde	30	30	0	0
Melón riego a surcos	160	50	110	2-3
Patata	110	40	70	2
Pimiento	100-130	0-30	100	2-3
Puerro	150	50	100	2-3
Tomate de industria	90-110	40-50	50-60	2

## Absorción de nutrientes por los cultivos

En la absorción de nutrientes por los cultivos, diversos factores influyen en las cantidades totales absorbidas, entre las que cabe citar: el clima, el suelo, agua de riego, técnica de cultivo, cultivar y rendimiento de cosecha esperada.

En la tabla 5 mostramos las extracciones totales de la lechuga iceberg obtenidas por diversos autores.

Se observa que los valores reflejados son poco concordantes entre autores, tanto en las cantidades extraídas como en el equilibrio entre nutrientes, debido fundamentalmente a la variabilidad de las condiciones de cultivo y producción, siendo deseable en cualquier caso poder disponer de referencias locales para ajustar unos u otros valores.

*Tabla 5. Extracción total de nutrientes por la lechuga*

Fuente	Producción (t/ha)	kg/ha de					Condiciones
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	
Zink y Yamaguchi (1962)	-	87	25	190	30	11	Iceberg aire libre
Knolt (1962)	47	106	31	233	51	22	Aire libre
Anstett	25	55	20	120	35	10	Aire libre
Anstett	24,3	67	28	127	29	9,7	Cultivo forzado
Stefhan (1973)	45	100	50	250	-	-	Invernadero
Maroto (1986)	-	60-120	30-50	100-150	-	-	Aire libre
Miguel (1987)	-	175	90	125	-	-	
Odet (1989)	-	100-150	50-60	200-280	-	-	Aire libre
Rincón et al. (1991)	45	95	38	242	38	15	Iceberg. Aire libre. Invierno
Rincón et al. (1991)	45	84	29	196	32	12,5	Lechuga Iceberg
Maynard y Hochmuth (1997)	-	168	90-170	90-170	-	-	Aire libre
Pomares (2000)	32,5	85	26	-	-	-	Lechuga

## Absorción de nutrientes en función del tiempo

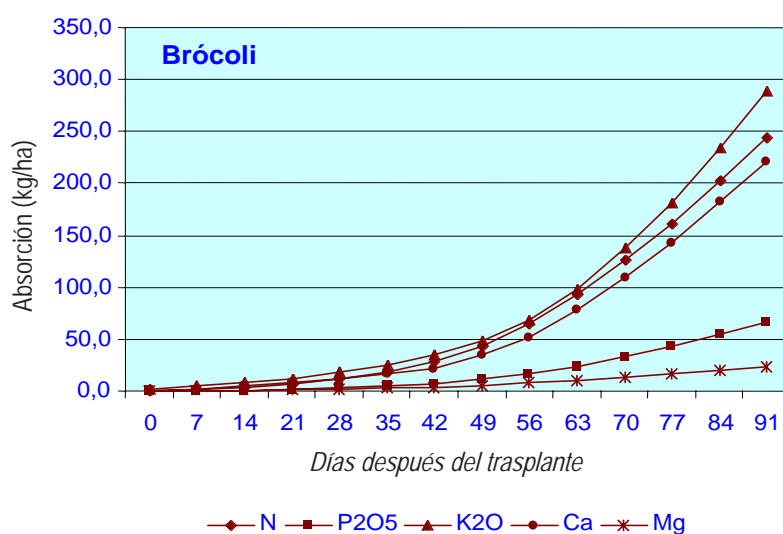
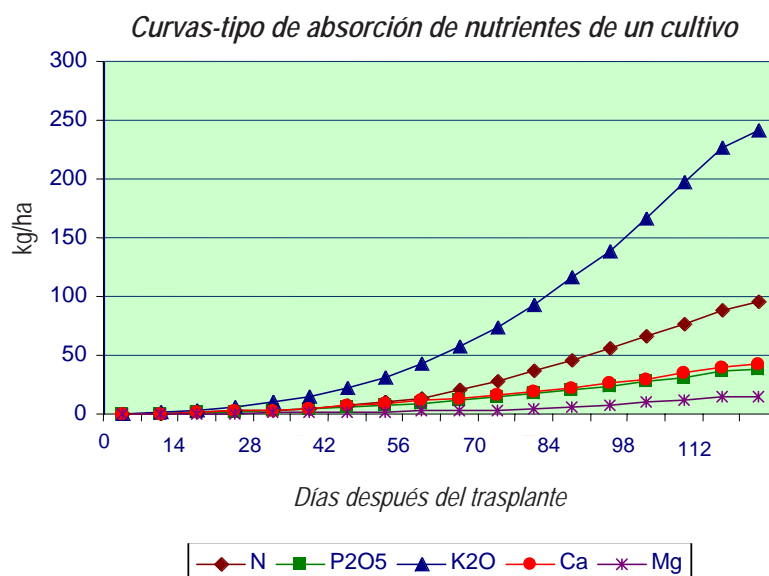
La curva de extracción de nutrientes por el cultivo en función del tiempo es la información básica más importante para programar eficazmente la fertirrigación, y la fertilización en cualquier caso, permitiendo ajustar las aportaciones de nutrientes a las extracciones de la planta.

La planta absorbe los nutrientes de la solución del suelo en cantidad y equilibrio según fase vegetativa.

Para evaluar los nutrientes en función del tiempo, deben ser conocidos la producción de materia seca y el porcentaje de nutrientes en la materia seca.

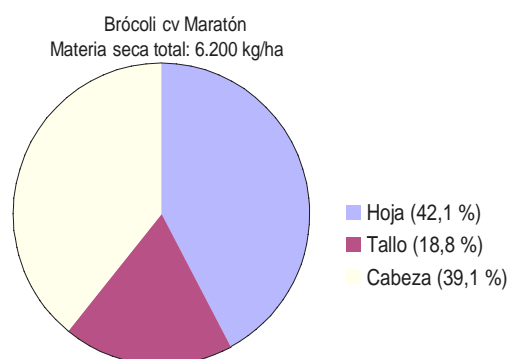
En las figuras siguientes ponemos de manifiesto algunas de estas curvas de absorción, en un principio de manera general, y en el caso de un cultivo hortícola como el brócoli.





En el caso del brócoli, la contribución de cada parte de la planta en el total de la biomasa producida por el cultivo, puede verse en la figura que sigue.

*Contribución de los distintos órganos en la producción total de biomasa del brócoli*



La representación de la absorción de nutrientes en función del tiempo mediante curvas no es práctica por lo que la información debe darse en forma de tabla donde se especifique la absorción en cada periodo de programación, generalmente semanal. En nuestro caso ponemos el mismo ejemplo para el cultivo de brócoli y un ejemplo de tabla para otro cultivo hortícola como el melón.

Los datos proceden de la información facilitada por Luis Rincón Sánchez, del IMIDA de Murcia, especialista en fertirrigación de cultivos hortícolas.

*Tabla de absorción de nutrientes (kg/ha). Brócoli*

d.d.t.*	Nutrientes (kg/ha)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
0-7	1,2	0,3	2,4	1,3	0,2
8-14	1,8	0,5	3,36	2,4	0,3
15-21	3,1	0,8	4,5	3,4	0,4
22-28	4,9	1,2	5,8	3,5	0,59
29-35	7,2	1,8	7,6	4,4	0,9
36-42	9,2	2,8	8,6	5,7	1,2
43-49	14,5	3,7	13,2	12,6	1,63
50-56	21,5	5,2	20,8	17,7	2,3
57-63	27,9	7,1	29,8	25,7	2,44
64-70	33,4	9,5	39	31,4	2,5
71-77	36	10,1	43,6	33,9	3,2
78-84	40,1	11,5	52,8	38,9	3,4
85-91	42,3	11,8	55,6	39,6	3,9

\* días después del trasplante

*Tabla de absorción de nutrientes (kg/ha). Melón*

d.d.t.*	Nutrientes (kg/ha)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
0-15	4	2	5	5	2
15-30	6	3	15	10	3
30-45	10	5	30	15	5
45-60	20	10	45	20	10
60-75	25	15	65	25	15
75-90	35	20	75	30	20
90-105	45	20	70	30	15
105-120	35	15	65	20	10
120-135	30	10	50	15	5
135-150	15	5	30	5	5
<b>Total</b>	<b>225</b>	<b>105</b>	<b>450</b>	<b>175</b>	<b>90</b>

\* días después del trasplante

## Referencias bibliográficas:

- Ramos, C. El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
- Maroto, J.V., 1990. Elementos de horticultura general.
- Maroto, J.V. 1989. Horticultura herbácea especial.
- Rincón L.F. La fertilización de la lechuga Iceberg.
- Gutiérrez, M, 2006. Riego y fertilización eficientes en horticultura. Escuela Agraria de Cogullada. Seminario.





# Capítulo 10

## La fertilización nitrogenada y el cultivo de la alfalfa

*Autor:*

*Ignacio Delgado Enguita*

*Fernando Muñoz Pérez*

Unidad Tecnología Producción Animal. C.I.T.A.

Unidad Tecnología Producción Animal. C.I.T.A.



## La fertilización nitrogenada y el cultivo de la alfalfa

### 10.1. Fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas

El nitrógeno es un elemento esencial en las plantas, ya que entra a formar parte de la composición de las proteínas. Este elemento que se encuentra muy abundante en la atmósfera y en algunas rocas, apenas es asimilable de esta forma por la mayoría de las plantas. Solo algunos microorganismos, entre los que se hallan las bacterias del género *Rhizobium*, son capaces de transformar el nitrógeno atmosférico en orgánico. Dichos microorganismos viven en simbiosis con las leguminosas, o sea, se ayudan mutuamente. Para ello, se fijan a sus raíces formando nódulos blanquecino-rosáceos, en los que fijan el nitrógeno atmosférico. A través de los nódulos, las bacterias trasvasan el nitrógeno a las leguminosas y, a cambio, éstas proporcionan otros nutrientes a las bacterias.

La propiedad de aprovechar el nitrógeno atmosférico por mediación de las bacterias es casi exclusiva de las leguminosas, por lo que las especies que pertenecen a esta familia no necesitan fertilización nitrogenada para su crecimiento, alcanzando las máximas producciones, siempre que no haya limitaciones en el suelo de otros minerales importantes como el fósforo, el potasio, el calcio, el azufre, el boro o el molibdeno.

Las leguminosas, una vez que se levanta el cultivo, dejan en el suelo gran cantidad de nitrógeno orgánico, procedente principalmente de las raíces y coronas de las plantas, que puede ser aprovechado por el cultivo siguiente. Desde que los agricultores descubrieran estas propiedades, aunque fuera intuitivamente, las han utilizado en las rotaciones de cultivo para aprovechar este enriquecimiento del suelo y mejorar los rendimientos de la siguiente cosecha.

De entre todas las leguminosas sobresale la alfalfa por su elevada capacidad productiva de forraje, la cual llega a fijar hasta 463 kg de nitrógeno atmosférico por hectárea y año, que utiliza en su mayor parte para la producción de proteína propia (Vance *et al.*, 1988).

El nitrógeno atmosférico también puede fijarse industrialmente mediante procesos de catalización llevados a cabo por las industrias químicas, que lo ponen a disposición de los agricultores principalmente en forma de urea, nitrato amoniacal y nitrato nítrico. Esta disponibilidad ha sido uno de los principales motores de los elevados rendimientos alcanzados por las cosechas en la agricultura moderna. Aunque su precio es elevado, la utilización del nitrógeno mineral se ha hecho imprescindible para lograr altos rendimientos, lo que ha conducido al uso abusivo de la fertilización mineral nitrogenada, incluyendo a cultivos como la alfalfa que no la necesitan. Dicho abuso está ocasionando la contaminación de ríos y acuíferos, debido al lavado del nitrógeno no utilizado por las plantas.

### 10.2. La fertilización nitrogenada de cobertera en el cultivo establecido de alfalfa

La fertilización nitrogenada de la alfalfa es una práctica cuestionada generalmente en los alfalfares establecidos, porque la planta asimila el nitrógeno atmosférico que la bacteria *Rhizobium meliloti* fija simbióticamente en los nódulos formados en sus raíces y el abonado nitrogenado no mejora la producción anual de forraje o lo hace de una forma no rentable (Lee y Smith, 1972). Los ensayos llevados a cabo en el valle del Ebro así lo han puesto de manifiesto, mostrando que el abonado mineral nitrogenado no aumenta la producción de forraje (Hidalgo, 1969; Lorenzo y Labayen, 1973; Lloveras *et al.*, 2000), ni tampoco el foliar en base a aminoácidos (Miret y Santilari, 1988).

De los diferentes estudios que se han llevado a cabo, se extraen diversas conclusiones a tener en cuenta a la hora de aportar fertilizantes:

- La alfalfa tiene capacidad para obtener el nitrógeno que necesita a través de la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias nitrificantes instaladas en los nódulos de las raíces.
- Ahora bien, si a la planta se le aporta nitrógeno en forma mineral (abonos nitrogenados), orgánica (purines, etc) o foliar (aminoácidos), aquella utiliza los abonos aportados con preferencia y deja de fijar nitrógeno.
- Los rendimientos no se incrementan con el abonado mineral, pero los gastos del cultivo sí.
- Hay casos excepcionales en los cuales la aportación de fertilizantes nitrogenados puede mejorar el rendimiento del cultivo, como son en los alfalfares mal establecidos o a la salida del invierno, cuando las bajas temperaturas reducen la actividad de las bacterias nitrificantes. En estos casos, una pequeña aportación de fertilizante nitrogenado es recomendable.

A pesar de estas recomendaciones, se constata por una encuesta efectuada por Ruiz et al. (1993) en Aragón, el 100 % de los agricultores realiza habitualmente aportaciones nitrogenadas en forma mineral, del orden de 50 unidades fertilizantes por ha y año. Asimismo, el 15 % de los agricultores encuestados llevó a cabo aplicaciones de abono foliar en forma de aminoácidos y de boro+magnesio, en número y cuantía no especificadas en las encuestas, en la convicción de que dichas aportaciones incrementan notablemente la producción de forraje. Otra encuesta realizada reciente por Fuentes y Lloveras (2003), indica que en España se aporta abono nitrogenado de mantenimiento en el 80% de los alfalfares, a razón de 50 kg por hectárea y año, y se realizan aplicaciones de aminoácidos o de boro, en el 50% de los mismos.

Con el fin de contrastar la información disponible y obtener resultados propios sobre el efecto del abonado nitrogenado mineral o foliar, se llevó a cabo un ensayo comparativo en un alfalar de regadío de segundo año, en Zaragoza, utilizando cinco dosis de abono nitrogenado y foliar, distribuidos en diferentes aportaciones, y una de boro (Delgado *et al.*, 2002 a). Las dosis y forma de distribución fueron las siguientes:

- Testigo, sin abonado nitrogenado.
- 50 unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea en forma nítrica-amoniacal del 33,5 % de riqueza, aportadas a la salida del invierno.
- 100 unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea en forma nítrica-amoniacal del 33,5 % de riqueza, 50 unidades aportadas a la salida del invierno y 50 unidades después del 2º corte.
- 300 unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea en forma nítrica-amoniacal del 33,5 % de riqueza, 50 unidades aportadas a la salida del invierno y 50 unidades después de cada uno de los cortes, salvo el último.
- Aplicación de abono foliar (2,73% de nitrógeno total) sobre el cultivo en crecimiento, en los ciclos productivos primero y tercero, a la dosis de 4 litros por hectárea y tratamiento de producto comercial (Aminobull 13), diluidos en agua para su aplicación con mochila a razón de 160 litros por hectárea.
- Aplicación foliar de quelato de boro (14 % p.v.-10 % p.p.) sobre el cultivo en crecimiento, en todos los ciclos productivos, a la dosis de 1,5 litros por hectárea y tratamiento de producto comercial (Magriboro), diluidos en agua para su aplicación con mochila a razón de 160 litros por hectárea.

Para el estudio comparativo de los seis tratamientos, se marcaron parcelas de 25 metros cuadrados cada una. La misma dosis se repitió en cuatro parcelas elegidas al azar para compensar, calculando la media, las posibles variaciones que pudiera haber en el alfalar. Se evaluaron en total 24 parcelas.

Las producciones de forraje, obtenidas con las diferentes aplicaciones de abono, se presentan en la Tabla 1. Analizadas estadísticamente, se apreció que la producción de forraje no varió en función del tipo de aplicación realizada. Produjeron lo mismo las parcelas no abonadas que aquellas que recibieron la aportación máxima de 300 unidades de nitrógeno por hectárea o la aplicación de aminoácidos.

**Tabla 1. Producción de materia por hectárea, en un alfalfar de segundo año, en los diferentes cortes, en función de las aportaciones de abono nitrogenado y de boro**

Tratamiento	Corte 1 kg/ha	Corte 2 kg/ha	Corte 3 kg/ha	Corte 4 kg/ha	Corte 5 kg/ha	Corte 6 kg/ha	Total año kg/ha
1. 0 kg N/ha	3.625	3.734	2.708	2.641	2.322	1.328	16.357
2. 50 kg N/ha	3.132	3.703	2.967	2.519	2.164	1.328	15.812
3. 100 kg N/ha	3.396	4.110	2.900	2.538	2.306	1.287	16.537
4. 300 kg N/ha	3.039	3.892	2.843	2.529	2.365	1.178	15.845
5. Abono foliar	3.511	4.040	2.997	2.720	2.389	1.286	16.943
6. Boro	3.485	3.758	3.201	2.500	2.456	1.444	16.844
Media	3.364,8	3.864,4	2.936,0	2.574,3	2.333,4	1.308,5	16.389,7
Significación	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = No significativo ( $P > 0,05$ ).

El contenido en proteína bruta del forraje de cada corte se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2. Contenido en proteína bruta por cortes, en un alfalfar de segundo año, en función de diferentes aportaciones de abono nitrogenado y de boro**

Tratamiento	Corte 1 %	Corte 2 %	Corte 3 %	Corte 4 %	Corte 5 %	Corte 6 %
1. 0 kg N/ha	22,27	23,47	28,81	19,57 a	24,01	20,32
2. 50 kg N/ha	23,17	23,57	22,64	19,66 a	23,75	20,37
3. 100 kg N/ha	22,90	22,06	21,14	19,71 a	23,93	20,23
4. 300 kg N/ha	22,23	22,72	23,01	19,26 a	23,38	19,14
5. Abono foliar	22,82	25,08	22,19	18,88 ab	23,64	19,66
6. Boro	22,82	23,63	22,03	18,03 b	23,41	20,25
Media	22,70	23,42	23,28	19,18	23,69	19,99
Significación	NS	NS	NS	*	NS	NS

NS = No significativo; \* = Significativo al nivel de  $P < 0,05$ .

Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativas.

Se observa, asimismo, que las aportaciones de abono nitrogenado no modificaron el contenido en proteína bruta de la alfalfa. Solamente, las parcelas tratadas con quelato de boro tuvieron contenidos en proteína bruta ligeramente inferiores.

Se deduce de este Experimento que, en el alfalfar en estudio, no era preciso aportar abonado nitrogenado de mantenimiento. Esta conclusión podría trasladarse a alfalfares similares, localizados en lugares donde el cultivo de la alfalfa es tradicional, y es coincidente con las conclusiones de numerosos experimentos recogidos en otras publicaciones.



Campos de alfalfa en Monegros

No disponemos de datos propios sobre la conveniencia o no de aportar abono nitrogenado durante el primer año de establecimiento del alfalfar. Las encuestas citadas anteriormente muestran que el 84% de los agricultores en Aragón y el 70% en España aportan 50 kg de nitrógeno por hectárea de media como abonado de fondo con las labores de siembra. Algunos trabajos publicados recomiendan realizar inicialmente pequeñas aportaciones de nitrógeno para facilitar el establecimiento del alfalfar, aunque otros trabajos indican que la aportación de nitrógeno dificulta la fijación a las raíces de las bacterias nitrificantes.

### 10.3. Efecto de la fertilización nitrogenada tras el corte sobre la capacidad de rebrote de la alfalfa

Durante el crecimiento, la alfalfa acumula en las raíces y en la corona como reservas el exceso de sustancias nutritivas producidas por la fotosíntesis en forma de carbohidratos y de proteínas. Tras la siega del alfalfar, las plantas quedan desprovistas de hojas para realizar la fotosíntesis, por lo que utilizan las reservas acumuladas para iniciar el nuevo rebrote. Dichas reservas descienden progresivamente durante los próximos 10 a 14 días, periodo al final del cual la planta alcanza una altura aproximada de 30 cm y vuelve a producir reservas en exceso, las cuales utiliza para reponer las consumidas en el rebrote inicial.

La evolución de las reservas nutritivas que la planta acumula en su parte enterrada, puede resumirse en la Figura 1.

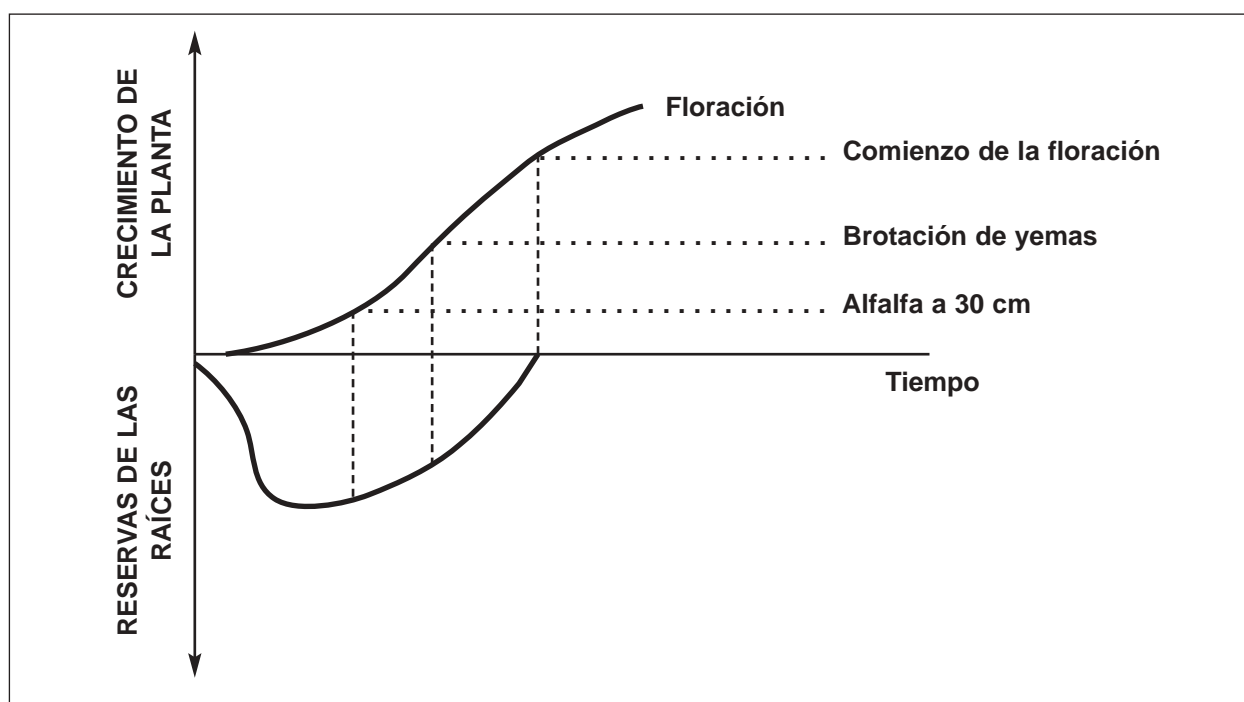


Figura 1. Evolución del crecimiento y de las reservas nutritivas de las raíces de la alfalfa después de un corte, según Plancquaert (1979)

Entre las reservas que la planta consume están las proteínas almacenadas en la raíz para proveerse de nitrógeno en los primeros estadios de crecimiento del rebrote tras el corte. Ello nos ha hecho sugerir que si se aportaba abono nitrogenado a la alfalfa tras el corte, la planta aprovecharía preferentemente el nitrógeno del abonado y no movilizaría las proteínas de la raíz, lo que podría contribuir a mejorar la capacidad de rebrote de la planta tras el corte y el vigor del alfalfar.

Para comprobarlo se llevó a cabo un estudio, sembrando la alfalfa como en un cultivo normal, pero en contenedores de plástico de 50 litros de capacidad para controlar mejor la aportación del abono nitrogenado a las plantas y facilitar el pesado y análisis de las raíces mediante el vaciado de los contenedores (Delgado *et al.*, 2002 b). Se utilizaron 128 contenedores en total.

El experimento consistió en la aportación de 50 kg de nitrógeno por hectárea en forma de nitrato nítrico-amoniaco del 33,5% de riqueza después de cada corte, a la mitad de los contenedores. El manejo fue el habitual en un alfalfar. Al llegar a los cortes cuarto y quinto, se fueron vaciando tres contenedores cada tres días y se pesaron y analizaron todas las partes de las plantas de cada contenedor. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.

*Tabla 3. Evolución de la altura y de la producción de materia seca por hectárea, de las diferentes partes de la alfalfa a lo largo de un ciclo de crecimiento (media de los cortes cuarto y quinto), en función de la fertilización nitrogenada después del corte: 0 y 50 unidades por hectárea*

Días des- de corte	Altura de la planta cm		Hojas kg/ha		Tallos kg/ha		Raíces kg/ha		Coronas kg/ha	
	0 N	50 N	0 N	50 N	0 N	50 N	0 N	50 N	0 N	50 N
3	1,0	1,0	-	-	-	-	6.329	6.235	1.797	1.727
7	11,2	10,7	491	518	49	74	5.840	6.090	1.791	1.845
10	22,0	24,7	876	999	418	431	4.627	5.035	1.661	1.880
14	30,8	31,4	1561	1614	1155	1020	5.785	4.980	2.244	1.982
17	36,5	41,0	1940	1973	1342	1385	5.796	5.777	2.152	2.320
21	43,7	44,4	2060	2315	1488	1797	5.467	6.844	1.943	2.153
24	48,0	47,2	2464	2241	1896	1776	7.188	6.159	2.338	2.242
28	50,4	48,3	2659	2623	2249	2227	7.719	7.714	2.579	2.512
<b>Signific.</b>	NS		NS		NS		NS		NS	

NS = No significativo

Del estudio realizado se desprende que el abonado nitrogenado aportado tras el corte no alteró la capacidad de rebrote, ni la altura, ni la producción de materia seca de las diferentes fracciones de la planta.

En lo que respecta a la evolución del contenido en proteína bruta de las raíces, corona, tallos y hojas de la planta a lo largo del periodo de crecimiento, los resultados se presentan en la Tabla 4.

*Tabla 4. Evolución del contenido en proteína bruta de las diferentes partes de la alfalfa a lo largo de un ciclo de crecimiento (media de los cortes cuarto y quinto), en función de la fertilización nitrogenada después del corte: 0 y 50 unidades por hectárea*

Días	Hojas %		Tallos %		Raíces %		Corona %	
	0 N	50 N	0 N	50 N	0 N	50 N	0 N	50 N
3	-	-	-	-	13,59	13,35	11,02	12,65
7	42,05	43,74	-	-	12,97	12,14	10,6	11,30
10	40,39	40,67	25,67	26,82	12,11	11,19	9,07	10,60
14	35,23	34,54	19,72	17,68	11,55	11,01	10,65	10,47
17	32,62	32,60	13,74	13,32	12,16	11,64	8,525	8,88
21	30,60	29,86	11,06	11,37	12,45	12,39	8,75	9,61
24	30,12	29,66	10,07	10,14	12,49	11,62	9,05	9,34
28	26,35	25,54	10,26	9,96	13,36	12,05	10,77	10,07
<b>Significación</b>	NS		NS		NS		NS	

NS = No significativo

Tampoco se apreciaron diferencias significativas en el porcentaje de proteína bruta de las diferentes fracciones de la planta atribuibles a la fertilización nitrogenada en el momento del corte.

Analizando más detenidamente los resultados se aprecia que, lo mismo en los contenedores abonados como no abonados, el peso y porcentaje de proteína bruta de la raíz descendió hasta el día décimo siguiente al corte, a partir del cual se inició su recuperación, que se completó en los siete días siguientes. En lo que respecta a la corona, la evolución del peso y porcentaje de proteína bruta fue diferente. El peso siempre aumentó. Dicho incremento pudo deberse a que la corona se ensancha de corte en corte. El contenido en proteína bruta se incrementó en los primeros días, pero fue debido a la aparición de los nuevos rebrotes, los cuales se incluyeron en la muestra a analizar debido a su pequeño tamaño, mejorando los resultados del análisis.

Como conclusión de este experimento sobre la movilización de las reservas nitrogenadas de la raíz que tienen lugar después del corte, hubo efectivamente movilización, pero la fertilización con nitrógeno mineral no mejoró el vigor inicial ni la producción total de materia seca o de proteína bruta. Las reservas de proteína estuvieron descendiendo hasta dos semanas después del corte, lo que se manifestó por una pérdida de peso de la raíz de hasta el 39 %, y del 20 % de la proteína bruta. No obstante, las reservas se recuperaron en la semana siguiente sin la acción, aparentemente, de la fertilización nitrogenada. La movilización de las reservas de la corona no fue tan patente y quedó enmascarada por el incremento de peso de la misma.

#### 10.4. La alfalfa como capturadora del exceso de nitratos del suelo

El nitrógeno contenido en las deyecciones animales es, en parte, responsable de la contaminación de las aguas freáticas y superficiales.

Como ya se ha indicado anteriormente, la alfalfa puede cubrir sus necesidades de nitrógeno para producir proteínas vegetales, gracias a su convivencia con la bacteria *Rhizobium meliloti* que fija el nitrógeno atmosférico a través de los nódulos que forma en las raíces. Asimismo, ya se ha indicado que si a la alfalfa se le aporta abono nitrogenado, sea químico o en los purines, la planta toma con preferencia el aportado y deja de producir nódulos y fijar nitrógeno atmosférico a través de las bacterias.

Este comportamiento de la alfalfa ha promovido diferentes investigaciones encaminadas a utilizar a la planta como capturadora del nitrógeno en exceso del suelo (Beaudoin *et al.*, 1992; Daliparthy *et al.*, 1994); es decir, hacer que la planta, en lugar de fijar nitrógeno atmosférico, aproveche el nitrógeno excedente de otros cultivos o el aportado en forma de purines, lo que contribuiría a eliminar este residuo contaminante procedente de las explotaciones ganaderas. Debe tenerse en cuenta la profundidad de sus raíces, que pueden superar el metro y medio, contribuiría asimismo a captar el nitrógeno filtrado a profundidades a las que no llegan las raíces de otros cultivos.

Si se evalúa el consumo mínimo de nitrógeno de un alfalfar, se aprecia que con una producción de 12.000 kg de heno por hectárea y año, y un contenido medio de proteína bruta de la planta en verde del 22,63 % (según la Tabla 2), el cultivo exporta del orden de 374 kg de nitrógeno por ha y año. Además, en la corona y raíces queda almacenada una parte no desdeñable de nitrógeno, de al menos 150 kg por hectárea al final del cultivo. Un alfalfar consume, por tanto, 400 kg de nitrógeno por hectárea y año, y más bien 500 kg, los buenos alfalfares.



*Ensayo comparativo de abonado nitrogenado*

Lo descrito en los anteriores párrafos ha servido de idea para llevar a cabo diferentes trabajos en la Bretaña francesa, donde el problema de contaminación de las aguas superficiales y freáticas es grave, para utilizar la alfalfa como capturadora del nitrógeno aportado por los purines (Thiebeau y Le Borgne, 1999). En el estudio llevado a cabo aportaron dos dosis de purines, 37 y 74 metros cúbicos por hectárea y corte, con un valor fertilizante de 2,49 kg de nitrógeno por metro cúbico, los cuales se aplicaron dentro de las 48 horas que siguen al corte. Ello supuso una aportación total de 276 y 552 kg de nitrógeno por hectárea y año respectivamente, ya que en la Bretaña hacen cuatro cortes al año (a veces cinco), pero solamente aplican purines a los tres primeros cortes para evitar que queden restos de purines sin fijar antes de la parada vegetativa de invierno.

Los resultados obtenidos mostraron que las dos dosis de purines aportadas no modificaron la producción de forraje ni el contenido de proteínas respecto del testigo, el cual no recibió aportaciones de purines. La exportación de nitrógeno del suelo fue de 30 kg por tonelada de materia seca producida,

o sea 390 kg de nitrógeno, ya que la producción estimada fue de 13 toneladas de materia seca por hectárea. Los análisis de suelo mostraron que, a pesar de las aportaciones de purines, la alfalfa dejó el suelo empobrecido de nitrógeno, lo que indica que la planta consumió el nitrógeno aportado. En la parte del alfalfar que no recibió purines, la planta obtuvo el nitrógeno de las bacterias nitrificantes.

Experimentos similares llevados a cabo en Estados Unidos (Daliparty *et al.*, 1994) obtuvieron los mismos resultados, pero recomendaron limitar las aportaciones de purines a un equivalente en nitrógeno de 113 kg/ha y año, para evitar contaminaciones de la capa freática.

De dichos experimentos puede concluirse que la alfalfa es capaz de capturar grandes cantidades de nitratos presentes en el suelo, durante el periodo de crecimiento del cultivo, contribuyendo así a paliar la contaminación del suelo debida a los aportes de abonos nitrogenados y purines, sin variar la producción de materia seca ni el contenido en proteína del forraje.

No obstante, aunque el descubrimiento de la actividad capturadora de la alfalfa del nitrógeno libre en el suelo es muy prometedor, antes de recomendar su uso en las Zonas Vulnerables declaradas en nuestro territorio deberían llevarse a cabo estudios previos para conocer las dosis más apropiadas.

## 10.5. La alfalfa como potencial contaminadora de nitratos

Cuando se alza un alfalfar, la cantidad de nitratos que quedan en el suelo en las coronas y raíces dejadas en el campo, puede suponer al menos 150 kg de nitrógeno por hectárea (Tabla 5). El cálculo se establece a partir del peso y del contenido en proteína bruta de las coronas y raíces que quedan en el campo tras el alzado. En él no se incluyen los restos de la parte aérea, tallos y hojas no cosechados o pastoreados, y que incrementarían todavía más la cantidad de nitrógeno dejado en el suelo. Los cálculos que se presentan en la Tabla 5, realizados a partir de datos tomados en Zaragoza y en la Bretaña francesa, aunque son incompletos muestran la enorme cantidad de nitrógeno que puede quedar en el suelo procedente del rastrojo de un alfalfar.

*Tabla 5. Peso de las raíces y coronas, contenido en proteína bruta de las mismas y nitrógeno que queda enterrado en el momento del alzado del alfalfar, según diferentes estudios*

Localización	Raíces			Corona			Total N kg N/ha
	kg MS/ha	% PB	kg N/ha	kg MS/ha	% PB	kg N/ha	
Zaragoza	2.898	13,54	62,8	2.356	12,80	48,3	111,0 <sup>(1)</sup>
Zaragoza	10.730	13,30	228,3	4.550	12,40	90,3	318,6 <sup>(2)</sup>
Zaragoza	1.402	13,02	29,1	1.071	13,94	23,9	53,0 <sup>(3)</sup>
Zaragoza	6.424	14,29	146,9	2.326	12,07	44,9	191,8 <sup>(4)</sup>
Bretaña (Fr)	6.540	10,07	105,4	3.100	8,13	40,3	145,7 <sup>(5)</sup>

MS = Materia seca; PB = Proteína bruta; N = Nitrógeno

<sup>(1)</sup> Alfalfar de 4º año. Raíces, pesadas solamente los primeros 15 cm (Delgado *et al.*, 2005)

<sup>(2)</sup> Alfalfa de 1er año cultivada en contenedores. Peso de raíces completas (Luna y Delgado, 1993)

<sup>(3)</sup> Alfalfa de 1 año, en plantas aisladas a 0,6 m x 1 m (Ben Chaabane, 1997)

<sup>(4)</sup> Alfalfa de 1er año cultivada en contenedores. Peso de raíces completas (Delgado *et al.*, 2002)

<sup>(5)</sup> Alfalfar de 2º año (Justes *et al.*, 2001)

La liberalización de este nitrógeno dejado en el suelo por las coronas, raíces y restos de cosecha es lenta y se produce a lo largo de los años siguientes al enterrado. Vance *et al.* (1988) indican que solamente el 25 % del nitrógeno aportado por los restos de la cosecha se mineraliza en el año que sigue al levantamiento del alfalfar. Justes *et al.* (2001) muestran, en un estudio realizado en Francia, que en los 20 meses que siguen al alzado se mineraliza el 58 % del nitrógeno dejado en el suelo.



De lo expuesto anteriormente se deduce que un alfalfar no contamina nunca, siempre que haya un cultivo posterior que aproveche el nitrógeno liberado por el rastrojo de alfalfa. Por ello con el fin de evitar que la aportación nitrogenada procedente del alfalfar no se lixivie y llegue a contaminar las aguas, es preciso confeccionar un calendario de cultivos que aproveche el nitrógeno dejado por el rastrojo. La siembra de cultivos de plantas no leguminosas como el maíz, la remolacha, el trigo, etc. sería lo más conveniente. En el caso de cultivos que queden en verano en rastrojo, como el trigo, se recomienda la siembra de un cultivo de segunda cosecha (colza, pasto de Sudán, etc.) para aprovechar el nitrógeno que se mineraliza en verano y evitar su lixiviación.

## Bibliografía

- Ben Chaabane A., 1997. Estudio de la manifestación del carácter rizomatoso en la mielga. (*Medicago sativa* L.) en función del manejo del cultivo. Tesis doctoral E.T.S.E.A., Universitat de Lleida. 273 pp.
- Beaudoin N., Denys D., Muller J.C., Monbrun M.D., Ledain C., 1992. Influence d'une culture de luzerne sur le lessivage du nitrate dans les sols de Champagne crayeuse. *Fourrages*, 129, 45-57.
- Daliparthy J., Herbert S. J., Veneman P. L. M., 1994. Dairy manure applications to alfalfa: Crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. *Agronomy Journal*, 86, 927-933.
- Delgado I., 1984. La alfalfa en pastoreo. En: *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Ebro y Duero*, 157-172. Ed. M.A.P.A., Madrid.
- Delgado I., Andueza D., Muñoz F., 2003. Efecto del pastoreo otoñal sobre la producción y persistencia de un cultivo de alfalfa. *Pastos*, XXXIII (2) (en prensa).
- Delgado I., Martínez N., Andueza D., Muñoz F., 2002 a. Efecto de la fertilización nitrogenada y de la aportación de boro sobre un cultivo de alfalfa. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 333-338. CHOCARRO C., SANTIVERI F., FANLO R., BOVET I., LLOVERAS J. (Ed.). Ed. Universitat de Lleida, España.
- Delgado I., Martínez N., Andueza D., Muñoz F., 2002 b. Acción del abonado nitrogenado sobre el crecimiento y la movilización de reservas nitrogenadas de la alfalfa. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 327-332. CHOCARRO C., SANTIVERI F., FANLO R., BOVET I., LLOVERAS J. (Ed.). Ed. Universitat de Lleida, España.
- Fuentes J.A., Lloveras J., 2003. Metodología de la producción de alfalfa en España. ED. AIFE, Lleida. 78pp.
- Hidalgo F., 1969. El abonado de la alfalfa. Ed. Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa, 23 pp. Zaragoza.
- Justes E., Thiebeau P., Cattin G., Larbre D., 2001. Liberation d'azote après retournement de luzerne. *Perspectives agricoles*, 264, 22-28.
- Lee C., Smith D., 1972. Influence of nitrogen fertilizer on stands, yields of herbage and protein, and nitrogenous fractions of field-grown alfalfa. *Agronomy Journal*, 64, 527-530.
- Lorenzo J., Labayen J.M., 1973. Ensayos de abonado en alfalfa. *Actas de la XIV Reunión Científica de SEEP, Provincias Vascongadas*, 8 pp.
- Luna L., Delgado I., 1993. Efecto del manejo sobre el ritmo de crecimiento de la alfalfa. *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Ciudad Real.
- Lloveras J., Santiveri P., Pons J., Font C., Ferrán J., 2000. Efecto del abonado nitrogenado invernal en la producción y calidad de la alfalfa en los regadíos del valle del Ebro. *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes, Bragança- A Coruña-Lugo*, 255-261.
- Miret F., Santilari M., 1988. Resultados de la aplicación de aminoácidos por vía foliar, sobre la producción de forraje en las especies raygrass italiano y alfalfa. *Actas de la XXVIII Reunión Científica de SEEP, Jaca (Huesca)*, 275-286.
- Plancquaert P., 1979. *Exploitation des prairies. Techniques agricoles*. Ed. ITCF, Paris (Francia).
- Ruiz, A.; Velilla, G.; Gil, M., 1993. Comercio y producción de alfalfa en los regadíos de Aragón. *Informaciones Técnicas del Gobierno de Aragón*, 4, 27 pp.
- Thiebeau P., Le Borgne R., 1999. La Luzerne : une solution pour limiter les risques de fuites de nitrates liés aux apports intensifs de lisier en Bretagne. *Colloque « Agriculture et environnement »*. ITIA, 5ème promotion, Trie-Château, 16 abril. 7 pp.
- Vance C.P., Heichel G.H., Phillips D.A., 1988. Nodulation and symbiotic dinitrogen fixation. En: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 229-257. Hanson A.A., Ed., *Agronomy* nº 29, Madison, Wisconsin, USA.



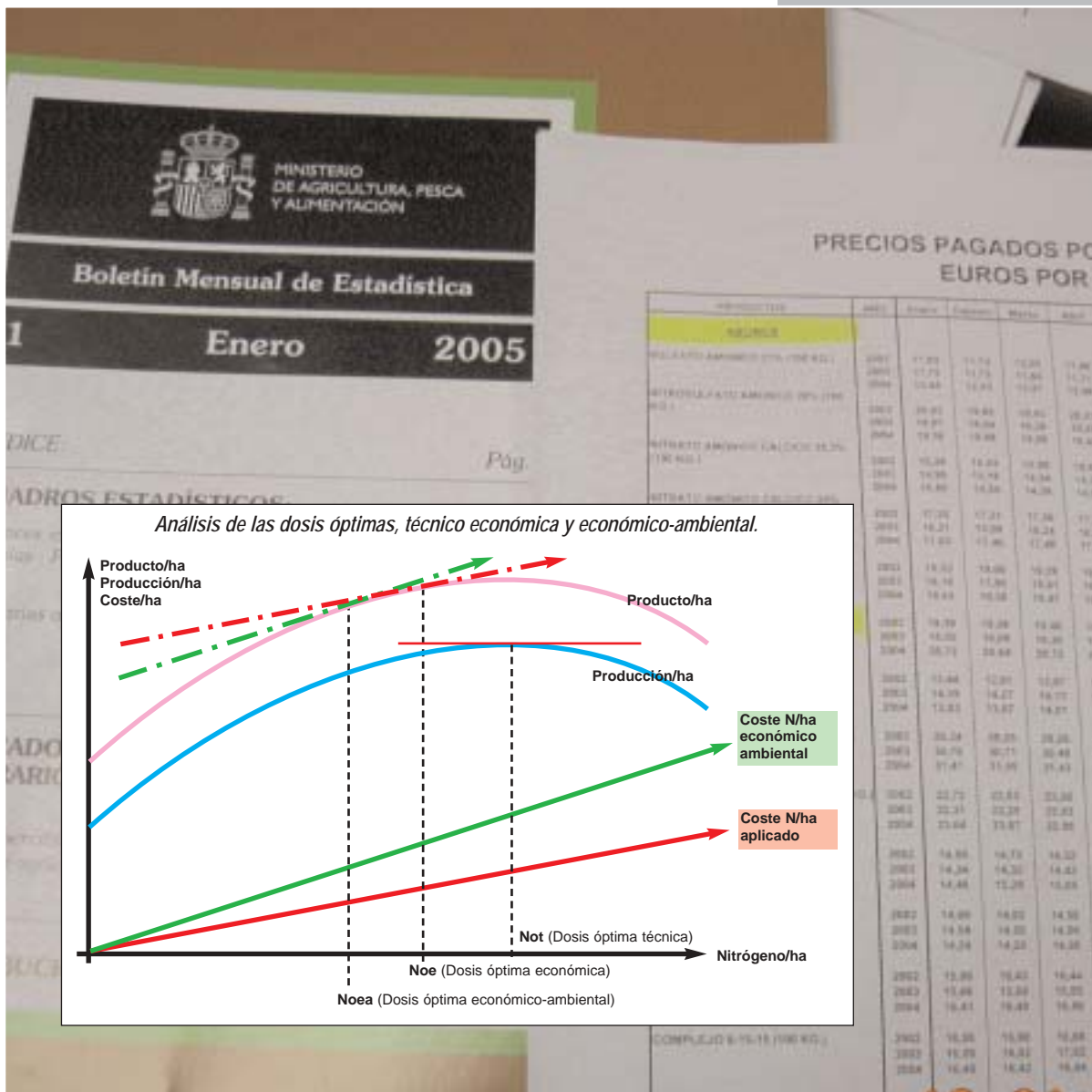
# Capítulo 11

## Economía de la fertilización en la explotación agraria

Autor:

Manuel Gil Martínez

Unidad de Gestión de Explotaciones.  
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



## Economía de la fertilización en la explotación agraria

### 11.1. Aspectos técnicos, económicos y ambientales de la fertilización

Las decisiones sobre fertilización en la explotación agraria deben considerar, de forma conjunta, aspectos técnicos, económicos y ambientales. La economía de la fertilización es una parte de la economía de la producción. El proceso en que se basan las decisiones sobre fertilización de cultivos es el siguiente:

- Conocimiento del óptimo técnico.
- Conocimiento del óptimo económico.
- Cumplimiento de normas ambientales.

El planteamiento técnico consiste en aplicar la cantidad óptima de fertilizantes en relación con el potencial productivo de los cultivos. En la explotación agrícola la decisión técnica se basa en conocer la relación entre cantidad de fertilizantes y cantidad y calidad de la producción, para un cultivo, variedad y parcela determinados, aplicados con los recursos de trabajo y equipos de la explotación. Según la teoría de la producción el óptimo se alcanza cuando incrementos de fertilizantes no producen incrementos de producción. Se puede conocer la combinación de elementos fertilizantes y la dosis óptima de estos mediante experimentación agronómica. La experimentación es necesaria, pero tiene la limitación de que los resultados son sólo representativos de las condiciones agroclimáticas en que se ha hecho y deben ser adaptados a las condiciones agronómicas y los recursos productivos de cada explotación. Los resultados son válidos mientras la técnica permanece constante por lo que deben ser revisados cuando varían la técnica de producción y las cualidades de los fertilizantes.

Un aspecto que añade complejidad a la fertilización es que la producción responde a la ley del mínimo de factores limitantes. El elemento fertilizante decisivo sobre la producción es el que se aporta en menor cantidad en relación a la necesidad que tiene el cultivo de este elemento. Por eso la respuesta técnica considera la cantidad de elementos fertilizantes que se aplican en relación con el potencial de producción y su equilibrio de los elementos prioritarios (N, P, K). La productividad de los fertilizantes depende de la combinación de elementos fertilizantes que se aportan y del agua a disposición del cultivo durante el ciclo biológico. En secano la lluvia es un evento aleatorio y en regadío la técnica de riego influye sobre la eficacia de los fertilizantes. Riego y fertilización son factores de producción complementarios. La cantidad óptima de fertilizantes depende también de la técnica de riego.

Los resultados experimentales deben ser comprobados y corregidos en las explotaciones. Las explotaciones agrarias actúan según la información y experiencia que tienen los agricultores. Las decisiones sobre fertilización son distintas en cada explotación. Dependen, además de la información y experiencia de los agricultores, de las condiciones agronómicas sobre: cultivo, suelo, agua, clima, y de los recursos de trabajo y equipos de cada explotación.

Desde el punto de vista económico las decisiones deben considerar, primero, los aspectos técnicos de la fertilización y, después, la relación entre costes de fertilización y valor del producto obtenido. Los costes de fertilización en parcela deben ser relacionados con el producto obtenido. Estos costes agregan los de fertilizantes y los de distribución. Cada explotación tiene costes de mecanización distintos. Los precios y costes que se aplican en este documento son medios y así deben ser interpretados. El valor del producto de la parcela depende del rendimiento y del precio de venta.

La cantidad de producción, o el rendimiento, no son índices suficientes para calcular su valor porque este depende de la calidad, que es una propiedad compleja del producto, muy influida por la cantidad, momento de la fertilización y equilibrio entre elementos fertilizantes. Se puede suponer que la calidad del producto se recoge en el precio de venta. Técnica y economía de la fertilización son aspectos inseparables y complejos de la gestión de explotaciones que deben ser tratados a partir de referencias concretas para que aporten información relevante. Por otra parte, hay que considerar el peso de los costes de fertilización respecto a los costes totales de la empresa.

A pesar de lo anterior suponemos que el planteamiento económico se resume en las dos cuestiones siguientes:

- Cual es la técnica de fertilización, (cantidad, combinación y aplicación de fertilizantes) para un cultivo y variedad en una parcela determinada, que produce el máximo margen bruto.
- Cual es el coste mínimo de la fertilización óptima. El coste incluye los de compra de fertilizantes y la aplicación en parcela. El coste total de la fertilización depende de la capacidad de negociación en la compra, a veces mediante cooperativas, y a la técnica de mecanización para la distribución de abonos.

Bajo el supuesto de que se conoce el óptimo técnico se puede calcular el económico. La solución económica óptima se encuentra cuando no hay incremento de margen debido a aumentos de costes de fertilización. Encontrar el óptimo económico tiene la dificultad propia de la experimentación técnica, la de valorar el producto y, además, la de calcular los costes de distribución de fertilizantes para lo que hay que disponer de un sistema contable para gestión.

Sólo para exponer cómo se encuentra la solución, se presenta un ejemplo de cálculo del óptimo económico en cultivo de maíz. La tabla nº 1 muestra la variación de cantidad y valor de maíz en relación a variación de cantidad y valor de fertilizantes para una fórmula de equilibrio N, P, K:1-0,4-0,4. Los rendimientos proceden de la simulación de producción mediante el programa EPIC (Martínez). Los costes de las unidades fertilizantes se han calculado a partir de datos sobre precios pagados y percibidos del Servicio de Estudios del Departamento de Agricultura de la D.G.A. para el año 2005, (estos no definitivos). Con los datos de la tabla 1, en la que se presenta la producción de maíz en kilos por hectárea con diferentes combinaciones fertilizantes expresadas en kilos de elementos (N, P, K) por hectárea, **la dosis óptima técnica** se alcanza con la fórmula de fertilización de: 350 kilos por hectárea de nitrógeno, 140 de fósforo y 140 de potasio, porque a partir de esa dosis comienza a descender la cantidad de producción. **El óptimo económico** se alcanza con la fórmula de 250 kilos de nitrógeno, 100 de fósforo y 100 de potasio, porque el margen que mide la diferencia entre producto y coste, comienza a descender a partir de esa dosis. Las dosis óptimas técnica y económica no coinciden y la segunda siempre es menor. Si a los costes hubiera que imputar también los costes ambientales, desconocidos en términos de precios, la dosis óptima ambiental aún sería inferior.



Publicidad tradicional de los abonos, (Fotografía: J. Herrero)

La fórmula de fertilización económica óptima no está determinada de una vez para siempre, depende de la evolución de los costes de fertilización y de los precios de los productos, además de la evolución de la técnica. La teoría económica indica que el equilibrio se alcanza cuando la productividad marginal técnica es igual a la relación de precios de fertilizantes y producto. Comparando la evolución de los precios de fertilizantes y productos se puede ver cómo deberían adaptarse las fórmulas de fertilización a la evolución de precios.

La respuesta racional de las explotaciones a la variación de precios prevista debe ser adaptar la dosis de fertilización, además de reducir los costes de compra y distribución. Si, por ejemplo, se toma como cultivo representativo del regadío el maíz y de los fertilizantes nitrogenados la urea, y se observa la relación de precios de urea y maíz se ve que en el periodo de dieciséis años, desde 1990 a 2005, el precio de la urea ha subido más que el del maíz. (Figura nº 1). Mientras que en el año 1990, con un kilo de maíz se compraba aproximadamente 0,5 kg de nitrógeno en forma de urea, en el año 2005 sólo se compra 0,32 kg. La respuesta económicamente racional, a partir del óptimo, debe ser reducir la cantidad de nitrógeno cuando los precios de este suben relativamente más que los del maíz.

*Tabla nº 1 Función de fertilización de maíz expresada en incrementos de producción por hectárea.*

Dosis de nitrógeno (U.F. N)		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Dosis de fósforo (U.F.P.)		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Dosis de potasio (U.F. K)		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Total fertilizantes (U.F.)		0	90	180	270	360	450	540	630	720	810
Rendimientos (kg)		5.000	7.000	8.900	10.700	11.600	12.100	12.200	12.300	12.300	12.200
Incrementos dosis de N, P y K		0	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Incremento rendimientos			2.000	1.900	1.800	900	500	100	100	0	-100
Productividad marginal fertilización			22,2	21,1	20	10	5,6	1,1	1,1	0,0	-1,1
Fórmula de equilibrio (1-0,4-.0.4)											
Precio de maíz (euros/kg) <sup>(1)</sup>	0,148										
<b>COSTES</b>	<b>€UF</b>										
Nitrógeno	0,484	0	24,21	48,42	72,63	96,84	121,04	145,25	169,46	193,67	217,88
Fósforo	0,624	0	12,48	24,96	37,44	49,92	62,39	74,87	87,35	99,83	112,31
Potasio	0,282	0	5,64	11,27	16,91	22,55	28,19	33,82	39,46	45,10	50,73
Coste variable mecanización (fertilización y transporte) €/ha		30	75	80	85	90	95	100	102	104	105
Coste total fertilización y transporte, euros/ha		30,00	117,33	164,65	211,97	259,30	306,62	353,95	398,27	442,60	485,92
Producto maíz. euros/ha		740	1.036,00	1.317,20	1.583,60	1.716,80	1.790,80	1.805,60	1.820,40	1.820,40	1.805,60
Incremento de producto		740	296,00	281,20	266,40	133,20	74,00	14,80	14,80	0	-14,80
Incremento de coste		30,00	87,33	47,33	47,33	47,33	47,33	47,33	44,33	44,33	43,33
Incremento de margen			208,68	233,88	219,08	85,88	26,68	-32,53	-29,53	-44,33	-58,13
Coste medio mezcla fertilizantes (euros/kg) <sup>(2)</sup>	0,47										
Relación precio maíz/coste fertilizantes (2/1)	0,31										

Precios no definitivos de 2005 (Datos de rendimientos de maíz calculados con programa epic. Y. Martínez. 2002)

Cómo la fertilización es una técnica que combina varios elementos fertilizantes y la producción agrícola es múltiple, un tratamiento más general para interpretar la evolución del consumo de fertilizantes consiste en comparar los índices de precios de fertilizantes y de productos. Los índices de precios son medidas sintéticas de estos. En la figura nº 2 se observa que han aumentado más los precios de los fertilizantes que los de los cereales. Si se agregan los costes de fertilizantes a los de mecanización por la distribución de fertilizantes se llega a un valor aproximado de los costes variables de fertilización. También, según estos datos, la evolución de la técnica debe llevar a reducir la cantidad de fertilizantes por el aumento de los costes variables de mecanización, de los que el consumo de gasóleo es dominante. En la serie anual de los nueve últimos años el aumento anual del precio del gasóleo ha sido aproximadamente un 11 % constante, y en el año 2005 un 32% aproximadamente.

La reducción de costes de fertilización debe considerar también la elección de las fórmulas más baratas por unidad de fertilizante. Un ejemplo sencillo, pero representativo y útil, es la comparación del coste de la unidad fertilizante nitrogenada en la urea y en el sulfato amónico, cuyo efecto agronómico es semejante porque ambos deben pasar a nitratos para asimilarse. La figura nº 3, relativo a la serie de precios corrientes de dieciséis años, muestra que la urea aporta la unidad de nitrógeno más barata que el sulfato amónico y esa ventaja se ha mantenido durante el periodo; además el peso por unidad fertilizante transportada en la urea es aproximadamente la mitad. Se puede calcular la fórmula completa (N,P,K) más barata, a partir de diferentes opciones de fertilizantes primarios del mercado, añadiendo los costes de mezclado. En la práctica, sólo si las explotaciones a través de sus cooperativas disponen de mezclas de fertilizantes adecuadas a los cultivos y condiciones agronómicas pueden elegir las fórmulas de menor coste de entre las muchas que ofrece el mercado, cuando la opción de hacer mezclas es más barata que usar abonos complejos.

Figura nº 1

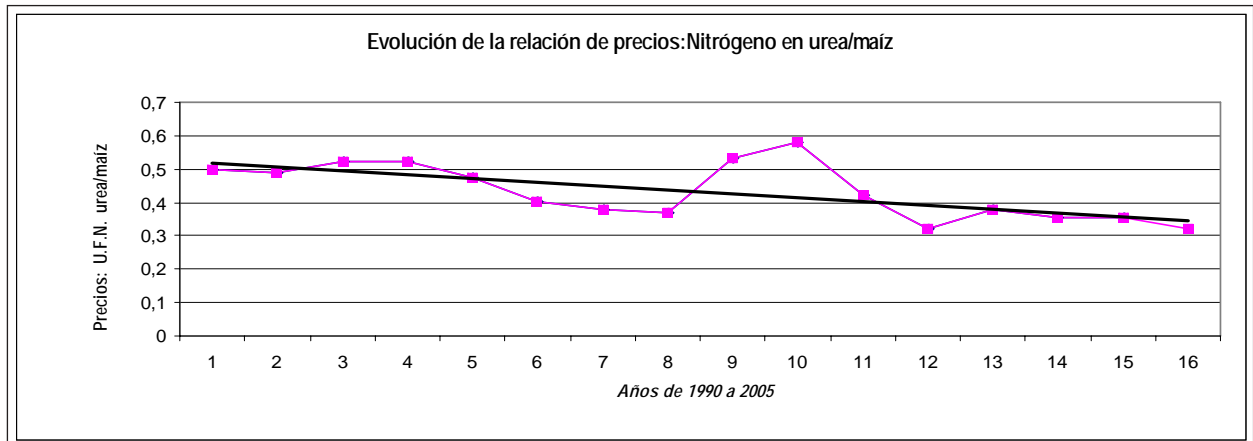


Figura nº 2

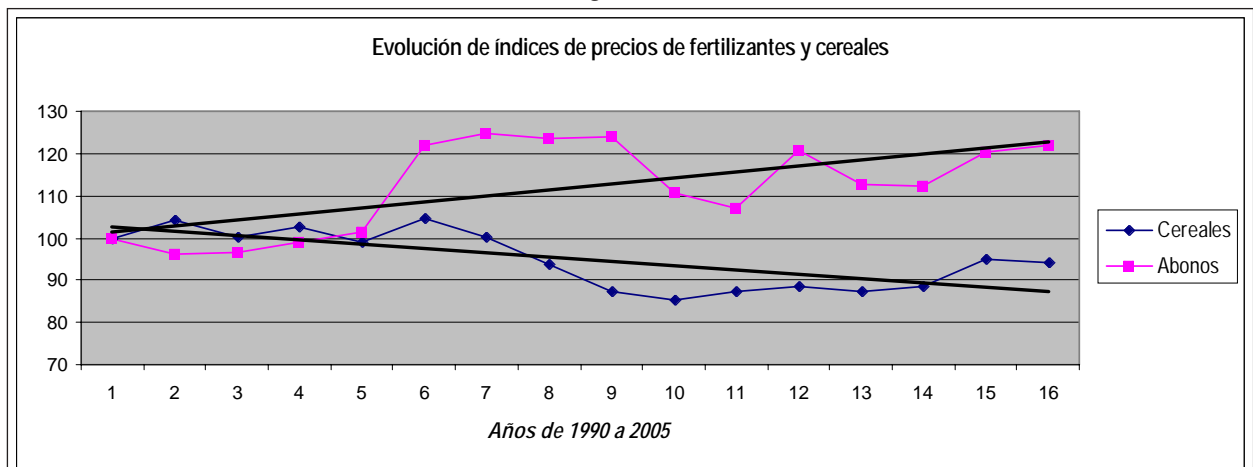


Figura nº 3

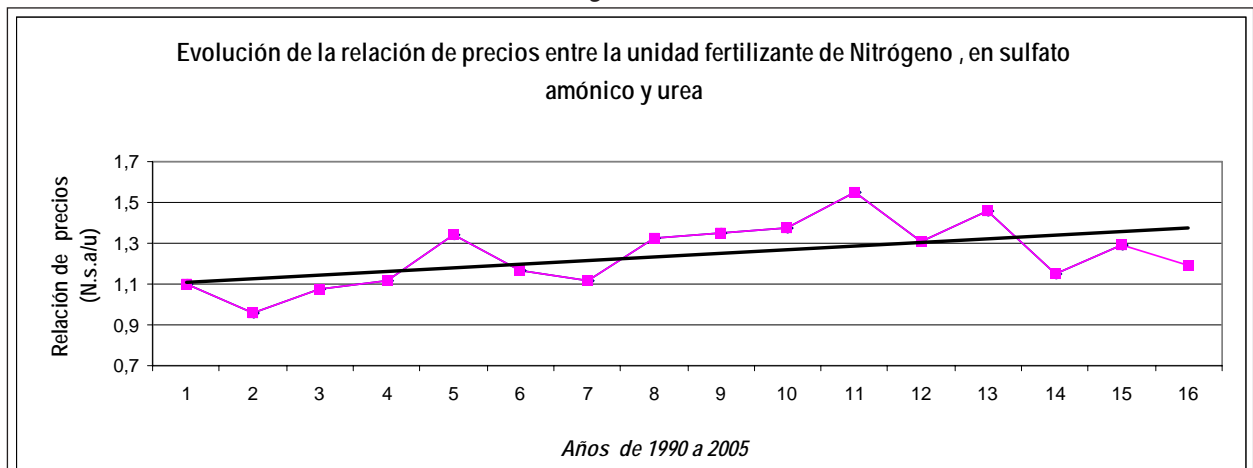
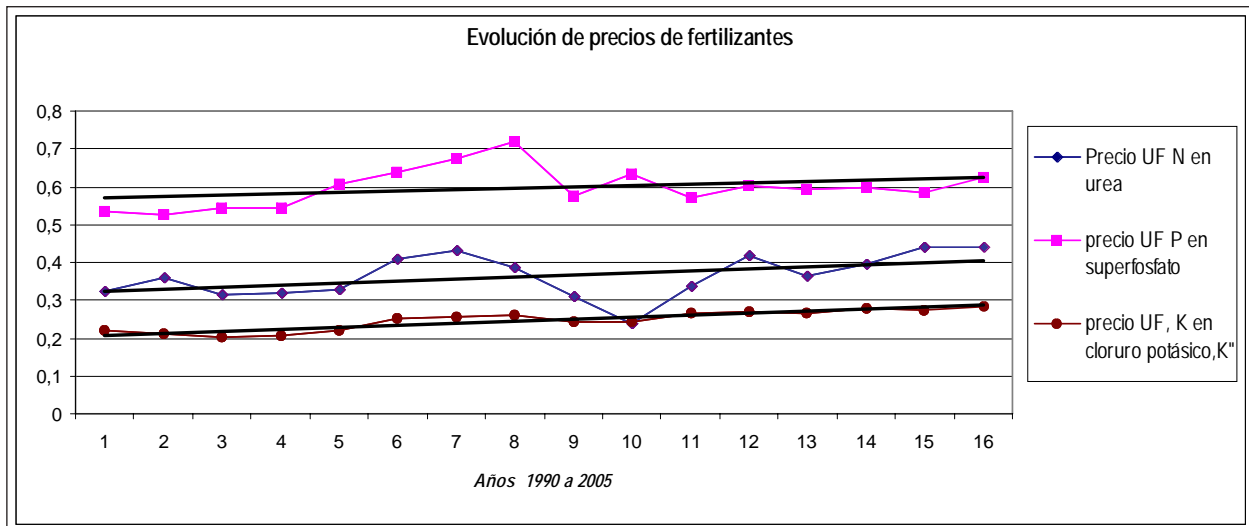


Figura nº 4



La figura nº 4 muestra la evolución de los precios corrientes de las unidades fertilizantes (N, P, K). El elemento más caro es el fósforo. El nitrógeno muestra los precios más variables.

La decisión ambiental sobre la fertilización exige, además de haber determinado los óptimos técnico y económico en los cultivos, conocer los costes ambientales producidos por la llegada a la red fluvial de elementos contaminantes que proceden de la fertilización química u orgánica de los cultivos. La información sobre costes ambientales es insuficiente, y la que hay no se puede integrar en las decisiones económicas del empresario porque los costes ambientales están fuera del mercado. Un criterio para aproximarse a la determinación de dosis ambientales de fertilización debería ser que la aplicación de abonos químicos y orgánicos (cantidad, momento y frecuencia) no debería producir residuos contaminantes. El conocimiento de la contaminación por fertilizantes es incompleto porque se basa en datos experimentales de absorción de fertilizantes por los cultivos, retención de los excesos de fertilizantes en el suelo, que es un material complejo, y conocimiento de los niveles contaminantes tolerables que pueden ser absorbidos por el sistema biológico en circunstancias cambiantes por efecto del clima. De entre los elementos contaminantes, el más perjudicial en general, por su efecto sobre la salud de las personas y sobre el sistema biológico, es el nitrógeno en sus formas química y orgánica. La emisión de normas de empleo de fertilizantes nitrogenados, químicos y orgánicos, es una forma que la Administración tiene de minorar el problema de la contaminación por nitrógeno. (Véase información técnica nº 147. Año 2004. Gestión del nitrógeno en la explotación agraria).

De lo anterior se deduce que:

- Las decisiones sobre fertilización se deben plantear considerando los recursos agronómicos de cada explotación, que aplica una determinada alternativa y rotación de cultivos cuyos datos técnicos y económicos se deben conocer. Este conocimiento, en las explotaciones, suele ser incompleto. La primera referencia debe ser el conocimiento edafológico de los suelos y la respuesta a la fertilización obtenida con análisis foliares y otros.
- La decisión económica es fácil de plantear pero, con frecuencia, falta información sobre costes de producción y exige medios de cálculo complejos. Las soluciones óptimas son distintas en cada explotación.
- Las decisiones ambientales sobre la fertilización resultan de normas administrativas. Su eficacia depende de la conducta responsable de los empresarios para cumplir las normas de la Administración. La emisión y control de normas ambientales debería hacerse considerando la complejidad del problema, la heterogeneidad de situaciones y la necesidad de aumentar el conocimiento del proceso que va desde las decisiones que toman los agricultores hasta que la contaminación se detecta.



## 11.2. Costes de fertilización de los cultivos más representativos de la región

Cada explotación tiene costes distintos, según sus condiciones agronómicas, la técnica que emplea y la habilidad para dirigir la empresa que tiene cada agricultor. Una información de los costes de fertilizantes en relación con los otros costes variables se presenta en las tablas nº 2a y 2b. Los datos proceden del informe de Análisis de economía de la producción del M.A.P.A. para el año 2004. Una deficiencia de los datos es la insuficiente representatividad de la muestra regional. La fuente de datos no especifica el criterio de reparto entre los cultivos, de los costes indirectos pagados de la explotación.

Las tablas nº 2a y 2b muestran los costes calculados a partir de la muestra. Otro es el caso de saber si estos corresponden a niveles óptimos de producción y si se ajustan a normas ambientales sobre fertilización.

Tabla nº 2a. Costes de fertilización en cultivos herbáceos. Año 2004.

Costes y productos (euros por hectárea)	Cereales						Otros herbáceos		
	Secano			Regadío			Regadío		
	Trigo blando	Trigo duro	Cebada	Trigo blando	Trigo duro	Cebada	Maíz	Alfalfa	Girasol
Número de explotaciones (muestra)	7	26	48	18	9	26	48	27	6
Superficie de cultivo. Hectáreas	11,8	41,4	31,2	5,8	9	10,3	14,9	12,8	4,2
Producción (kg/ha)	3.113	2.290	3.339	4.947	3.893	4.351	10.849	15.851	1.200
<b>FERTILIZACIÓN</b>									
Unidades fertilizantes (N.P.K./ha)	64-71-37	38-44-8	97-76-28	122-61-48	192-99-13	159-142-32	252-153-111	47-87-77	7-17-9
Unidades de nitrógeno en sementera por ha.	32	18	32	35	40	58	92		
Porcentaje de nitrógeno en sementera s. total	50	47	33	29	21	36	33		
Unidades de nitrógeno en cobertera por ha.	32	20	65	87	152	101	190		
Porcentaje de nitrógeno en cobertera s. total	50	53	67	71	79	64	67		
Número de explotaciones que abonaron	6	17	45	18	7	24	48	27	6
Porcentaje de explotaciones que abonaron	86	65	94	100	78	92	100	100	100
<b>RESULTADOS</b>									
Ingresos de productos	391,55	314,16	394,32	643,15	493,65	517,37	1.294,62	1.347,86	225,69
Subvenciones	148,54	311,88	155,98	253,91	477,52	233,84	468,27	0	237,21
Indemnizaciones y otros ingresos	8,71	0	6,68	0	0	5,38	2,79	0	0
<b>Producto bruto</b>	<b>548,80</b>	<b>626,04</b>	<b>556,98</b>	<b>897,06</b>	<b>971,17</b>	<b>756,59</b>	<b>1.765,68</b>	<b>1.347,86</b>	<b>462,9</b>
Precio de venta por 100 kilos	12,58	13,78	11,81	13	12,68	11,89	11,93	8,5	18,73
Ingreso por 100 kilos	17,63	27,34	16,6	18,13	24,95	17,39	16,28	8,5	38,41
<b>Costes directos</b>	<b>159,34</b>	<b>112,04</b>	<b>136,71</b>	<b>208,25</b>	<b>261,29</b>	<b>239,23</b>	<b>592,01</b>	<b>254,47</b>	<b>77,19</b>
Fertilizantes	76,09	38,86	79,3	107,93	115,25	134,37	239,64	109,78	14,71
Mecanización (Todos trabajos)	86,88	72,06	71,91	112,07	86,76	106,8	124,56	149,76	81,57
Fertilización (fertilizantes y trabajos) (vease horas)	89,76	50,20	90,61	124,45	128,04	150,11	257,87	117,48	25,39
<b>Costes indirectos pagados <sup>(1)</sup></b>	<b>62,32</b>	<b>59,18</b>	<b>52,93</b>	<b>123,85</b>	<b>112,47</b>	<b>96,13</b>	<b>200,21</b>	<b>192,47</b>	<b>91,73</b>
Porcentaje de costes de la fertilización respecto a costes directos pagados	48	35	58	52	44	56	40	43	19
Porcentaje de costes de la fertilización respecto a costes totales pagados	34	23	42	32	31	40	30	25	9
Productividad económica media de la fertilización (producto/coste)	4,4	6,3	4,4	5,2	3,9	3,4	5,0	11,5	8,9
Horas /ha maquinas fertilización	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	0,9	1,1
Horas totales ha	8,9	8,9	8,9	9,5	9,5	9,5	12,3	17,5	8,4
% horas máquinas fertilización/horas totales	16	16	16	15	15	15	15	5	13

<sup>(1)</sup> Otros costes indirectos. (renta de la tierra, intereses de los capitales propios, trabajo familiar)

Tabla 2b. Costes de fertilización en cultivos leñosos. Año 2004

Costes y productos (euros por hectárea)	Frutales, viña y olivo							
	Regadío			Regadío		Secano		
	Manzano	Peral	Melocot.	Olivar	Viña	Almend.	Olivar	Viña
Cultivos								
Número de explotaciones (muestra)	9	13	13	8	7	18	21	15
Superficie de cultivo. Hectáreas	2,03	1,85	3,88	0,98	8,37	9,88	3	9,16
Producción (kg/ha)	20.314	14.782	18.755	2.174	8.932	187	533	5.395
<b>FERTILIZACIÓN</b>								
Unidades fertilizantes (N.P.K./ha)	51-40-72	71-73-86	91-79-104	23-21-28	49-64-104	14-19-25	11-9-13	3-5-6
<b>RESULTADOS</b>								
Ingresos de productos	5.900,11	4.128,18	4.533,19	1.061,01	5.006,34	254,29	319,56	3.247,74
Subvenciones	0	0	88,23	394,55	0	223,08	100,07	23,25
Indemnizaciones y otros ingresos	1.498,39	248,07	1.237,59	0	0	22	4,75	0
<b>Producto bruto</b>	<b>7.398,5</b>	<b>4.376,25</b>	<b>5.859,01</b>	<b>1.455,56</b>	<b>5.006,34</b>	<b>499,37</b>	<b>424,38</b>	<b>3.270,99</b>
Precio de venta por 100 kilos	29,04	27,93	24,17	48,8	56,05	135,95	59,95	60,2
Ingreso por 100 kilos	36,42	29,61	31,24	66,95	56,05	267,58	79,62	60,63
<b>Costes directos</b>	<b>1.139,53</b>	<b>1.029,92</b>	<b>1.227,83</b>	<b>115,13</b>	<b>658,79</b>	<b>67,68</b>	<b>42,98</b>	<b>354,45</b>
Fertilizantes	133,48	192,07	345,99	43,63	211,83	41,98	25,38	86,54
Mecanización (todos los trabajos)	108,09	167,75	162,38	62,39	303,96	96,77	93,31	201,11
Fertilización (fertilizantes y trabajos) (ver horas)	140,57	203,25	356,82	47,37	230,07	47,79	30,98	98,61
<b>Costes indirectos pagados <sup>(1)</sup></b>	<b>598,42</b>	<b>551,34</b>	<b>784,06</b>	<b>214,24</b>	<b>383,91</b>	<b>223,99</b>	<b>47,35</b>	<b>223,99</b>
Porcentaje de costes de la fertilización respecto a costes directos pagados	12	19	28	38	32	62	59	24
Porcentaje de costes de la fertilización respecto a costes totales pagados	8	12	17	13	20	14	28	15
Productividad económica media de la fertilización (producto/coste)	42,0	20,3	12,7	22,4	21,8	5,3	10,3	32,9
Horas /ha trabajos de fertilización	2	2	2	sd	1,2	8	0,8	1
Horas totales ha	30,5	30	30	sd	18,9	25,3	17,3	15,5
Porcentaje horas máquinas fertilización / horas totales	7	7	7	sd	6	32	5	6

<sup>(1)</sup> Otros costes indirectos. (renta de la tierra, intereses de los capitales propios, trabajo familiar)

La tabla nº 3 presenta los costes de fertilizantes que resultan de aplicar las dosis máximas de nitrógeno que fija el Programa de Actuación en Zonas Vulnerables (B.O.A. nº 111/2005 de la D.G.A.). Se han calculado las cantidades máximas de fertilizantes a partir de las fórmulas de equilibrio que se indican y se ha aplicado el precio de las unidades fertilizantes (N, P, K) en abonos simples.



**Tabla nº 3. Costes de fertilizantes de las cantidades máximas en Zonas Vulnerables. Según normas DGA. Precios de 2005.**

euros/UF	En abonos simples				
Coste unidad nitrógeno	0,484				
Coste unidad fósforo	0,624				
Coste unidad potasio	0,282				
Cultivos herbáceos	Unidades fertilizantes por t de producción				
	Formula equilibrio <sup>(1)</sup>	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Costes €/t
Cereales invierno. Secano	1-0,5-0,5	30	15	15	28,1
Cereales invierno. Regadío	1-0,5-0,5	30	15	15	28,1
Maíz.Regadío	1-0,5-0,5	30	15	15	28,1
Gramíneas forrajeras (heno) Regadío	1-0,5-0,5	12	6	6	11,2
Colza (Regadío)	1-0,5-0,8	30	15	24	30,6
Girasol. (Regadío)	1-0,5-0,8	50	25	40	51,1
	Unidades fertilizantes por hectárea				
					Costes €/ha
Alfalfa (siembra)		30	15	15	28,1
Leguminosas grano (siembra)		20	10	10	18,7
Hortícolas. (regadío).	1-0,5-0,5	250	125	125	234,3
Cultivos leñosos	Unidades fertilizantes por t / ha de producción				
Ecuación	A partir del sexto año	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Costes euros t / ha
UFN/ha=N+n*fruta	Fórmula equilibrio 1- 0,5-1,2				
Manzano	UFN/ha=80+0,6*t fruta	81	40	97	91,4
Melocotonero	UFN/ha=90+1,3*t fruta	91	46	110	103,6
Peral	UFN/ha=75+0,7*t fruta	76	38	91	85,9
Ciruelo	UFN/ha=85+0,9*t fruta	86	43	103	97,4
Albaricoquero	UFN/ha=85+1,2*t fruta	86	43	103	97,8
Cerezo	UFN/ha=90+1,3*t fruta	91	46	110	103,6
Olivo (regadío)	UFN/ha=70+8*t olivas	78	39	94	88,5
Olivo (secano)	UFN/ha=55+8*t olivas	63	32	76	71,5
Almendro (regadío)	UFN/ha=70+11*t almendra (pepita)	81	41	97	91,9
Almendro (secano)	UFN/ha=55+11*t almendra (pepita)	66	33	79	74,9
Viña (secano)	UFN/ha y t	10	5	12	11,3

<sup>(1)</sup>. La fórmula de equilibrio aplicada debe resultar de las condiciones agronómicas de cada explotación.  
Orden de 5 de septiembre de 2005. B.O.A. Nº 111 de 16 de septiembre

### 11.3. Costes de fertilización con fertilizantes orgánicos

El fiemo fue el único abono disponible en otro tiempo. La evolución de los sistemas de cría de ganadera hacia formas intensivas hace que el estiércol líquido sea el residuo orgánico más frecuente. Fiemo y purín tienen valor fertilizante y su empleo más adecuado es aplicarlo a los cultivos directamente o después de extraer su energía mediante plantas de metanización. El problema actual de la ganadería es el desequilibrio entre producción de residuos orgánicos en zonas determinadas donde se localiza la producción intensiva de ganado y posibilidad de empleo en condiciones agronómicas y ambientales adecuadas en las mismas zonas. El problema ambiental de la fertilización orgánica añade al de excesos de elementos fertilizantes básicos (N, P, K) y otros elementos secundarios (cobre y otros) que llegan a las aguas los de presencia de residuos orgánicos y organismos patógenos.

El valor fertilizante de los residuos orgánicos disponibles para la agricultura (fiemo, purín, compostaje de población y lodos de depuradoras, etc) depende de la cantidad de elementos fertilizantes y materia orgánica que tienen. El criterio para calcular el valor de los fertilizantes orgánicos es aplicar a la composición de éstos el coste de los elementos fertilizantes (N,P,K) en los abonos básicos, nitrogenados, fosfatados y potásicos, a los que pueden sustituir. Su valor económico aumenta cuando lo hacen los precios de los fertilizantes minerales. Otra cuestión son los costes de transporte y distribución de ambos tipos de fertilizantes, químicos y orgánicos en relación con su riqueza fertilizante.

La ganadería intensiva es la mayor fuente de fertilizantes orgánicos, casi siempre en forma de purín. Para las explotaciones ganaderas, los residuos, que deben ser eliminados cumpliendo las normas ambientales, generan costes de producción. Sólo si se reemplazan como fertilizantes o se venden se puede compensar ese coste. El precio de venta depende de la demanda de las explotaciones agrícolas próximas a las granjas. Como ejemplo se muestra el valor fertilizante del purín de cerdo, a partir de la composición que se indica en la tabla nº 4. Las explotaciones agrícolas encuentran ventaja empleándolo cuando su coste en parcela es menor que el de los fertilizantes minerales sustitutivos.

*Tabla nº 4. Valor fertilizantes del purín de cerdo. Año 2005.*

	Unidades fertilizantes (kg/m <sup>3</sup> )			Valor fertilizante del purín de granja de cerdos (€/m <sup>3</sup> )				
	Ciclo cerrado	Cría	Ceba-dero	Coste €/U.F.	Ciclo cerrado	Cría	Ceba-dero	Media
Nitrógeno	4,2	3,4	5,9	0,484	2,03	1,65	2,86	2,18
Fósforo	3,1	1,8	5,2	0,624	1,93	1,12	3,25	2,10
Potasio	2,7	2,3	3,6	0,282	0,76	0,65	1,02	0,81
Unidades fertilizantes totales	10,0	7,5	14,7		4,73	3,42	7,12	5,09
Unidades fertilizantes y valor de cuba de 5 m <sup>3</sup>	50,0	37,5	73,5		23,6	17,1	35,6	25,4
Unidades fertilizantes y valor de cuba de 10 m <sup>3</sup>	100,0	75	147		47,3	34,2	71,2	50,9

La adecuada relación entre agricultura y ganadería en un territorio extenso como Aragón puede ser una ventaja competitiva del sistema agrario si se administra con equilibrio la carga ganadera. Equilibrio significa que los residuos orgánicos se puedan utilizar por los agricultores por su valor económico sin que resulten costes ambientales.

## Bibliografía.

- (1) Betrán J., Pérez M. 1997. Respuesta del cereal en secano al abonado NPK. Información Técnica nº 30. Centro de Técnicas Agrarias. Diputación General de Aragón.
- (2) Bratos J. 1996. Fertilización del maíz. Fertilización, nº 102.
- (3) Gil. M. 2004. Gestión del nitrógeno en la explotación agraria. Información Técnica nº 147. Centro de Técnicas Agrarias. Diputación General de Aragón.
- (4) Martínez Y. 2002. Análisis económico ambiental de la contaminación por nitrógeno. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Económicas. Zaragoza.
- (5) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2004. Análisis de la economía de los sistemas de producción.
- (6) Quílez D. Saad J. y Daudén A. 2003. Manejo del riego en maíz. Tierras. Nº 92.
- (7) Roldán L. Anuario Estadístico Agrario. Servicio de Estudios. 2004. Departamento de Agricultura. Diputación General de Aragón.
- (8) Orús F, Quílez D., Betrán J. 2000. Código de buenas prácticas agrícolas (I). Información Técnica nº 93. Centro de Técnicas Agrarias. Diputación General de Aragón.

# Capítulo 12

## Normativa legal (z. vulnerables) y obligaciones de agricultores y ganaderos

*Autor:*

*Fernando Orús Pueyo* Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.



*Las recientes normativas sobre la fertilización nitrogenada, además de las razones económicas, deben ayudar a "repensar" y racionalizar la fertilización de los cultivos.*

## Normativa legal (Zonas Vulnerables) y obligaciones de agricultores y ganaderos

### 12.1. Antecedentes

La Directiva europea 91/ 676 / CEE <sup>(1)</sup>, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos en la agricultura, impuso,—hace ya catorce años— a los países miembros:

- La obligación de identificar las aguas afectadas por ese tipo de contaminación
- La obligación de elaborar uno o varios Códigos de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA, especialmente relacionadas con la fertilización nitrogenada)
- Designar como “Zonas Vulnerables”, a aquellas superficies territoriales cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos.
- Establecer, por último unos Planes ó Programas de Actuación, de cuatro años de duración, para tratar de corregir las causas de la contaminación.

A pesar de que la citada Directiva exigía plazos más cortos, no fue hasta el año 1996, con el **Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero** <sup>(2)</sup>, cuando España incorporaba la Directiva a nuestra normativa, estableciendo unos plazos, para que cada Comunidad Autónoma designara las Zonas Vulnerables (si las tuviera), elaborase el Código o Códigos de B.P.A. y los correspondientes Programas de Actuación.

A través del **Decreto 77/1997, de 27 de mayo** <sup>(3)</sup>, Aragón aprueba su Código de buenas prácticas Agrarias, y designa sus dos primeras zonas: la de “Gallocanta”, y la de “Jalón-Huerta”, pero demora hasta el año 2000, la aprobación del Programa de Actuación sobre dicha Zona, a través de la Orden de 28 de diciembre de 2000 <sup>(4)</sup>. Con otra Orden, de 9 de mayo de 2003 <sup>(5)</sup>, se modifica el Programa anterior, añadiendo nuevas precisiones.

La **Orden de 19 de julio de 2004** <sup>(6)</sup>, designa las últimas Zonas Vulnerables, incluyendo el Acuífero Ebro III (Zaragoza), y aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego, y Bajo Jalón, la Zona de Singra-Alto Jiloca (Teruel), la Zona de Apiés (Hoya de Huesca), y la del Acuífero Muel-Belchite (Zaragoza), a la par que aprueba el correspondiente Programa de Actuación, único para todas ellas.

La **Orden de 14 de enero de 2005** <sup>(7)</sup>, del Departamento de Agricultura y alimentación, por la que se modifican los Programas de Actuación de las zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias, modifica la capacidad de almacenamiento de los estiércoles.

La **Orden de 5 de Septiembre de 2005** <sup>(8)</sup>, aprueba el II Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables, que en principio correspondería a las dos primeras Zonas de Gallocanta y Jalón-Huerta, que con cuatro años desde el primer Plan precisaban de una actualización o un nuevo Plan, pero que se establece como obligatorio para todas las Zonas.

Por último el **Decreto 226/2005, de 8 de noviembre** <sup>(9)</sup>, modifica el Decreto 77/1997 citado, introduciendo la obligación de llevar los Libros de Registro de aplicación de fertilizantes, y de entradas y salidas de estiércoles, y su exigencia para la inscripción en cualquier Registro adscrito al Departamento de Agricultura y Alimentación, y para ser beneficiario de las ayudas financiadas totalmente por él.

## 12.2. Aspectos básicos a retener de nuestra normativa (Aragón):

El resumen que tratamos de presentar, correspondería a una visión puramente técnica del problema de la fertilización nitrogenada, en un intento de hacer una lectura más asequible, que la del propio Boletín Oficial, y la de señalar los aspectos básicos que, a partir de estas normas, afectan a los agricultores y ganaderos ubicados en las Zonas Vulnerables.

Los primeros **Programas de Actuación (2000, y 2004)**, señalaban tres tipos de aspectos, calificados como:

- A. Unos principios básicos
- B. Unas medidas de aplicación general
- C. Unas normas de carácter agronómico.

En la última redacción: La del **II Programa de Actuación (2005)**, habla de unos principios básicos de actuación, que engloba los aspectos agronómicos y los medioambientales. Desde el punto de vista agronómico trata de “afinar” en los aportes nitrogenados, de forma que correspondan a las extracciones reales de los cultivos, considerando incluso los aportes indirectos. De este modo, evitando los excedentes, puede paliarse el problema del lavado por el agua y su traslado a las aguas subterráneas o superficiales.

Sobre esta última redacción (2005) comentaremos nuestras aclaraciones, dado que es la realmente vigente, desde el pasado mes de septiembre. Los principios básicos de actuación los agrupa en cinco aspectos: A, B, C, D, y E que iremos comentando.

### A. Sobre el aporte de fertilizantes nitrogenados en general

- A.1. El Código de Buenas Prácticas Agrarias**, se reitera como norma de obligado cumplimiento en todas las Zonas Vulnerables de Aragón.

El Código de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA) elaborado por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, en 1997, está recogido en el Decreto 77/1997 de 27 de mayo <sup>(3)</sup>, en una extensión de 10 páginas, y como bien observa en su introducción: “limitándose a dar una panorámica general del problema, a la descripción de los productos potencialmente fuentes de la contaminación nitrúica de las aguas, y a contemplar la problemática y actuaciones generales en cada una de las situaciones o cuestiones que recoge el Anexo II de la Directiva 91/676/CEE”.

- A. 2. “Los aportes de fertilizantes nitrogenados, estarán en consonancia con las necesidades de los cultivos”**

Es decir, serán proporcionales a las producciones obtenidas. En un secano árido o semiárido, con producciones bajas, por ejemplo entre 1500 y 2500 kg de cebada, no podríamos justificar más que las cantidades que figuran en los Tablas N° 2 y N° 3 de la Orden de 5 de sept. de 2005: 30 kg de N (nitrógeno) por tonelada de producción (grano), al tratarse de un cereal de invierno

$$1,5 \times 30 = 45 \text{ kg de N/ha ó}$$

$$2,5 \times 30 = 75 \text{ kg de N/ha.}$$

Por el mismo motivo, -de ajustar los aportes de nitrógeno a las necesidades del cultivo- tampoco podríamos aplicar un exceso de N, cuando se diera el caso de un excedente de oferta de fertilizantes orgánicos, caso frecuente con la oferta de determinados estiércoles

También habrá que resaltar que estas cifras de referencias, son máximas, y que podrían minorarse en determinadas condiciones, a causa de otros aportes de N indirectos.

- A.3. “No se hará ningún aporte de nitrógeno, sobre aquellas superficies agrarias en las que no vaya a ser absorbido por los cultivos”.**

Sería el caso de un erial, que nunca se fertiliza, o de un barbecho, que durante un año no va a tener un cultivo que “extrae” nitrógeno.

**A.4. “No se realizarán aportes de N en el caso de suelos hidromorfos, o de aquellos que estén encharcados, inundados, helados, o con presencia de nieve en superficie”.**

Dadas las circunstancias de estos suelos, con un exceso presumible de agua, que va a favorecer las posibilidades del lavado de nitratos, es lógico limitar las posibilidades de que realmente ocurra.

**A.5. “Aplicación a los terrenos inclinados y escarpados”**

En este punto, la norma separa dos situaciones concretas: suelos con pendientes comprendidas entre el 10 y el 20%, y las de aquellos casos con pendiente superior al 20%. En el primer caso (entre el 10 y el 20%), no permite aplicar fertilizantes nitrogenados que no sean orgánicos, y teniendo en cuenta expresamente los siguientes factores: la existencia o no de una cubierta vegetal,

La textura y la estructura del suelo.

La profundidad del horizonte permeable,

El que los aportes (nitrogenados) estén en forma sólida o líquida

Y la pluviometría previsible en la época de aplicación.

En el caso de pendientes superiores al 20%, sólo se podrá aplicar fertilizantes orgánicos, con un contenido de humedad inferior al 50%.

**A.6. “Clasificación de los fertilizantes**

A efectos de épocas de aplicación, se agrupan los fertilizantes que aportan nitrógeno, de la siguiente forma:

Grupo I: Fertilizantes orgánicos residuales con nitrógeno de mineralización lenta: estiércol de bovino, de ovino, compost, etc.

Grupo II: Fertilizantes orgánicos de nitrógeno fácilmente mineralizable: estiércol fluido de bovino sin cama, de porcino, gallinaza, así como lodos de depuradora, abonos organo-minerales con nitrógeno de liberación lenta o con inhibidores de actividad enzimática.

Grupo III: otros fertilizantes minerales”.

**A.7. “Épocas en las que queda prohibido aplicar fertilizantes nitrogenados al suelo”.**

En el Tabla nº 1 se determinan para cada cultivo, las épocas en que no se pueden aplicar fertilizantes que aporten nitrógeno al suelo y de acuerdo con los tipos definidos en el punto anterior.

**A.8. Cantidades máximas de nitrógeno y origen del mismo.**

Las cantidades máximas de nitrógeno a aportar en cada caso vienen determinadas en los Tablas Nº 2 y Nº 3, y (esas cantidades allí reflejadas) corresponden a la suma de:

El nitrógeno mineral inicial en el suelo,

Más el nitrógeno que se mineraliza de fuentes orgánicas,

Más el nitrógeno aportado por el agua de riego,

Más el nitrógeno procedente de abonos minerales y químicos.

Esta precisión, acerca de las fuentes indirectas de nitrógeno, que hasta hace poco hemos olvidado, es fundamental para ajustar los abonados nitrogenados y empezar a corregir el problema de los aportes excedentarios. La primera fuente de N citada, serían todos aquellos restos de N que no se absorbieron en la cosecha anterior, bien por estar en exceso respecto a las necesidades de la cosecha, o porque las circunstancias climatológicas, impidieron su aprovechamiento (temperaturas inferiores, accidentes o plagas, sequía, etc.) y han quedado en forma nítrica, perfectamente aprovechable para la cosecha siguiente.



La segunda fuente, sería el N que cada año se mineraliza a partir de la materia orgánica del suelo. Es proporcional al contenido de materia orgánica del mismo y depende también de su textura (Ver capt.s 2 y 4). En este apartado, influiría también el ritmo con que restituimos materia orgánica a los suelos (bien sea con enterrados de cosechas específicas—abonados verdes— o restos de cosechas: pajas, cañotes, etc, de estiércoles u otros abonos orgánicos), y el aporte nitrogenado del cultivo anterior, cuando ha sido una leguminosa (fijación biológica de N).

La tercera fuente o aporte indirecto, sería el del agua de riego, cuando el agua utilizada procede de acuíferos contaminados por nitratos. A mayores concentraciones de nitrato y mayores volúmenes de agua utilizados en el riego, mayores aportes nitrogenados.

Aun quedaría una cuarta fuente, que sería la que proviene de la deposición atmosférica, pero al no estar cuantificada con precisión en nuestra Comunidad, no la menciona. La única

referencia que conocemos, se encuentra en los Balances de nitrógeno de la agricultura española, de 2002 y 2003, publicados por el MAPA, en 2004 y 2005 respectivamente <sup>(10)</sup>, y donde se dan unos valores para nuestra Comunidad, de unos 8 kg de N/ha.

La suma de las anteriores fuentes indirectas, sería un sustraendo a restar del máximo de N permitido en cada cultivo, y la diferencia, sería el verdadero abonado a aplicar al cultivo: bien en forma de fertilizantes minerales, de orgánicos, o de ambos a la vez.

#### **A.9. “Todas las explotaciones agrícolas al realizar su plan de abonado, y en la práctica de la fertilización, deberán asumir los principios anteriores.**

Los Planes de Abonado, deberían ser en estos momentos una reflexión obligatoria de cara a “redefinir” la práctica de la fertilización de los cultivos. Primero, por unas razones medioambientales, para evitar que la agricultura pueda causar daños al medio ambiente: las aguas, pero probablemente también, por las posibles afecciones a los suelos. Segundo, por una simple razón de economía: estos ajustes de fertilización, pueden mejorar probablemente el balance económico de nuestras producciones.

Este plan de abonado, como veremos más adelante, se materializa anualmente al rellenar el Apartado 2 del Libro-registro de aplicación de fertilizantes.

#### **A.10. Coincidencia de normativas sobre el abonado o su aplicación.**

Este punto aclara, la posible coincidencia de normativas sobre el abonado o las prácticas de fertilización, bien por motivos de ubicación (zona vulnerable, u otras actuaciones de protección ambiental), o bien por un determinado tipo de producción (vgr., p. integrada, etc). En esos casos, la norma más restrictiva será la que deba seguirse.

### **B. Sobre el uso de los estiércoles.**

Este segundo principio, agrupa en otros 4 apartados, las aclaraciones sobre el buen uso de los mismos.

#### **B.1. Cantidad máxima de estiércol aplicable al suelo**

Se establece un máximo de aplicación de estiércoles equivalente al aporte de 170 kg de N/ha y año, aunque el rendimiento del cultivo, de acuerdo con las cifras de los Tablas nº 2 y nº 3, permita mayores aportaciones nitrogenadas por ha y año.

La cifra de 170 kg de N, ha sido frecuentemente malinterpretada en varios sentidos. Por una parte, como un máximo que se podía generalizar en cualquier situación, (y lo mismo ocurría con la cifra prevista en los primeros Programas de Actuación en las Zonas Vulnerables, donde se fijaba un máximo de un equivalente de hasta 210 kg de N/ha y año),



y por otra parte,

como un límite general del nitrógeno que se podía aplicar independientemente de que el cultivo pudiera tener una demanda de N superior a esa cifra.

La primera valoración de esa cifra, podemos hacerla comparando a qué producción de cereal de invierno equivaldría, con las normas (Tabla nº 2) en la mano, y vemos que sería la necesaria para producir:  $170 / 30 = 5,567$  toneladas de grano/ha. Con esta constatación ya podemos intuir que sobrepasa ampliamente las producciones medias de la mayoría de nuestros secanos, y no digamos si se pretende hacer valer la cifra de 210 kg de N, que equivaldría a una fertilización para producciones de  $210/30 = 7,00$  toneladas/ha.

Ante la posible contradicción que pueda suponer para algunos, de que la norma por una parte indique que debe aplicarse el N que realmente requiere una determinada producción, y que por otra permita hasta un máximo de aplicación de estiércol equivalente a 170 kg de N, para nosotros no hay duda, que prima el primer principio: el de aplicar lo que realmente precisa la cosecha, pues es el que defiende el espíritu de la norma, de proteger contra la contaminación por nitratos.

Cuando tratemos de calcular, cuál es la cantidad de un estiércol determinado, que podemos aplicar como fertilizante nitrogenado, la primera aproximación la haremos simplemente dividiendo los kg de N que precisa el cultivo, por el contenido de N total de una tabla de referencia de estiércoles tal como la que se incluye en los modelos de Libros-registro que veremos más adelante.

Cuando leemos la observación <sup>(1)</sup> de la tabla 2 (cantidades de N que se pueden aportar), referente a los aportes de sementera: “se permite aplicar todo el fertilizante en sementera” el “todo”, si se trata de estiércoles, no puede superar el equivalente de 170 kg de N.

Hasta este momento, la exigencia de control para agricultores y ganaderos se ha centrado en la cumplimentación de los Libros de registro, con el primer modelo presentado entre 2004 y 2005. El nuevo Libro-registro de aplicación de fertilizantes, que se define en la Orden de 5 de septiembre de 2005, razona la aplicación de los fertilizantes nitrogenados, cultivo a cultivo, y deberá acompañarse de la declaración PAC del año en cuestión. El Libro-Registro de producción y movimiento de estiércoles, es un modelo general, impreso, y que tiene que ser llevado igualmente por las explotaciones ganaderas ubicadas en las Zonas Vulnerables.

También son importantes los Planes de Abonado, para definir el uso y la cantidad de estiércol para aquellas explotaciones ganaderas que precisan solicitar la Autorización ambiental integrada. El motivo, por tener que justificar ante la Administración, —cuando esta “salida” de uso agronómico del estiércol (como fertilizante orgánico) es la fundamental para reciclar los estiércoles producidos—, que las cantidades y los tiempos en que se pueden aplicar al campo, son las adecuadas y en consecuencia, van a determinar también la capacidad de almacenamiento de los estercoleros (sólidos) o fosas (fluídos o líquidos).

**B.2. La aplicación de los estiércoles, y especialmente los estiércoles fluidos, debe realizarse con enterrado posterior de los mismos, en un plazo máximo de 24 horas.....**

Aclara también que puede eximirse del enterrado de los estiércoles fluídos, cuando se aplican como coberteras o en los cultivos con siembra directa, si bien esa liberación del enterrado, no puede aprovecharse para aumentar las dosis aplicadas (caso de hacer aplicaciones en sementera y en cobertera, en el mismo cultivo).

Las modernas máquinas que aplican y entierran simultáneamente los estiércoles fluidos ó “purines” (aunque sea muy superficialmente), cumplen con el cometido de evitar las pérdidas del nitrógeno amoniacal.

**B.3. En los barbechos, de acuerdo con lo establecido en el punto A.3, no puede aplicarse ningún fertilizante,....**

Pero permite adelantar los aportes de estiércoles a la salida del invierno y cuando se incorporen al suelo con los restos de cosecha y plantas adventicias, mediante la labor correspondiente.

Igualmente aclara que este adelanto de aporte nitrogenado, se contabilizará como abonado del cultivo, y que en todos los casos en los que se utilicen los estiércoles como fertilizantes nitrogenados, la cantidad de estiércol aplicada no superará a la menor de estas cifras:

La equivalente a las necesidades del cultivo (kg de N/ha), ó

La equivalente a 170 kg de N/ha.

#### **B.4. Capacidad de almacenamiento de estiércol**

“Los titulares de las explotaciones ganaderas ubicadas en las Zonas Vulnerables deberán disponer de instalaciones o fosas de almacenamiento de estiércol, con una capacidad superior a la necesaria para almacenar el estiércol a lo largo del periodo más largo durante el cual, esté prohibida la aplicación de estiércoles al suelo. En todos los casos, y como mínimo, la capacidad de las fosas de almacenamiento será la suficiente para recoger las que se produzcan durante 120 días de actividad, incluyendo la capacidad de los slats, y siendo imprescindible que las fosas exteriores tengan capacidad para recoger estos subproductos ganaderos producidos durante 90 días”.

Para calcular el volumen real, y en consecuencia, el mínimo que debe proyectar la explotación ganadera, deberá realizarse un “balance mensual” y de todos los meses del año, entre las entradas de estiércoles a la fosa/estercolero y las salidas programadas a través del Plan de Abonado hacia los cultivos que van a reciclar estos estiércoles. El mes con mayor volumen de estiércol almacenado, determinaría la capacidad mínima que debería tener la fosa ó estercolero de la explotación, en el caso de ser el uso agrícola del estiércol su única salida.

Cuando hubiere otra posibilidad, como la venta, transformación o depuración de todo o parte del estiércol producido, se haría intervenir del mismo modo en el balance de entradas y salidas.

### **C. Otros aspectos de las explotaciones ganaderas ubicadas, o de nueva instalación, en Zonas Vulnerables.**

Las explotaciones ganaderas que deban solicitar la “autorización ambiental integrada” ante la autoridad competente, deben justificar un Plan de Abonado sobre los cultivos o rotaciones de los mismos habituales en la zona, de modo que el volumen de estiércol, que producen o vayan a producir, pueda ser convenientemente utilizado en las superficies de cultivo que disponen.

Igualmente, de acuerdo con el plan de abonado establecido, y con cualquier otro tipo de utilización o salidas de los estiércoles, se determinará el mes de mayor necesidad de almacenamiento, y por tanto, determinará también la capacidad mínima de las fosas o estercoleros de la explotación.

### **D. Documentación para la justificación del cumplimiento de las normas.**

#### **D.1. El Libro-Registro de aplicación de fertilizantes, en las explotaciones agrícolas.**

El modelo de hojas, ó “Apartados” como los denomina el citado Libro, se recogen en la misma Orden, y deberán llevarlo todas las explotaciones agrícolas con parcelas dentro de la Zona vulnerable. El libro debe acompañarse de la declaración de la PAC, del ejercicio correspondiente. Este modelo recoge lo que podían ser los Planes de Abonado (lo previsto, lo planificado) en el Apartado 2 y las aplicaciones reales, que como en un diario, se recogen en el Apartado 3, para cada uno de los cultivos que tiene cada año la explotación. La diferencia entre lo planificado (apartado 2) y lo realmente ejecutado (apartado 3), vendría justificado por la aparición de circunstancias adversas que aconsejaran una disminución de los aportes o cambios en los tipos de fertilizantes, pero no se podrían justificar en los aportes reales, cantidades por encima de las cuantías planificadas en el apartado 2.

**D.2. El Libro-Registro de producción y movimiento de estiércoles**, en las explotaciones ganaderas. Es coincidente con el modelo establecido en 2004, y la obligación de llevarlo y rellenarlo, se extiende, además de las explotaciones ganaderas, a cualquier entidad que realice la función de “gestor” de estiércoles, dentro de estas Zonas.

La responsabilidad del almacenamiento y buen uso de los estiércoles se genera en el productor (ganadero), y se traslada al siguiente usuario, sea un gestor de estiércoles o un agricultor para su uso como fertilizante.

A continuación, se incluyen las tablas nº 1, 2, y 3 de la Orden de 5 de septiembre de 2005 (BOA,nº 111, de 16 de septiembre).

*Tabla nº 1 Epocas en que no se puede aplicar fertilizantes que aporten Nitrógeno al suelo.*

Cultivos	Periodos de prohibición			
	Fertilizantes Grupo I	Fertilizantes Grupo II	Fertilizantes Grupo III	
<b>Secano</b>	Cereal de invierno	Enero-Junio	Abril-Julio	Junio- Septiembre
	Leguminosas	En todo el periodo vegetativo, excepto 2 meses antes de la siembra	En todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes antes de la siembra	En todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes, antes de la siembra
	Viñedo	Mayo- Septiembre	Mayo-Enero	Agosto-Febrero
	Olivo	Marzo- Diciembre	Abril-Diciembre	Octubre año n a Febrero año n+1
	Almendro	Febrero-noviembre	Febrero- noviembre	Septiembre año n, a febrero año n+1
<b>Regadío</b>	Cereal de invierno	Enero-Junio	Abril-Julio	Junio- Septiembre
	Gramíneas forrajeras	Enero-Junio	Abril-Julio	Junio- Septiembre
	Maíz	Julio-Diciembre	Agosto-Febrero	Agosto-Marzo
	Colza	Enero-Junio	Abril-Julio	Junio- Septiembre
	Girasol	Julio- Diciembre	Agosto-Febrero	Agosto-Febrero
	Alfalfa	Todo el periodo vegetativo, excepto 2 meses antes de la siembra.	Todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes antes de la siembra.	Todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes antes de la siembra.
	Leguminosas	Todo el periodo vegetativo, excepto 2 meses antes de la siembra	Todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes antes de la siembra	Todo el periodo vegetativo, excepto 1 mes antes de la siembra.
	Hortícolas	Hasta 2 meses antes de la siembra ó plantación	Hasta 1 mes antes de la siembra ó plantación	Hasta 1 mes antes de la siembra ó plantación
	Viña	Mayo-septiembre	Mayo-enero	Agosto-febrero
	Olivo	Marzo- Diciembre	Abril-Diciembre	Octubre año n a marzo año n+1
	Almendro	Febrero-Noviembre	Febrero-Noviembre	Septiembre año n, a Febrero año n+1
	Frutales	Febrero-Noviembre	Febrero-Noviembre	Septiembre año n, a Febrero año n+1

**Tabla nº 2 Cantidades máximas de Nitrógeno que se pueden aportar**

Cultivos	Cantidades máximas de Nitrógeno	Obsevaciones
Cereal de invierno (secano)	30 kg N/t de producción esperada	En sementera el 30% máximo y no en forma nítrica (abono mineral) <sup>(1)</sup>
Viñedo (secano)	10 kg N/t de producción media esperada	Antes de la entrada en producción, reducir las aportaciones a la mitad
Leguminosas grano	20 kg N/ha	En siembra
Alfalfa	30 kg N/ha	En siembra
Cereal de Invierno (regadío)	30 kg N/t de producción media esperada	En sementera el 30% máximo, y no en forma nítrica (abono mineral) <sup>(1)</sup>
Gramíneas forrajeras (regadío)	12 kg N/t de heno 2,8 kg N/ t de forraje verde	
Maíz (regadío)	30 kgN/t de producción media esperada	En sementera el 30% máximo, y no en forma nítrica (abono mineral) <sup>(1)</sup>
Colza (regadío)	30 kg N/t de producción media esperada	
Girasol (regadío)	50 kg N/t de producción esperada	En sementera, el 30% máximo, y no en forma nítrica (abono mineral) <sup>(1)</sup>
Hortícolas (regadío)	250 kg N/ha	Fracccionar las aportaciones en función de las épocas de máxima absorción por las plantas.

<sup>(1)</sup> Si los abonos son del tipo I y II, ó abonos minerales complejos, se permite aplicar todo el fertilizante en sementera.

**Tabla nº 3. Cantidades máximas de Nitrógeno/ha que se pueden aportar en frutales**

Especie	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año	6º año y sucesivos
Manzano (regadío)	20	35	50	65 más 0,6 kg de N/ tm de fruta	80	80
Melocotonero (regadío)	20	35	50	70 más 1,3 kg de N/ tm de fruta	90	90
Peral (regadío)	20	35	50	60 más 0,7 kg de N/ tm de fruta	75	75
Ciruelo (regadío)	20	35	50	70 más 0,9 kg de N/ tm de fruta	85	85
Albaricoquero (regadío)	20	35	50	70 más 1,2 kg de N/ tm de fruta	85	85
Cerezo (regadío)	20	35	50	70 más 1,3 kg de N/ tm de fruta	90	90
Olivo (regadío)	20	30	40	50 más 8 kg de N/ tm de olivas	60	70
Almendro (regadío)	20	30	40	50 más 11 kg de N/ 100 kg de pepita	60	70
Almendro (secano)	10	15	20	35 más 11 kg de N/ 100 kg de pepita	45	55
Olivo (secano)	10	15	20	35 más 8 kg de N/ tm de olivas	45	55

## Referencias :

- (1) Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. 91 / 676 / CEE.
- (2) Real Decreto 261/ 1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOE, nº 61, de 11 de marzo de 1996.
- (3) Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOA, nº 66, de 11 de junio de 1997.
- (4) Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura, por la que se aprueba el Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables Jalón-Huerva y Gallocanta, designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. BOA, nº 1, de 3 de enero de 2001.
- (5) Orden de 9 de mayo de 2003, del Departamento de Agricultura, por la que se modifica la Orden de 28 de diciembre de 2000 por la que se aprueba el programa de actuación sobre Zonas Vulnerables de Jalón-Huerva y Gallocanta, designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. BOA, nº 62, de 23 de mayo de 2003.
- (6) Orden de 19 de julio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se designan las siguientes nuevas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Aragón y se aprueba el Programa de Actuación sobre las mismas: Zona Vulnerable del acuífero Ebro III y Aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón; Zona Vulnerable de Singra-Alto Jiloca; Zona Vulnerable de los sectores oeste y centro del acuífero de Apiés; y Zona Vulnerable del acuífero Muel-Belchite. BOA, nº 91, de 4 de agosto de 2004.
- (7) Orden de 14 de enero de 2005, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se modifican los Programas de Actuación de las zonas declaradas vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOA, nº 18, de 9 de febrero de 2005.
- (8) Orden de 5 de septiembre de 2005,, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se aprueba el II Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables a la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. BOA nº 111, de 16 de septiembre.
- (9) Decreto 226/2005, de 8 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se modifica el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón por el que se prueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias.. BOA, nº 139, de 23 de noviembre de 2005.
- (10) Balance del nitrógeno en la agricultura española. Años 2002 y 2003. MAPA, 2004 y 2005.



# Capítulo 13

## Confección de los planes de abonado (Zonas Vulnerables)

Autor:

Fernando Orús Pueyo Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A.

Con la colaboración de: Espada, J.L., Pérez, M.; Gutiérrez, M. y Andreu, J.

APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcela"  
(AÑO: 20...-...). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro.

1. CULTIVO	2. Secano/regadío S/R	3. Superficie total de cultivo, ha	4. Nº de orden declaración PAC de parcelas-recintos, con dicho cultivo	5. Producción media kg/ha	6. Necesidades kg N/ha

La cumplimentación de los Libros-registro puede ser una ocasión oportuna para revisar las prácticas de fertilización nitrogenada.

## Confección de los planes de abonado (Zonas Vulnerables). Ejemplos de cálculo para los principales cultivos de Aragón.

En este capítulo, trataremos de exponer unos ejemplos de los principales cultivos de nuestra Comunidad, reflejándolos precisamente sobre el documento “Apartado 2” que se utiliza en los Libros-Registro de Aplicación de Fertilizantes para las Zonas Vulnerables. De este modo, podrían servir para facilitar la cumplimentación del citado Libro, para los agricultores situados en las Zonas Vulnerables, pero también, para cualquier agricultor que pretenda acercarse a lo que podría ser una práctica sostenible de la fertilización nitrogenada. Pensando en este segundo supuesto, hemos calculado un ejemplo, el de la patata (de media estación), utilizando una justificación técnica distinta a la que impone la Normativa, que conducen en este caso específico, a unos aportes inferiores de N.

Igualmente, para mostrar la diferencia entre aplicar las normas máximas permitidas por el Programa de Actuación en las Zonas Vulnerables, y las estrictamente técnicas, en los ejemplos del cultivo de tomate y del pimiento, se plantean las dos posibilidades: aplicación de normas ZZVV en cultivo normal, y las normas técnicas estrictas, en las variantes de cultivo intensivo con riego por goteo.

Especialmente, en el caso de los cultivos de regadío, se suponen una serie de situaciones, que no siempre ocurrirán en la realidad, pero que se incluyen para facilitar la comprensión de las muy diversas situaciones que se pueden presentar.

Ni que decir tiene, que por simplificación, no incluimos en los ejemplos el resto de “macro” nutrientes”: fósforo y potasio, pero dejando constancia de que no pueden olvidarse al planificar la fertilización global de los cultivos. Por una parte, porque son también factores imprescindibles para la producción, pero también por sus posibles interacciones (p. ejemplo, aportes de purín como nitrógeno y como fósforo), o porque pueden determinar el uso de uno u otro tipo de fertilizante, buscando la mayor economía o facilidad de manejo, a la hora de cubrir todas las necesidades de nutrientes.

En los ejemplos, tampoco vamos a cumplimentar el “Apartado 3”, dado que ya no nos interesa tanto cuál ha sido la realidad de las aplicaciones del abonado nitrogenado, frente a la “planificación” que estamos definiendo. En líneas generales, deberían coincidir al 100%, salvo que contingencias graves por sequías, plagas, accidentes meteorológicos, etc. impidieran o aconsejaran reducir, las previsiones planteadas.

### Observaciones:

#### Sobre el modelo del “Apartado 2” utilizado en nuestros ejemplos:

Se han suprimido, la columna nº 3 que recoge la superficie total del cultivo en cuestión, y la columna nº 4 que recoge el nº de orden, de la Declaración PAC, de las parcelas que tienen el mismo cultivo, para facilitar una mayor holgura (ancho) del resto de columnas.

#### Sobre el fraccionamiento de los aportes nitrogenados:

En la columna nº 6 “Necesidades en kg N/ha, y tal como expone el propio Libro-Registro de Aplicación de Fertilizantes, se refiere al máximo total de necesidades nitrogenadas que permite la norma. Para distinguir entre las cifras totales, y los posibles fraccionamientos de ese total, nosotros señalamos el total con un asterisco (\*) y luego, en líneas sucesivas, se recogen cada uno de los posibles fraccionamientos del mismo: Fraccionamiento 1:F1, Fraccionamiento 2:F2, Fraccionamiento 3:F3, etc si realmente se fracciona el abonado.



- En el caso de los **cultivos herbáceos**, el F1, equivaldría a las denominaciones tradicionales de abonado “de sementera” o “de fondo”. El F2, sería la primera cobertera, y si hubiera una segunda, sería el F 3.
- En el caso de los **frutales**, los fraccionamientos coinciden con los periodos siguientes: “De brotación a cuajado del fruto” / F1, de “Cuajado del fruto a final de la maduración” / F2, y un tercero, de “Final de la maduración a la caída de la hoja” / F3.
- En el caso de la **viña**: En el ejemplo presentando, se refieren los aportes de abono, a una determinada situación o estado fenológico.

Las mismas consideraciones de anotar en líneas sucesivas el abonado total\* y las posibles fracciones F1 / F2 / F3... se hacen al pasar a la columna 8, donde se recogen las Necesidades Netas.

### **Aportes indirectos de nitrógeno:**

En la columna 7: “Descuentos por suelo, agua de riego, etc (aportes indirectos),”, habría que considerar también los aportes por el cultivo anterior si ha sido una leguminosa, situación que introduciremos en los ejemplos de cultivo de regadío.

### **Necesidades netas de N (columna 8):**

Cuando no existan descuentos por aportes indirectos de N, las necesidades netas coinciden con las de la columna 6, tanto a efectos de cifras (necesidades)totales como de los distintos fraccionamientos. Sin embargo, cuando se conocen y se aplican los aportes indirectos, habrá que indicar como se descuentan a las necesidades totales: bien de una sóla vez (p. ejem. En el primer fraccionamiento o sementera), o bien proporcionalmente a cada fraccionamiento individualizado.

En esta columna de las necesidades netas, la suma de fracciones aplicadas debe coincidir con las necesidades totales.

### **Columnas 11 y 12 del Apartado 2:**

Tampoco las rellenamos en nuestro ejemplo, por las mismas consideraciones mencionadas anteriormente.

### **Ejemplos de Cultivos de SECANO:**

Recogemos, la cebada, la veza, el almendro, el olivo y la viña, en unas condiciones de producciones bajas (secanos tipo árido ó semiárido).

Dadas las bajas producciones que aplicamos, se atribuye baja fertilidad a las tierras, por lo que no se descontará en los ejemplos los aportes indirectos.

- **Cebada:** se fraccionan los aportes totales, en un 30% aproximado en sementera o fondo (F1), y el resto en cobertera o segunda fracción (F2).
- **Veza para forraje:** como leguminosa que es, solo se permite aplicaciones de N en presiembra, en las dosis indicadas en la normativa: 20 kg N/ha.
- **Olivo:** con producciones medias bajas, 600 kg de aceituna, sus necesidades se calculan de acuerdo con la norma, con unos aportes fijos (árboles en plena producción) y una parte proporcional a la producción. Al resultar, cantidades pequeñas de nitrógeno se aplican en una sóla vez: como F1.



- **Almendro:** También con producciones medias bajas, en el ejemplo, de 150 kg de pepita/ha.  
Aquí habrá que recordar, dado que la norma calcula el N necesario en función de la edad de la plantación y la producción en pepita, que el rendimiento del fruto en pepita respecto al de cáscara puede estar entre un 0,24 y un 0,30, según variedades (valores más pequeños para las variedades tradicionales, y más próximos a 0,28-0,30 para las variedades modernas mejoradas).  
En nuestro ejemplo, los 150 kg de pepita, de variedades tradicionales, supondrían (al 0,25), unos 600 kg de almendra-cáscara.
- **Viña:** Con producciones de 4000 kg, el abono se aplica en una sólo vez, en el estado fenológico B.

## Ejemplos de Cultivos de REGADÍO:

### Aportes indirectos de N

1. *Fijación biológica:* En los ejemplos de cultivos de regadío, entre los herbáceos extensivos: Trigo, Maíz, Girasol y Alfalfa, los supondremos formando parte de una rotación, con lo cual uno de ellos aparecería cuando menos, detrás de la alfalfa,—en el nuestro ejemplo, será el maíz.

Por tal motivo, dicho cultivo aprovecharía los restos nitrogenados de la misma, estimados como mínimo para el primer año, como de 100 kg de N, y el trigo, del año siguiente aprovechará un mínimo de 50 kg de N.

La secuencia de cultivos, podría quedar como sigue:

Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3	Alfalfa 4	Maíz	Trigo	Girasol
Girasol	A 1	A 2	A 3	A 4	Maíz	Trigo
Trigo	Girasol	A 1	A 2	A 3	A 4	Maíz
			A 1	A 2	A 3	A 4

2. *Mineralización del N procedente de la materia orgánica del suelo:*

Como referencia de la tierra disponible, indicaremos que la zona de regadío de nuestro ejemplo, es de suelos tipo “franco”, con un 2% de materia orgánica,

con lo cual podremos descontar por sistema,—por la mineralización del N de dicha materia orgánica— unos 40 kg de N /ha. (Ver referencia R5 del propio libro de registro).

3. *Aportes de N por el agua del riego:*

A efectos de agua de riego en nuestro ejemplo, suponemos que los herbáceos extensivos: trigo, maíz, alfalfa y girasol, están en una zona con dotación de riego a pie, con agua de buena calidad, que prácticamente no contiene nitratos, mientras que el resto de los cultivos, están ubicados en otra área donde tienen que regarse con un pozo, cuyo contenido medio de nitratos es de 45 mg/litro, y unas dotaciones medias del orden de 6.000 litros/ha. Si se pretendiera ajustar al máximo los aportes de N, tendríamos que calcular el N, con los volúmenes de agua específicos de cada cultivo, y no con la media indicada de 6.000 m<sup>3</sup>/ha.

En consecuencia, en el primer caso, -de los herbáceos extensivos- sólo descontaremos como aporte indirecto a todos los cultivos: 40 kg de N/ha, mientras en el caso de los cultivos regados con agua de pozo, además de estos 40 kg, hay que descontar el N del agua del riego:

que supone para 45 mgr/litro y 6.000 m<sup>3</sup>/ha, un descuento de 61 ó 60 kg de N/ha. (Ver referencia R-6, del propio libro-registro).

La suma de los dos aportes indirectos, en los cultivos regados con el pozo, alcanzará a 40 + 61 = unos, aproximadamente 100 kg de N/ha.

Como cultivos regados en nuestro ejemplo, con aguas contaminadas por nitratos, incluiremos entre las hortícolas: la patata tradicional, patata en cultivo intensivo, tomate tradicional, tomate con riego por goteo, pimiento tradicional y con riego goteo.

Entre los leñosos: un frutal de hueso (melocotón), uno de pepita (manzano), Olivo intensivo, y Viña en regadío

- **Maíz** (regadío): Con una producción media de 12.000 kg/ha, tiene unas necesidades máximas teóricas de  $12 \times 30 = 360$  kg de N/ha. *Al venir tras la alfalfa, dispondrá de 100 kg de N*, más los 40 aportados por la materia orgánica del suelo. Con lo cual las necesidades netas, resultan de  $360 - 100 - 40 = 220$  kg de N/ha, que se aplicarán como dos coberteras: F2 y F3, de 110 kg de N cada una, en forma de urea:  $110 / 0,46 = 239$  (240 kg de urea/ha)
- **Trigo** (regadío): Con una producción media de 5.000 kg, y unas necesidades máximas de 150 kg de N/ha, quedarían reducidas a 110 kg de N, tras el descuento del aporte indirecto (M.O. del suelo) de los 40. Viniendo, -tal como lo hemos supuesto- detrás de alfalfa y de maíz, *aún recibiría un aporte indirecto de N de la alfalfa*, del orden de 50 kg de N, con lo que sus necesidades netas quedarían reducidas a:  $150 - 40 - 50 = 60$  kg de N. Por lo que se aportará, simplemente como una cobertera: F2/ en forma de urea:  $60/0,46 = 130$  kg de urea por ha.
- **Girasol** (regadío): Con una producción media de 2800 kg, ya no recibiría más aportes indirectos, que el de la materia orgánica del suelo. Sus necesidades máximas, serían de  $2,8 \times 50 = 140$  kg de N/ha, que se transforman en  $140 - 40 = 100$  kg de N/ha. En el ejemplo suponemos que aprovechamos una oferta gratuita de purín porcino de cebadero (de 5,5 kg de N/m<sup>3</sup>), que aplicaremos antes de la siembra, a razón de:  $100/ 5,5 = 18,181$  m<sup>3</sup>/ha.
- **Alfalfa** (regadío): Volvería a instalarse, tras los tres cultivos anteriores. La norma permitiría aplicar en presiembra, del orden de 30 kg de N/ha, pero el simple aporte indirecto de la materia orgánica del suelo lo proporciona, con lo que no precisaría de ningún fertilizante nitrogenado.

A título de curiosidad, indicaremos que una alternativa teórica como la indicada, con 4/7 de la superficie ocupada por alfalfa, y el resto: 3/7, con maíz, trigo y girasol, supondrían unos aportes netos de N / cada 7 has de alternativa de: 220 (maíz) + 60 (trigo) + 100 (girasol) = 380, es decir:  $380/7 = 54,28$  kg de N/ha. de alternativa global y año. *Llevando estas cifras, al terreno de las Zonas vulnerables, y la normativa actual (2005), tratando por ejemplo, de justificar el uso de un purín porcino de cebadero, por cada hectárea de una alternativa como la indicada, no podríamos justificar nada más que:  $54,28 / 5,5 = 9,87$  m<sup>3</sup> de purín/ha.*

### **Grupo de cultivos regados en el ejemplo, con agua de pozo, que contiene nitratos:**

Como ya indicamos anteriormente, estos cultivos, tendrán un descuento por aportes indirectos, de 100 kg de N/ha.

- **Patata media estación:** o de cultivo tradicional, con una producción media estimada de 30.000 kg/ha. *Para el cálculo de sus necesidades de N, al no estar especificada en las normas (a no ser que se incluya como una hortícola, en general), nosotros tomaremos las indicadas en la Información Técnica nº 93/2000 <sup>(3)</sup>, de 4,5 kg de N/ tonelada de patata (media estación o tardía)*, con lo que resulta como máximo, de  $4,5 \times 30 = 135$  kg de N. Tras el descuento de los 100 kg de N de aportes indirectos, las necesidades netas quedan reducidas a 35 kg de N, que las aplicaremos, en fondo, en una pequeña estercoladura con estiércol de ovino de 6,7 kg de N/ tonelada.
- **Patata cultivo intensivo** (regadío): Con 50.000 kg de producción estimada. Aquí las necesidades netas, alcanzan 125 kg de N/ha, que aplicaremos igualmente, en forma de estiércol de ovino, en presiembra
- **Tomate de industria** (regadío): Con una producción estimada de 60.000 kg, *le aplicaremos como necesidades máximas de N, las de 250 kg/ha, de acuerdo con la Orden de 2005*. Al aplicar los descuentos de materia orgánica y del agua de riego, las necesidades netas quedan reducidas a 150 kg de N, que los aplicaremos en dos aportaciones F2 y F3, cada una de 75 kg de N, y en forma de nitrato amónico del 33,5% de N.
- **Tomate** (regadío), **con riego por goteo:** En este caso, y como ya adelantamos en la introducción, para calcular las necesidades de N, *utilizaremos las referencias técnicas de <sup>(3)</sup>, a razón de 2,2 kg de N /t de producción* con lo que las necesidades máximas alcanzarían a:  $2,2 \times 80 = 176$  kg de N. Tras el descuento de los aportes indirectos, nos quedan unas necesidades netas, de 76 kg de N.

- **Pimiento** (regadío): con 18.000 kg de producción por ha, y *unas necesidades máximas de N, de 250 kg, -tomando igualmente las cifras de la Norma de 2005-* llegamos con el descuento de 100 kg N, a los 150 kg de N como necesidades netas. Se aplicará en forma de dos coberteras de 75 kg de N cada una. La primera con el complejo 9-23-30, y la segunda, en forma de nitrato amónico del 33,5% de N.
- **Pimiento** (regadío), **en riego por goteo**: Se razonará los aportes de N, por las normas técnicas de <sup>(3)</sup>, en lugar de las máximas que establece la Normativa. En el caso del pimiento, son del orden de 3,6 kg de N/ t de producción, con lo que las necesidades máximas suponen: 3,6 x 25 toneladas de producción = 90 kg de N. Al ser inferiores a los aportes indirectos (100 kg), no debe aplicarse abonado nitrogenado.
- **Frutal de hueso**, Melocotonero (regadío): Con una producción, en nuestro ejemplo, de 20.000 kg/ha, no permite, de acuerdo con la norma, justificar más de:  $90 + 1,3 \times 20 = 116$  kg de N/ha. Al aplicar los descuentos por aportes indirectos, nos queda únicamente 16 kg de N por aplicar, que se cumplirían con aportes de 123 kg de nitrato potásico, por hectárea.
- **Frutal de pepita**, Manzano (regadío): En el caso del manzano, sus necesidades totales máximas, no pasan de 101 kg de N/ha, con lo que son igualadas por los aportes indirectos, y en consecuencia, no se precisa aportar ningún fertilizante nitrogenado.
- **Olivo intensivo** (regadío): En este ejemplo, suponemos plantaciones de alta densidad, con más de 6-7 años, y unas producciones en esas condiciones de 10.000kg de aceituna/ha <sup>(4)</sup>. Aún así, de acuerdo con la norma, las necesidades no sobrepasan los 150 kg de N/ha, y solamente queda por aportar, tras los descuentos, unas necesidades netas de 50 kg de N/ha, que se resuelven con 385-400 kg de nitrato potásico del 13% de N.
- **Viña** en regadío: Con una producción estimada en nuestro ejemplo, de 8.000 kg, no precisaría más de 80 kg de N/ha y año, que son aportados -en las condiciones presupuestas- por el suelo y el agua de riego, y no precisarían ningún aporte adicional de nitrógeno.

## Referencias:

- <sup>(1)</sup> Libro-Registro de Aplicación de fertilizantes/ Ref. 5: Aportes de nitrógeno por la materia orgánica del suelo. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón (2005).
- <sup>(2)</sup> Idem. /Ref.6: Cantidad de nitrógeno que aporta el agua del riego.
- <sup>(3)</sup> "El código de buenas prácticas agrarias (I). Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos". Información Técnica del Dpto de Agricultura, Nº 93/2000. Diputación Gral de Aragón. Orús F., Quílez D., y Betrán J.
- <sup>(4)</sup> "La plantación de olivos en alta densidad con la variedad Arbequina. Aspectos técnico-económicos". Gobierno de Aragón-FEOGA, 2003. Espada J.L.



*La combinación de tierra y ganado puede facilitar y economizar la fertilización de los cultivos. (Foto F. Orús).*

## EJEMPLOS Secano

### APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcelas-recintos con dichos cultivos, y NECESIDADES DE NITRÓGENO"

(AÑO: 20.....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

1. CULTIVO	2. Secano, o regadío S/R	3	4.	5. Producc. media kg/ha	6. Necesidades - kg N/ha *Totales fraccionamiento 1 / F1 Fraccionamiento 2 / F2 Fraccionamiento 3 / F3	7. Descuentos por: suelo, agua, etc	8. Necesidades netas: (6)-(7) Total* F1 F2	9. Tipos de fertilizantes a utilizar	10. kg fertilizante (9) a aplicar/ha	A cumplimentar, después de haber rellenado el Apartado 3	
										11. kg de N realmente aplicados/ha	12. Cosecha obtenida kg/ha
Cebada	S			2000	2 x 30 = 60*	-	60*	-	-		
					20 kg N/ F1, fondo	-	20 F1	8-15-15	250		
					40 kg N/ F2, cobert.	-	40 / F2	Urea 46% N	87		
Veza forraje	S			20000	20*	-	20*	-	-		
					20 kg N/F1 proscimbra	-	20 / F1	8-24-8	250		
Olivo	S			600	55 + 0,6 x 8 = 60*	-	60*	-	-		
					60 kg N/ F1	-	60 / F1	8-15-15	750		
Almendro	S			150 pepita	55 + 11 x 0,15 = 57*	-	57*	-	-		
					57 kg N/ F1	-	57 / F1	8-15-15	712		
Viña	S			4000	10 x 4 = 40*	-	40*	-	-		
					40 kg N/ F1	-	40 / F1	9 8 27	444		

## EJEMPLOS Regadío

### APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcelas-recintos con dichos cultivos, y NECESIDADES DE NITRÓGENO"

(AÑO: 20.....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

1. CULTIVO	2. Secano, o regadío S/R	3.	4.	5. Produc c. media kg/ha	6. Necesidades kg N/ha	7. Descuentos por: suelo, agua, etc	8. Necesidades netas: (6)-(7)	9. Tipos de fertilizantes a utilizar	10. kg fertilizante (9) a aplicar/ha	A cumplimentar, después de haber rellenado el A apartado 3	
										11. kg de N realmente aplicados/ha	12. Cosecha obtenida kg/ha
Maiz	R			12000	12 x 30 = 360 *	100 + 40 = 140	220*	-	-		
					-	--	110 / F1	Urea 46 % N	240		
					-	-	110 / F2	Urea 46% N	240		
Trigo	R			5000	5 x 30 = 150	40 + 50 = 90	60*	-	-		
					-	-	60 / F 2	Urea 46% N	130		
Girasol	R			2800	2,8 x 50 = 140 *	40	100*				
					-	-	100 / F 1	Purin porcino cebo 5,5 kgN/m3	18181		
Alfalfa 1	R				30* kg N / F1	40	0	-	-		
Alfalfa 2,3,y4	R				0	40	0	-	-		
Patata med estación	R			30000	30 x 4,5 = 135*	40 + 60 = 100	35*	-	-		
					-	-	35 / F 1	Estiércol ovino 6,7 kgN/t	5244		
Patata intesiv	R			50000	50 x 4,5 = 225b	100	125*	-	-		
					-	-	125 / F 1	Estiércol ovino 6,7 kgN/t	18657		

## EJEMPLOS Regadío

### APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcelas-recintos con dichos cultivos, y NECESIDADES DE NITRÓGENO"

(AÑO: 20.....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

1. CULTIVO	2. Secano, o regadío SIR	3.	4.	5. Producc. media kg/ha	6. Necesidades kg N/ha	7. Descuentos por: suelo, agua, etc	8. Necesidades netas: (6)-(7)	9. Tipos de fertilizantes a utilizar	10. kg fertilizante (9) a aplicar/ha	A. cumplimentar, después de haber rellenado el Apartado 3	
										11. kg de N realmente aplicado/ha	12. Cosecha obtenida kg/ha
Tomate inddus	R			60000	250*	100	150*	-	-		
					-	-	75 / F2	Nitrato amon.cabico 33,5%	224		
					-	-	75 / F3	Idem	224		
Tomate riego por goteo	R			80000	2,2 x 80 = 176*	100	76*	-	-		
							76 / F2	Nitrato amon.33,5%	227		
Pimiento	R			18000	250*	100	150*	-	-		
					-	-	75 F 1	9-23-30	833		
					-	-	75 F 2	Nitrato amon.cabico 33,5	224		
Pimiento riego goteo	R			25000	3,6 x 25 = 90	100	0*	--	-		

## EJEMPLOS Regadío

### APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcelas-recintos con dichos cultivos, y NECESIDADES DE NITRÓGENO"

(AÑO: 20.....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

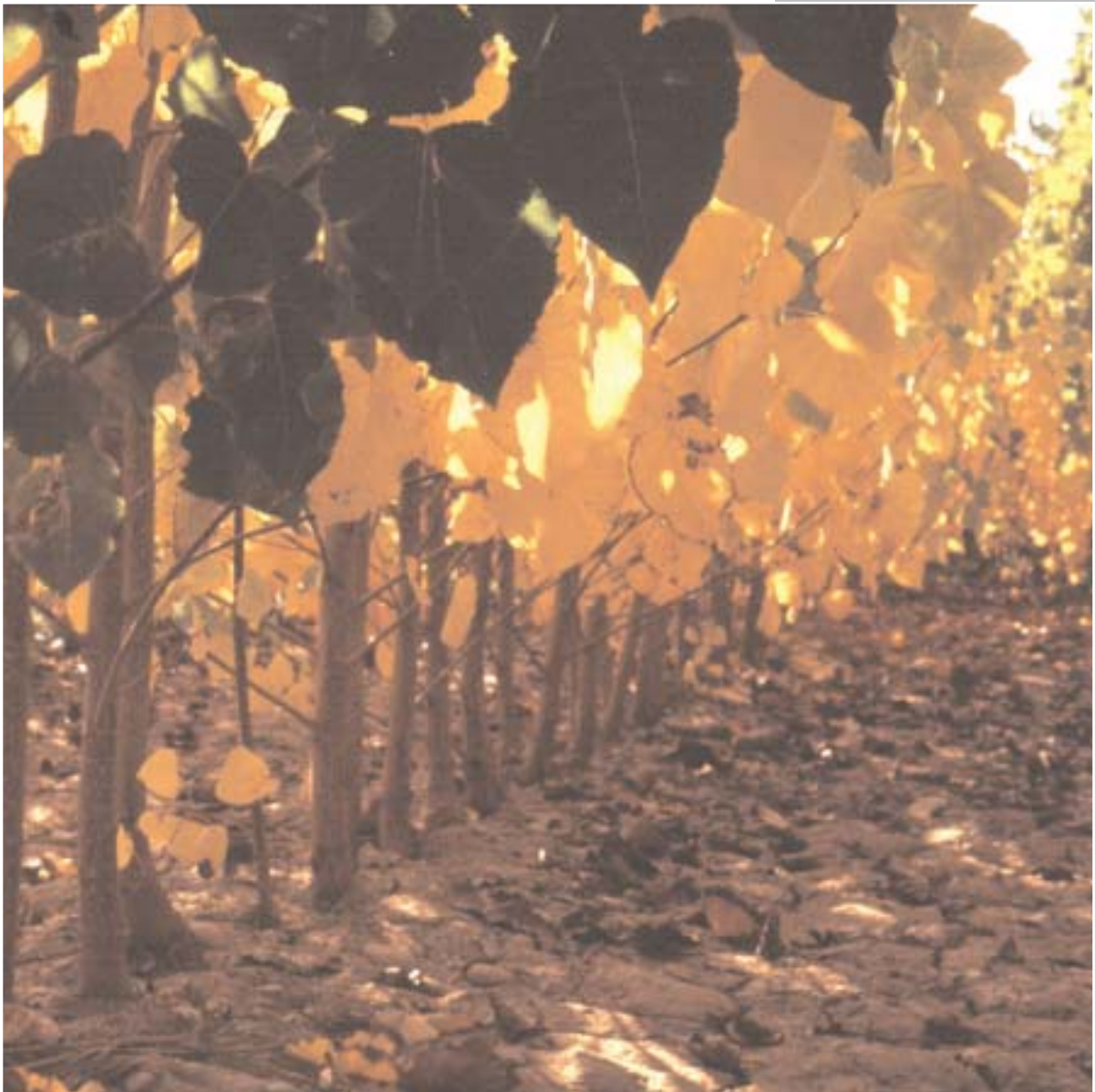
1. CULTIVO	2. Secano, o regadío S/R	3.	4.	5. Produc. media kg/ha	6. Necesidades kg N/ha	7. Descuentos por: suelo, agua, etc	8. Necesidades netas: (6)-(7)	9. Tipos de fertilizantes a utilizar	10. kg fertilizante (9) a aplicar/ha	A. cumplimentar, después de haber rellenado el Apartado 3	
										11. kg de N realmente aplicado/ha	12. Cosecha obtenida kg/ha
Melocotonero	R			20000	$90 + 1,3 \times 20 = 116^*$	100	16*	-	-		
						-	16 F1	Nitrato potásico 13%N	123		
Marzano	R			35000	$80 + 0,6 \times 35 = 101^*$	100	1*				
						-	0 / F1	-	-		
Olivo intens.	R			10000	$70 + 8 \times 10 = 150^*$	100	50*				
						-	50 / F1	Nitrato potásico 13%	385		
Viña	R			8000	$10 \times 8 = 80^*$	100	0	-	-		
						-	0 / F1	-	-		



Anexos

Capítulo

14



DIRECTIVA DEL CONSEJO

de 12 de diciembre de 1991

relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura (91/676/CEE)

EL CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea y, en particular, su artículo 130 S,

Vista la propuesta de la Comisión <sup>(1)</sup>,

Visto el dictamen del Parlamento Europeo <sup>(2)</sup>,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social <sup>(3)</sup>,

Considerando que el contenido de nitratos de las aguas de algunas regiones de los Estados miembros está aumentando y ya es elevado en comparación con los niveles establecidos en las Directivas del Consejo 75/440/CEE, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros <sup>(4)</sup>, modificada por la Directiva 79/869/CEE <sup>(5)</sup>, y 80/778/CEE, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano <sup>(6)</sup>, modificada por el Acta de adhesión de 1985;

Considerando que el cuarto programa de acción de las Comunidades Europeas en materia de medio ambiente <sup>(7)</sup> apuntaba que la Comisión proyectaba presentar una propuesta de Directiva sobre el control y la reducción de la contaminación de las aguas causada por la propagación o el vertido de residuos procedentes de la ganadería y por el uso excesivo de fertilizantes;

Considerando que el Libro verde de la Comisión las perspectivas de la política agraria común, sobre la reforma de la política agraria común, señala que, aunque la agricultura comunitaria necesite fertilizantes y abonos animales que contienen nitrógeno, el uso excesivo de fertilizantes es un riesgo para el medio ambiente, que se precisan iniciativas comunes para controlar los problemas ocasionados por la ganadería intensiva y que la política agraria debe tener más en cuenta la política medioambiental;

Considerando que la Resolución del Consejo, de 28 de junio de 1988, sobre la protección del Mar del Norte y de otras aguas comunitarias <sup>(8)</sup> invita a la Comisión a presentar propuestas de medidas comunitarias;

Considerando que la causa principal de la contaminación originada por fuentes difusas que afecta a las aguas de la Comunidad son los nitratos procedentes de fuentes agrarias;

Considerando que es necesario, en consecuencia, reducir la contaminación de las aguas provocada o inducida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, así como prevenir en mayor medida dicha contaminación para proteger la salud humana, los recursos vivos y los ecosistemas acuáticos, así como salvaguardar otros usos legítimos de las aguas; considerando que a tal fin es importante tomar medidas relativas al almacenamiento y a la aplicación a las tierras de todos los compuestos nitrogenados y a ciertas prácticas de gestión de la tierra;

Considerando que, dado que la contaminación de las aguas producida por nitratos en un Estado miembro puede afectar a las aguas de otro Estado miembro, es necesaria, por consiguiente, una acción comunitaria de conformidad con lo dispuesto en el artículo 130 R;

Considerando que mediante el fomento de prácticas agrarias correctas los Estados miembros pueden proporcionar a todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación futura;

Considerando que hay zonas que vierten en aguas vulnerables a la contaminación producida por compuestos nitrogenados que requieren una protección especial;

Considerando que es necesario que los Estados miembros identifiquen sus zonas vulnerables y proyecten y apliquen programas de acción para reducir la contaminación de las aguas producida por compuestos nitrogenados en las zonas vulnerables;

Considerando que dichos programas de acción deben incluir medidas que limiten la aplicación a las tierras de todos los fertilizantes que contienen nitrógeno y, en particular, establecer límites específicos para la aplicación de los abonos animales;

Considerando que es necesario controlar las aguas y aplicar métodos de medición de referencia a los compuestos nitrogenados para garantizar que las medidas sean efectivas;

Considerando que la situación hidrogeológica en determinados Estados miembros es tal que pueden transcurrir muchos años antes de que las medidas de protección produzcan una mejora de la calidad de las aguas;

Considerando que debe crearse un Comité encargado de asistir a la Comisión en los temas relativos a la aplicación de la presente Directiva y su adaptación al progreso científico y técnico;

Considerando que los Estados miembros deberían redactar y presentar a la Comisión informes sobre la aplicación de la presente Directiva;

Considerando que la Comisión debería informar regularmente sobre la aplicación de la presente Directiva por parte de los Estados miembros,

HA ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

### **Artículo 1**

El objetivo de la presente Directiva es:

- reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario, y
- actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase.

### **Artículo 2**

A efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

- a) «aguas subterráneas»: todas las aguas que estén bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo;
- b) «agua dulce»: el agua que surge de forma natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada a fin de producir agua potable;
- c) «compuesto nitrogenado»: cualquier sustancia que contenga nitrógeno, excepto el nitrógeno molecular gaseoso;
- d) «ganado»: todos los animales criados con fines de aprovechamiento o con fines lucrativos;
- e) «fertilizante»: cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación; comprende el estiércol, los desechos de piscifactorías y los lodos de depuradora;
- f) «fertilizante químico»: cualquier fertilizante que se fabrique mediante un proceso industrial;
- g) «estiércol»: los residuos excretados por el ganado o las mezclas de desechos y residuos excretados por el ganado, incluso transformados;
- h) «aplicación sobre el terreno»: la incorporación de sustancias al mismo, ya sea extendiéndolas sobre la superficie, inyectándolas en ellas, introduciéndolas por debajo de su superficie o mezclándolas con las capas superficiales del suelo;
- i) «eutrofización»: el aumento de la concentración de compuestos de nitrógeno, que provoca un crecimiento acelerado de las algas y las especies vegetales superiores, y causa trastornos negativos en el equilibrio

de los organismos presentes en el agua y en su propia calidad;

- j) «contaminación»: la introducción de compuestos nitrogenados de origen agrario en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el ecosistema acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas;
- k) «zona vulnerable»: una superficie de terreno definida con arreglo al apartado 2 del artículo 3.

### **Artículo 3**

1. Los Estados miembros determinarán, con arreglo a los criterios definidos en el Anexo I, las aguas afectadas por la contaminación y las aguas que podrían verse afectadas por la contaminación si no se toman medidas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 5.

2. Los Estados miembros designarán, en un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva, como zonas vulnerables todas las superficies conocidas de su territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas contempladas en el apartado 1 y que contribuyan a la contaminación. Notificarán esta designación inicial a la Comisión en el plazo de seis meses.

3. Cuando aguas determinadas por un Estado miembro con arreglo al apartado 1 estén afectadas por contaminación procedente de aguas de otro Estado miembro que fluyan directa o indirectamente hacia dichas aguas, el Estado miembro cuyas aguas se vean afectadas notificará los hechos pertinentes al otro Estado miembro y a la Comisión.

Los Estados miembros afectados llevarán a cabo la concertación necesaria, con la Comisión cuando fuera oportuno, para determinar las fuentes en cuestión y las medidas que deban tomarse para proteger las aguas afectadas a fin de garantizar la conformidad con lo dispuesto en la presente Directiva.

4. Los Estados miembros examinarán y, si procede, modificarán o ampliarán las designaciones de zonas vulnerables en un plazo adecuado y como mínimo cada cuatro años, a fin de tener en cuenta cambios y factores no previstos en el momento de la designación anterior. Notificarán a la Comisión cualquier modificación o ampliación de las designaciones en un plazo de seis meses.

5. Los Estados miembros no estarán obligados a determinar zonas vulnerables específicas en caso de que elaboren y apliquen programas de acción contemplados en el artículo 5 con arreglo a lo dispuesto en la presente Directiva en todo su territorio nacional.

### **Artículo 4**

1. Con objeto de establecer para todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación, los Estados miembros, dentro de un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva:

- a) elaborarán uno o más códigos de prácticas agrarias correctas que podrán poner en efecto los agricultores de forma voluntaria, que contengan disposiciones que abarquen al menos, las cuestiones mencionadas en la letra A del Anexo II;

- b) establecerán, cuando sea necesario, un programa de fomento de la puesta en ejecución de dichos códigos de prácticas agrarias correctas, el cual incluirá la formación e información de los agricultores.

2. Los Estados miembros informarán detalladamente a la Comisión acerca de sus códigos de prácticas agrarias correctas y la Comisión incluirá información sobre dichos códigos en el informe a que se refiere el artículo 11. A la luz de la información recibida y si lo considerare necesario, la Comisión podrá presentar las oportunas propuestas al Consejo:

#### **Artículo 5**

1. En un plazo de dos años a partir de la designación inicial a que se refiere el apartado 2 del artículo 3, o de un año a partir de cada designación complementaria con arreglo al apartado 4 del artículo 3, y con objeto de cumplir los objetivos especificados en el artículo 1, los Estados miembros establecerán programas de acción respecto de las zonas vulnerables designadas.

2. Los programas de acción podrán referirse a todas las zonas vulnerables del territorio de un Estado miembro o, si dicho Estado miembro lo considerare oportuno, podrán establecerse programas diferentes para distintas zonas vulnerables o partes de dichas zonas.

3. Los programas de acción tendrán en cuenta:

- a) los datos científicos y técnicos de que se disponga, principalmente con referencia a las respectivas aportaciones de nitrógeno procedentes de fuentes agrarias o de otro tipo;
- b) las condiciones medioambientales en las regiones afectadas del Estado miembro de que se trate.

4. Los programas de acción se pondrán en aplicación en el plazo de cuatro años desde su elaboración y consistirán en las siguientes medidas obligatorias:

- a) las medidas del Anexo III;
- b) las medidas dispuestas por los Estados miembros en el o los códigos de prácticas agrarias correctas establecidos con arreglo al artículo 4, excepto aquellas que hayan sido sustituidas por las medidas del Anexo III.

5. Por otra parte, y en el contexto de los programas de acción, los Estados miembros tomarán todas aquellas medidas adicionales o acciones reforzadas que consideren necesarias si, al inicio o a raíz de la experiencia adquirida al aplicar los programas de acción, se observare que las medidas mencionadas en el apartado 4 no son suficientes para alcanzar los objetivos especificados en el artículo 1. Al seleccionar estas medidas o acciones, los Estados miembros tendrán en cuenta su eficacia y su coste en comparación con otras posibles medidas de prevención.

6. Los Estados miembros elaborarán y pondrán en ejecución programas de control adecuados para evaluar la eficacia de los programas de acción establecidos de conformidad con el presente artículo.

Los Estados miembros que apliquen el artículo 5 en todo su territorio nacional controlarán el contenido de nitrato en las aguas (superficiales y subterráneas) en puntos de medición seleccionados mediante los que se pueda establecer el grado de contaminación de las aguas provocada por nitratos de origen agrario.

7. Los Estados miembros revisarán y, si fuere necesario, modificarán sus programas de acción, incluidas las posibles medidas adicionales que hayan adoptado con arreglo al apartado 5, al menos cada cuatro años. Comunicarán a la Comisión los cambios que introduzcan en los programas de acción.

#### **Artículo 6**

1. A fin de designar zonas vulnerables y de modificar o ampliar la lista de dichas zonas, los Estados miembros:

- a) dentro de un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva, controlarán la concentración de nitratos en las aguas dulces durante un período de un año:
- ii) en las estaciones de muestreo de aguas de superficie, contempladas en el apartado 4 del artículo 5 de la Directiva 75/440/CEE y/o en otras estaciones de muestreo de aguas de superficie de los Estados miembros, por lo menos una vez al mes, y con mayor frecuencia durante los períodos de crecida;
- ii) en las estaciones de muestreo que sean representativas de los acuíferos subterráneos de los Estados miembros, a intervalos regulares y teniendo en cuenta lo dispuesto en la Directiva 80/778/CEE;
- b) repetirán el programa de control establecido en la letra a) por lo menos cada cuatro años, con excepción de las estaciones de muestreo en que la concentración de nitratos de todas las muestras anteriores hubiere sido inferior a los 25 mg/l y cuando no hubieren aparecido nuevos factores que pudieren propiciar el aumento del contenido de nitrato, en cuyo caso, bastará con repetir al programa de control cada ocho años;
- c) revisarán el estado eutrófico de sus aguas dulces de superficie, y de sus aguas de estuario y costeras cada cuatro años.

2. Se aplicarán los métodos de medición de referencia que figuran en el Anexo IV.

#### **Artículo 7**

Se podrán elaborar directrices para el control mencionado en los artículos 5 y 6 con arreglo al procedimiento del artículo 9.

#### **Artículo 8**

Los Anexos de la presente Directiva podrán ser adaptados al progreso científico y técnico con arreglo al procedimiento del artículo 9.

#### **Artículo 9**

1. La Comisión estará asistida por un Comité compuesto por los representantes de los Estados miembros y presidido por el representante de la Comisión.

2. El representante de la Comisión presentará al Comité un proyecto de medidas. El Comité emitirá su dictamen sobre dicho proyecto en un plazo que su presidente podrá establecer según la urgencia del asunto. El dictamen será emitido por la mayoría cualificada establecida en el apartado 2 del artículo 148 del Tratado para las decisiones que el Consejo deba aprobar a propuesta de la Comisión. Los votos de los representantes de los Estados miembros en el seno del Comité se ponderarán según lo dispuesto en el artículo mencionado. El presidente no participará en la votación.

3. a) La Comisión adoptará las medidas proyectadas si se ajustan al dictamen del Comité.

b) Si las medidas proyectadas no se ajustan al dictamen del Comité, o si éste no emite dictamen alguno, la Comisión someterá al Consejo a la mayor brevedad una propuesta relativa a las medidas que deban tomarse. El Consejo se pronunciará por mayoría cualificada.

c) Si el Consejo no actúa en un plazo de tres meses a partir del momento en que la propuesta se haya sometido al Consejo, la Comisión adoptará las medidas propuestas, salvo que el Consejo rechace dichas medidas por mayoría simple.

#### **Artículo 10**

1. Con respecto al período de cuatro años a partir de la notificación de la presente Directiva, y con respecto a cada período subsiguiente de cuatro años, los Estados miembros presentarán a la Comisión un informe en el que constará la información contemplada en el Anexo V.

2. El informe mencionado en el presente artículo se presentará a la Comisión dentro de los seis meses siguientes al final del período a que se refiera.

#### **Artículo 11**

Sobre la base de la información recibida según lo dispuesto en el artículo 10, la Comisión publicará informes de síntesis en un plazo de seis meses a partir de la presentación de los informes por los Estados miembros y los transmitirá al Parlamento Europeo y al Consejo. A la luz de la puesta en ejecución de la Directiva y, en particular, de lo dispuesto en el Anexo III, la Comisión presentará al Consejo, a más tardar el 1 de enero de 1998, un informe acompañado cuando proceda de propuestas de revisión de la presente Directiva.

#### **Artículo 12**

1. Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la presente Directiva en un plazo de dos años a partir de su notificación <sup>(1)</sup>. Informarán de ello inmediatamente a la Comisión.

2. Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas incluirán una referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.

3. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión los textos de las disposiciones de Derecho nacional que adopten en el ámbito cubierto por la presente Directiva.

#### **Artículo 13**

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 12 de diciembre de 1991.

Por el Consejo

El Presidente

J.G.M. ALDERS

<sup>(1)</sup> La presente Directiva ha sido notificada a los Estados miembros el 19 de diciembre de 1991.

## **ANEXO I**

### **CRITERIOS PARA IDENTIFICAR LAS AGUAS A QUE SE REFIERE EL APARTADO 1 DEL ARTÍCULO 3**

A. Las aguas contempladas en el apartado 1 del artículo 3 se identificarán utilizando, entre otros criterios, los siguientes:

1. si las aguas dulces superficiales, en particular las que se utilicen o vayan a utilizarse para la extracción de agua potable presentan, o pueden llegar a presentar si no se actúa de conformidad con el artículo 5, una concentración de nitratos superior a la fijada de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 75/440/CEE;
2. si las aguas subterráneas contienen más de 50 mg/l de nitratos, o pueden llegar a contenerlos si no se actúa de conformidad con el artículo 5;
3. si los lagos naturales de agua dulce, otras masas de agua dulce naturales, los estuarios, las aguas costeras y las aguas marinas son eutróficas o pueden eutrofizarse en un futuro próximo si no se actúa de conformidad con el artículo 5.

B. Al aplicar estos criterios los Estados miembros también deberán tener en cuenta:

1. las características físicas y ambientales de las aguas y de la tierra;
2. los conocimientos actuales sobre el comportamiento de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente (aguas y suelos);
3. los conocimientos actuales sobre las repercusiones de las acciones llevadas a cabo de conformidad con el artículo 5.

## **ANEXO II**

### **CÓDIGO(S) DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS**

A. El código o los códigos de buenas prácticas agrarias, cuyo objetivo sea reducir la contaminación provocada por los nitratos y tener en cuenta las condiciones de las distintas regiones de la Comunidad, deberían contener disposiciones que contemplen las siguientes cuestiones, en la medida en que sean pertinentes:

1. los períodos en que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras;
2. la aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos inclinados y escarpados;
3. la aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve;
4. las condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de agua;
5. la capacidad y el diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, las medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados como el forraje ensilado;
6. procedimientos para la aplicación a las tierras de fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes en las aguas a un nivel aceptable, considerando tanto la periodicidad como la uniformidad de la aplicación.

- B. Los Estados miembros también podrán incluir las siguientes cuestiones en su (s) código (s) de buenas prácticas agrarias:
7. la gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos y a la proporción de la superficie de tierras dedicada a cultivos permanentes en relación con cultivos anuales;
  8. el mantenimiento durante períodos (lluviosos) de un manto mínimo de vegetación que absorba el nitrógeno del suelo que, de lo contrario, podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos;
  9. el establecimiento de planes de fertilización acordes con la situación particular de cada explotación y la consignación en registros del uso de fertilizantes;
  10. la prevención de la contaminación del agua por escorrentía y la filtración del agua por debajo de los sistemas radiculares de los cultivos en los sistemas de riego.

### ANEXO III

#### MEDIDAS QUE DEBERÁN INCLUIRSE EN LOS PROGRAMAS DE ACCIÓN A QUE SE REFIERE LA LETRA A) DEL APARTADO 4 DEL ARTÍCULO 5

1. Las medidas incluirán normas relativas a:
  1. los períodos en los que está prohibida la aplicación a las tierras de determinados tipos de fertilizantes;
  2. la capacidad de los tanques de almacenamiento de estiércol; dicha capacidad deberá ser superior a la requerida para el almacenamiento de estiércol a lo largo del período más largo durante el cual esté prohibida la aplicación de estiércol a la tierra en la zona vulnerable, excepto cuando pueda demostrarse a las autoridades competentes que toda cantidad de estiércol que exceda de la capacidad real de almacenamiento será eliminada de forma que no cause daños al medio ambiente;
  3. la limitación de la aplicación de fertilizantes a las tierras que sea compatible con las prácticas agrarias correctas y que tenga en cuenta las características de la zona vulnerable considerada y, en particular:
    - a) las condiciones del suelo, el tipo de suelo y la pendiente;
    - b) las condiciones climáticas, de pluviosidad y de riego;
    - c) los usos de la tierra y las prácticas agrarias, incluidos los sistemas de rotación de cultivos;
 

y deberá basarse en un equilibrio entre:

      - i) la cantidad previsible de nitrógeno que vayan a precisar los cultivos, y ii) la cantidad de nitrógeno que los suelos y los fertilizantes proporcionan a los cultivos, que corresponde a:
        - la cantidad de nitrógeno presente en el suelo en el momento en que los cultivos empiezan a utilizarlo en grandes cantidades (cantidades importantes a finales del invierno),
        - el suministro de nitrógeno a través de la mineralización neta de las reservas de nitrógeno orgánico en el suelo,
        - los aportes de compuestos nitrogenados procedentes de excrementos animales,

- los aportes de compuestos nitrogenados procedentes de fertilizantes químicos y otros.
2. Estas medidas evitarán que, para cada explotación o unidad ganadera, la cantidad de estiércol aplicada a la tierra cada año, incluso por los propios animales, exceda de una cantidad por hectárea especificada.
 

La cantidad especificada por hectárea será la cantidad de estiércol que contenga 170 kg N. No obstante:

    - a) durante los primeros programas de acción cuatrienal, los Estados miembros podrán permitir una cantidad de estiércol que contenga hasta 210 kg N;
    - b) durante y transcurrido el primer programa de acción cuatrienal, los Estados miembros podrán establecer cantidades distintas de las mencionadas anteriormente. Dichas cantidades deberán establecerse de forma que no perjudiquen el cumplimiento de los objetivos especificados en el artículo 1 y deberán justificarse con arreglo a criterios objetivos, por ejemplo:
      - ciclos de crecimiento largos;
      - cultivos con elevada captación de nitrógeno;
      - alta precipitación neta en la zona vulnerable;
      - suelos con capacidad de pérdida de nitrógeno excepcionalmente elevada.

Cuando un Estado miembro autorice una cantidad distinta con arreglo a la presente letra b), informará a la Comisión, que estudiará la justificación con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 9.

3. Los Estados miembros podrán calcular las cantidades mencionadas en el punto 2 basándose en el número de animales.
4. Los Estados miembros informarán a la Comisión de la forma en que estén aplicando lo dispuesto en el punto 2. A la vista de la información recibida, la Comisión podrá, si lo considera necesario, presentar propuestas pertinentes al Consejo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 11.

### ANEXO IV

#### MÉTODOS DE MEDICIÓN DE REFERENCIA

##### Fertilizantes químicos

La medición de los compuestos nitrogenados se efectuará con arreglo al método descrito en la Directiva 77/535/CEE de la Comisión, de 22 de junio de 1977, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los métodos de toma de muestras y de análisis de los abonos <sup>(1)</sup>, cuya última modificación la constituye la Directiva 89/519/CEE <sup>(2)</sup>.

##### Agua dulce, costera y marina

La concentración de nitratos se medirá según lo establecido en el apartado 3 del artículo 4 bis de la Decisión 77/795/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1977, por la que se establece un procedimiento común de intercambio de informaciones relativo a la calidad de las aguas continentales superficiales en la Comunidad <sup>(3)</sup>, modificada por la Decisión 86/574/CEE <sup>(4)</sup>.

## ANEXO V

### CONTENIDO QUE DEBERA FIGURAR EN LOS INFORMES A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 10

1. Una declaración de las medidas preventivas adoptadas de conformidad con el artículo 4.
2. Un mapa que refleje lo siguiente:
  - a) las aguas identificadas de conformidad con el apartado 1 del artículo 3 y con el Anexo I, con indicación, para cada masa de agua, de cuál de los criterios expuestos en el Anexo I se ha seguido para la identificación ;
  - b) la localización de las zonas vulnerables designadas, distinguiendo entre las zonas ya existentes y las que hayan sido designadas con posterioridad al informe anterior.
3. Un resumen del resultado del control efectuado de conformidad con el artículo 6, en el que constará una declaración de las motivaciones que hayan inducido a la designación de cada zona vulnerable, o a cualquier modificación o ampliación de las designaciones de zonas vulnerables.
4. Un resumen de los programas de acción elaborados de conformidad con el artículo 5 y, en especial, de:
  - a) las medidas impuestas en las letras a) y b) del apartado 4 del artículo 5;
  - b) la información exigida en el punto 4 del Anexo III;
  - c) cualquier medida o acción reforzada complementaria que se adopte de conformidad con el apartado 5 del artículo 5;
  - d) un resumen del resultado de los programas de control aplicados en virtud del apartado 6 del artículo 5;
  - e) las hipótesis de las que partan los Estados miembros respecto al calendario probable en que se espere que las aguas identificadas de conformidad con el apartado 1 del artículo 3 respondan a las medidas del programa de acción, junto con una indicación del grado de incertidumbre que dichas hipótesis supongan.

<sup>(1)</sup> DO n° L 213 de 22. 8. 1977, p. 1.

<sup>(2)</sup> DO n° L 265 de 12. 9. 1989, p. 30.

<sup>(4)</sup> DO n° L 334 de 24. 12. 1977, p. 29.

<sup>(4)</sup> DO n° L 335 de 28. 11. 1986, p. 44.



## DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

*DECRETO 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.*

La Contaminación de las aguas causada, en determinadas circunstancias por la producción agrícola intensiva es un fenómeno cada vez más acusado que se manifiesta especialmente en un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, así como a la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales.

Para paliar el problema, la Comisión de la Unión Europea aprobó, con fecha 12 de diciembre de 1991, la Directiva 9/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos en la agricultura, imponiendo a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación de nitratos de esta procedencia, estableciendo criterios para designar como zonas vulnerables, aquellas superficies territoriales cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos.

El Estado español traspuso la Directiva, mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación y producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

El Ministerio de Medio Ambiente ha remitido a la Diputación General de Aragón la "Determinación de las masas de agua afectadas por la contaminación o en riesgo de estarlo, por aportación de nitratos de origen agrario", en cumplimiento del artículo 3 del Real Decreto 261/1996, al objeto de que el órgano competente de la Comunidad Autónoma de Aragón declare Zonas vulnerables aquellas superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a la contaminación por nitratos de las citadas masas de agua determinadas. Asimismo la Comunidad Autónoma de Aragón, según el artículo 5 del citado Real Decreto, ha de aprobar el Código de Buenas Prácticas Agrarias.

El Estatuto de Autonomía de Aragón (texto reformado por la Ley Orgánica 5/1996, de 30 de diciembre), atribuye a la Comunidad Autónoma de Aragón en su artículo 35.1, apartado 12, competencia exclusiva en materia de agricultura, en su artículo 37.3, competencia de desarrollo legislativo y ejecución de materia de protección del medio ambiente, determinando el artículo 40, párrafo 4, que la Diputación General adoptará las medidas necesarias para la ejecución, dentro de su territorio, de los tratados internacionales y actos normativos de las organizaciones internacionales en lo que afecten a las materias propias de las competencias de la Comunidad Autónoma.

Por todo lo expuesto, a propuesta del Consejero de Agricultura y Medio Ambiente y, previa deliberación, el Gobierno de Aragón, en su reunión del día 27 de mayo de 1997,

DISPONGO:

*Artículo primero:* Aprobar el Código de Buenas Prácticas Agrarias de aplicación en la Comunidad Autónoma de Aragón.

*Artículo segundo:* Designar inicialmente como Zonas Vulnerables en la Comunidad Autónoma de Aragón, a los efectos que dimanar del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, las siguientes áreas:

--Subpolígono de la Unidad Hidrogeológica número 09.37, "Jalón Huerva", que incluye los núcleos de Calatorao, La Almunia de Doña Godina, Cariñena y Longares.

--Subpolígono de la Unidad Hidrogeológica número 09.44 "Gallocanta", que incluye los núcleos de Las Cuerlas, Tornos, Torralba de los Sisones y Bello.

La descripción cartográfica de las citadas Zonas figura como anexo al presente Decreto.

### DISPOSICIONES FINALES

*Primera.*--Por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente se comunicará al Ministerio de Medio Ambiente la relación de Zonas Vulnerables aprobada mediante el presente Decreto y el Código de Buenas Prácticas Agrarias elaborado para esta Comunidad Autónoma.

*Segunda.*--Se faculta al Consejero de Agricultura y Medio Ambiente para establecer los Programas de Actuación sobre las Zonas Vulnerables, de acuerdo con el artículo 6 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero.

*Tercera.*--La presente disposición entrará en vigor el mismo día de su publicación en el "Boletín Oficial de Aragón".

Zaragoza, 27 de mayo de 1997.

El Presidente del Gobierno de Aragón,  
SANTIAGO LANZUELA MARINA

El Consejero de Agricultura y Medio Ambiente,  
JOSE MANUEL LASA DOLHAGARAY



44 GALLOCANTA

Zona vulnerable (sup: 14.215 has)

ABASTECIMIENTO Población

● Población

- Poblaciones
- Límite acuífera
- Carreteras
- Límite municipal
- Límite provincial
- Límite hidrográfica

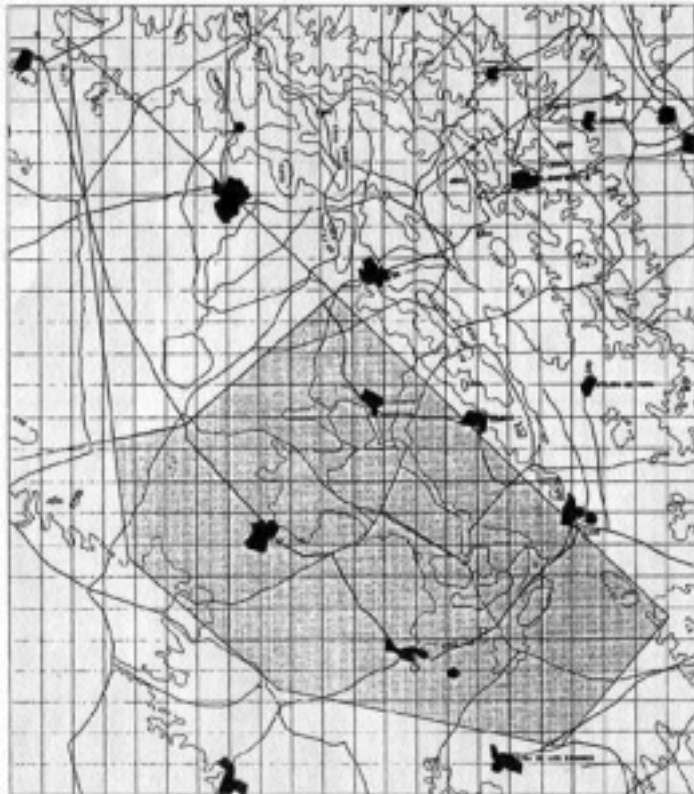
VALORACIÓN DATOS

- Puntos de control (PNC)
- Puntos de control (PNC) con información incompleta

Referencia sobre el tipo de zona:  
 - Zona vulnerable  
 - Zona de riesgo  
 - Zona de alto riesgo



GOBIERNO DE ARAGÓN  
 DEP. AGRICULTURA Y  
 MEDIO AMBIENTE  
 S.A. Gestión Agraria



COORDENADAS UTM (EPSG:3147) - UTM 31QUT, 750, 6100000, 4610000

37 JALÓN - HUÉRYA

Zona vulnerable (sup: 47.711 has)

ABASTECIMIENTO Población

● Población

- Poblaciones
- Límite acuífera
- Carreteras
- Límite municipal
- Límite provincial
- Límite hidrográfica

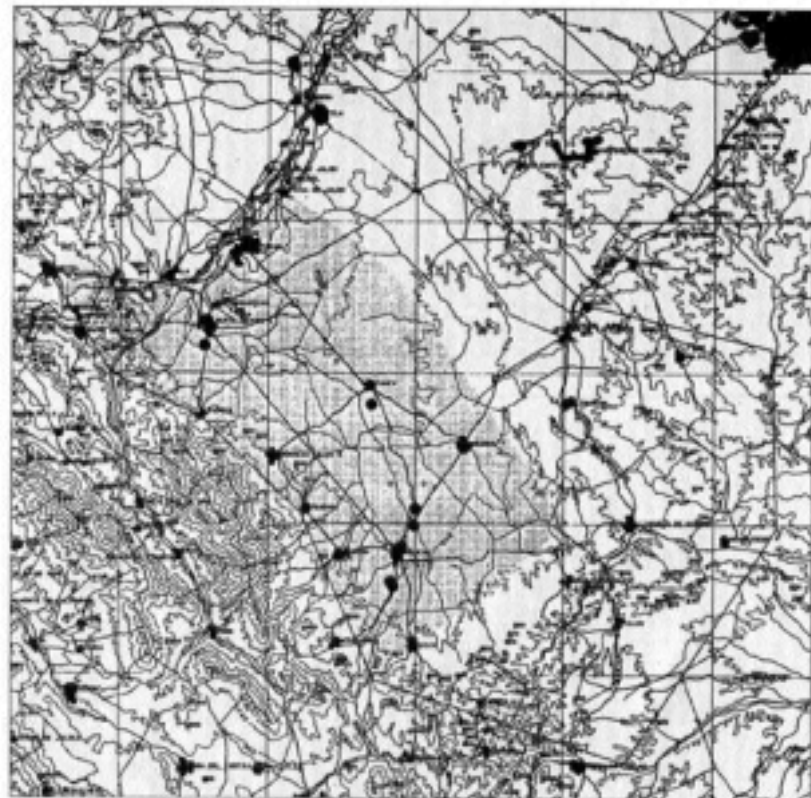
VALORACIÓN DATOS

- Puntos de control (PNC)
- Puntos de control (PNC) con información incompleta

Referencia sobre el tipo de zona:  
 - Zona vulnerable  
 - Zona de riesgo  
 - Zona de alto riesgo



GOBIERNO DE ARAGÓN  
 DEP. AGRICULTURA Y  
 MEDIO AMBIENTE  
 S.A. Gestión Agraria



COORDENADAS UTM (EPSG:3147) - UTM 31QUT, 750, 6100000, 4610000

CODIGO DE BUENAS PRACTICAS AGRARIAS  
COMUNIDAD AUTONOMA DE ARAGON  
(Directiva del Consejo 91/ 676 / CEE)

0. INTRODUCCION

El presente Código de Buenas Prácticas agrarias responde a las exigencias comunitarias recogidas en la Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias y ha sido elaborado por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Aragón.

La multiplicidad de condiciones climáticas, edafológicas y de prácticas culturales presentes en la agricultura representan un grave inconveniente a la hora de establecer, con carácter general, una serie de normas a adoptar por los agricultores y ganaderos en la fertilización orgánica y mineral de sus suelos. Por este motivo, el Código no puede entrar con detalle en la situación particular de cada explotación, limitándose a dar una panorámica general del problema, a la descripción de los productos potencialmente fuentes de la contaminación nitrática de las aguas y a contemplar la problemática y actuaciones generales en cada una de las situaciones o cuestiones que recoge el anexo II de la Directiva 91/676/CEE, antes citada.

El Código no tiene carácter obligatorio, siendo más bien una recopilación de prácticas agrarias concretas que voluntariamente podrán llevar a efecto los agricultores. No obstante, una vez que la administración designe las zonas vulnerables y establezca para las mismas los programas de acción correspondientes, las medidas contenidas en ellos serán de obligado cumplimiento.

Sirva pues el presente Código de Buenas Prácticas Agrarias como marco de referencia para el desarrollo de una agricultura compatible con el medio ambiente, en consonancia con una racional utilización de los fertilizantes nitrogenados y base para la elaboración de programas de acción mucho más concretos y específicos para cada una de las zonas vulnerables que se designen.

1. DEFINICIONES

A los efectos del presente Código de Buenas Prácticas Agrarias, y considerando igualmente la terminología recogida en la Directiva del Consejo 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, se entenderá por:

a) Contaminación de las aguas por nitrato de origen agrario. La introducción de compuestos nitrogenados de origen agrario en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el ecosistema acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas.

b) Contaminación difusa de las aguas por nitrato de origen agrario. Es la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas debido al nitrato de origen agrario. El término difuso se refiere a que esta contaminación no ocurre en un punto específico de un cauce, como puede ser el vertido de una industria, sino que se produce espacialmente en una (i.e. a lo largo del cauce de un río) o dos dimensiones (i.e. a través de una superficie que drena hacia un acuífero) y es por tanto difícil de cuantificar.

c) Contaminación puntual. Es la contaminación que vierte directamente en un punto específico y por lo tanto es fácil de medir y cuantificar.

d) Zonas vulnerables. Superficies conocidas del territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación y las que podrían verse afectadas por la contaminación si no se toman las medidas oportunas.

e) Aguas subterráneas. Todas las aguas que estén bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

f) Agua dulce. El agua que surge de forma natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada a fin de producir agua potable.

g) Compuesto nitrogenado. Cualquier compuesto que contenga nitrógeno, excepto el nitrógeno molecular gaseoso.

h) Ganado. Todos los animales criados con fines de aprovechamiento o con fines lucrativos.

i) Fertilizante nitrogenado. Cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación; comprende el estiércol, los desechos de piscifactorías y los lodos de depuradoras.

j) Fertilizante químico. Cualquier fertilizante que se fabrique mediante un proceso industrial.

k) Estiércol. Los residuos excretados por el ganado o las mezclas de desecho y residuos excretados por el ganado, incluso transformados.

l) Purín. Es el líquido que escurre de un estiércol. m) Estiércol fluido. Son las deyecciones sólidas y líquidas excretadas por el ganado diluidas con más o menos agua <sup>(1)</sup>.

n) Agua sucia. Es el desecho, con menos del 3% de materia seca generalmente formado por estiércol, orina, leche u otros productos lácteos o de limpieza. Generalmente se engloba con el estiércol fluido.

ñ) Lodos de depuradora. Son los lodos residuales sólidos de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas o urbanas.

o) Lodos tratados. Son los lodos de depuración tratados por una vía biológica, química o térmica y almacenamiento posterior, de manera que se reduzca de forma significativa su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización.

p) Drenajes de ensilados. Líquido que escurre de cosechas o forrajes frescos almacenados en un recinto cerrado o silo.

q) Aplicación sobre el terreno. La incorporación de sustancias al suelo, ya sea extendiéndolas sobre la superficie, inyectándolas en ella, introduciéndolas por debajo de su superficie o mezclándolas con las capas superficiales del suelo.

r) Eutrofización. El aumento de la concentración de nutrientes en las aguas que provoca un crecimiento acelerado de las algas y de las especies vegetales superiores, y causa trastornos negativos en el equilibrio de los organismos presentes en el agua, así como de su calidad.

s) Demanda bioquímica de oxígeno. Es el oxígeno disuelto requerido por los organismos para la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente en el agua. Los datos usados para los propósitos de esta clasificación deberán medirse a 20°C por un período de 5 días (DBO5).

t) Compactación. Es el apelmazamiento excesivo de los suelos tanto en superficie como en profundidad producido por la circulación de máquinas pesadas. Esto constituye un obstáculo a la circulación del agua y del aire y aumenta la escorrentía y la erosión hídrica.

## 2. TIPOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

La aportación de N a los cultivos puede realizarse utilizando ya abonos químicos ya residuos zootécnicos. La elección, dada su expectativa de respuesta al nivel productivo y ambiental depende de la forma química en que el N está presente en los productos usados. Para acertar en la elección es oportuno ilustrar, brevemente, las formas de N presentes en los fertilizantes y su comportamiento en el terreno y en la nutrición vegetal.

a) Abonos con N exclusivamente nítrico. El ión nítrico es de inmediata asimilabilidad por el aparato radical de las plantas y por tanto de buena eficiencia. Es móvil en el suelo y por tanto expuesto a procesos de escorrentía y lixiviación en presencia de excedentes hídricos. El N nítrico debe usarse en los momentos de mayor absorción por parte de los cultivos (en cobertera y mejor en dosis fraccionadas). Los principales abonos que contienen sólo N bajo forma nítrica son el nitrato de Chile (15,5 %), nitrato de calcio (N = 15,5 %) y el nitrato de potasio (N = 13 %, K<sub>2</sub>O = 46 %).

b) Abonos con N exclusivamente amoniacal. Los iones amonio, a diferencia de los nítricos son retenidos por el suelo y por ello no son tan fácilmente lavables y/o lixiviables. La mayor parte de las plantas utilizan el N amoniacal solamente después de su nitrificación por parte de la biomasa microbiana del suelo. El N amoniacal tiene por tanto una acción más lenta y condicionada a la actividad microbiana. Los principales abonos conteniendo sólo N amoniacal son el amoniaco anhidro (N = 82 %), el sulfato amónico (N = 20-21 %), las soluciones amoniales (riqueza mínima: 10 % N), los fosfatos amónicos (fosfato diamónico (DAP): 18/46 %) y el fosfato monoamónico (MAP): 12/51 %).

c) Abonos con N nítrico y amoniacal. Tales tipos de abono representan un avance sobre las características de los dos tipos precedentes de productos. En función de la relación entre el N nítrico y el amoniacal, estos pueden dar soluciones válidas a los diversos problemas de abonado en función de la fase del cultivo y de la problemática de intervención en el campo. Los principales productos nitroamoniales son el nitrato amónico, normalmente comercializado en España con riqueza del 33,5 % N, mitad nítrico y mitad amoniacal, y los nitratos amónicos cálcicos, con riqueza desde el 20,5 %. Existen asimismo soluciones de nitrato amónico y urea (riqueza mínima: 26 % N) y el nitrosulfato amónico con el 26% N, del que el 7 % es nítrico y el 19 % amoniacal.

d) Abonos con N uréico. La forma uréica del N no es por sí misma directamente asimilable por la planta. Debe ser transformada por obra de la enzima ureasa primero en N amoniacal y sucesivamente por la acción de los microorganismos del terreno en N nítrico para poder ser metabolizado por las plantas. El N uréico tiene por tanto una acción levemente más retardada que el N amoniacal. Pero se debe tener en cuenta que la forma uréica es móvil en el suelo y muy soluble en agua. El producto fundamental es la urea (N = 46 %), el abono comercial sólido de mayor riqueza en N.

e) Abonos con N exclusivamente en forma orgánica. En los abonos orgánicos el N en forma orgánica está principalmente en forma protéica. La estructura de las proteínas que lo contienen es más o menos complicada (proteínas globulares, generalmente fácilmente hidrolizables y escleroproteínas) y por ello la disponibilidad del N para la nutrición de las plantas está más o menos diferenciada en el tiempo, de algunas semanas hasta algunos meses. Tal disponibilidad pasa a través de una serie de transformaciones del N: de aminoácidos, sucesivamente en N amoniacal y después en N nítrico. Por ello encuentran su mejor aplicación en el abonado de fondo y en cultivos de ciclo largo.

f) Abonos con N orgánico y mineral (abonos organominerales). Son productos que permiten activar la acción del N en el tiempo: al mismo tiempo aseguran una combinación de sustancias orgánicas de elevada calidad por elemento nutritivo mejorándose la disponibilidad por la planta.

g) Abonos con N de liberación lenta. Son abonos de acción retardada cuya característica principal es liberar su N lentamente para evitar las pérdidas por lavado y adaptarse así al ritmo de absorción de la planta. Los productos más comunes son la urea-formaldehído con el 36% al menos de N, la crotonilidendiurea con el 30% al menos de N y la isobutilidendiurea con 30 kg de N por 100 kg de producto terminado. También pueden integrarse en esta categoría los abonos minerales revestidos de membranas más o menos permeables.

h) Inhibidores de la actividad enzimática. Actúan incorporando a los fertilizantes convencionales sustancias que inhiben los procesos de nitrificación o de desnitrificación. Dan lugar a reacciones bioquímicas que son de por sí lentas y que llegan a paralizar la reacción correspondiente.

Las sustancias más conocidas y experimentadas a nivel agronómico son aquellas que ralentizan la transformación del ión amonio en ión nítrico. Tales sustancias son llamadas: inhibidores de la nitrificación. Actualmente hay en el comercio formulados con adición de cantidades calibradas de dicianidamida (DCD).

La adición de inhibidores de la nitrificación ha sido experimentada en Europa, también para los afluentes zootécnicos a fin de retardar la nitrificación de la elevada parte de N amoniacal presente en los estiércoles fluidos y así aumentar su eficacia.

La diversidad de los efectos que los efluentes zootécnicos obran sobre el sistema agroambiental se justifica con la variabilidad de sus composiciones, tanto en cantidad como en calidad. Por lo que respecta al N la comparación entre los diversos materiales debe hacerse no sólo sobre la base del contenido total sino también sobre su distribución cualitativa. Este nutriente, de hecho, está presente en la sustancia orgánica de origen zootécnico de varias formas, que pueden ser clasificadas funcionalmente en tres categorías:

--N mineral.

--N orgánico fácilmente mineralizable.

--N orgánico residual (de efecto lento).

Se pueden así sintetizar las características salientes de los diversos afluentes zootécnicos.

i) Estiércol bovino. Constituye un material de por sí de difícil confrontación con los otros por razón de la elevada presencia de compuestos de lenta degradabilidad. Su particular maduración ha hecho de él un material altamente polimerizado hasta el punto de resultar parcialmente inatacable por la microflora y de demorarse por eso la descomposición. Su función es en grandísima parte estructural, contribuyendo a promover la agregación de las partículas terrosas y la estabilidad de los glomérulos formados. El efecto nutritivo, de momento, tiene una importancia relativamente menor, pero se prolonga por más años del de su aplicación. En general, se indica que este efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30 % del N total presente. El efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembren.

j) Estiércol fluído bovino. Presenta características fuertemente diferenciadas en función del sistema de cría, pudiendo llegar desde el fluído auténtico (7 % de sustancia seca) hasta la consistencia más o menos pastosa del llamado "liquiestiércol", que puede llegar a una riqueza en sustancia seca del 15-20 % cuando se usa cama a razón de 3-4 kg por cabeza y por día. El efecto estructural puede confiarse que sea una cantidad casi partida en dos respecto al estiércol de los compuestos de N de lenta degradabilidad (40 %), mientras que el efecto nutritivo en el primer año de mineralización puede llegar como máximo al 60 %. En general, se trata de un abono de eficiencia media en el curso del primer año y de buen efecto residual, pero la gran variabilidad del material puede hacer alejar con mucho las características funcionales de las medias antes indicadas. En particular, la presencia mayor de cama aproximará mayormente su comportamiento al del estiércol, mientras que los sistemas de separación y de almacenaje influirán en el grado de maduración y de estabilización.

k) Estiércol fluído porcino. Asimismo con la inevitable variabilidad de la composición en función de la fase productiva y del tratamiento de las deyecciones, resulta más fácil estimar la composición y el valor fertilizante. De hecho, es un material que puede llegar a proveer, ya en el primer año, eficiencias del N que llegan al 60%. Es evidente, entonces, que el efecto residual puede ser sólo limitado, así como su contribución a la mejora de la estabilidad estructural del suelo.

l) Estiércol de ovino o sirle. Sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riquezas más elevadas en N y K<sub>2</sub>O frente al de las demás especies animales.

El efecto sobre la estructura del suelo es mediano.

La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50 % el primer año, 35 % el segundo año y el 15 % el tercer año.

m) Gallinaza. En este caso la casi totalidad del N está presente en forma disponible ya en el primer año de suministro resulta por ello un abono de eficacia inmediata, parecida a los de síntesis.

También en este caso, el efecto residual puede ser considerado débil y el estructural prácticamente insignificante. Es un material muy difícil de utilizar correctamente porque no está estabilizado, es de difícil distribución, sujeto a fuertes pérdidas por volatilización y con problemas de olores desagradables.

Tales inconvenientes pueden ser, sin embargo,

considerablemente reducidos o eliminados, utilizando sistemas de tratamiento como la desecación o el compostaje que permiten revalorizar las propiedades nutritivas y estructurales.

n) Compost. Los composts son abonos orgánicos obtenidos mediante un proceso de transformación biológica aerobia de materias orgánicas de diversa procedencia. Es de particular interés para las fincas que puedan disponer de deyecciones zootécnicas y materiales ligno-celulósicos de desecho (pajas, tallos, residuos culturales diversos) que son mezclados con las deyecciones, tal cual o tratadas.

A esta gran variabilidad de las materias originales se añaden las del sistema de compostaje, en relación con las condiciones físicas y los tiempos de maduración.

Se hace por eso difícil generalizar el comportamiento agronómico de los composts; pero se puede recordar que el resultado medio de un proceso de compostaje, correctamente manejado durante un tiempo suficiente y con materiales típicos de una finca agrícola, es un fertilizante análogo al estiércol. Estará por ello caracterizado por una baja eficiencia en el curso del primer año, compensada por un efecto más prolongado; también las propiedades enmendantes pueden ser asimiladas a las del estiércol.

Siempre teniendo en cuenta la heterogeneidad de la procedencia de las materias orgánicas compostables, el empleo del compost debe hacerse con particular cautela a causa de la posible presencia de contaminantes (principalmente metales pesados en caso de utilización de compost de residuos urbanos) que pueden limitar el empleo a ciertas dosis dictadas por el análisis del suelo y del compost a utilizar, sobre la base de cuanto disponga la normativa vigente.

ñ) Lodos de depuradora. Es posible el empleo como abonos de los lodos de procesos de depuración de aguas residuales urbanas u otras que tengan características tales para justificar un uso agronómico (adecuado contenido en elementos fertilizantes, de materia orgánica, presencia de contaminantes dentro de límites establecidos). El N contenido en los lodos de depuración, extremadamente variable, como media el 3 al 5% sobre la sustancia seca, está disponible desde el primer año. La utilización agronómica de estos productos para los cuales valen precauciones análogas a las expresadas anteriormente para los composts, está regulada por el R.D. 1310/1990, de 29 de octubre, este Decreto define los lodos y su análisis así como las concentraciones de metales pesados en los lodos destinados a su utilización agraria y en los suelos que se abonan con ellos.

### 3. EL CICLO DEL NITROGENO EN LOS SUELOS AGRICOLAS

El nitrógeno en el suelo está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que se denomina ciclo del nitrógeno. En el gráfico nº 1 se presentan los principales componentes y procesos del ciclo, diferenciando los aportes, las reservas y las extracciones o pérdidas.

Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción de los cultivos, es necesario conocer como influyen las prácticas agrícolas y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo. Los principales elementos del ciclo del nitrógeno en los suelos que conviene considerar son:

Absorción de N por la planta y extracción por la cosecha. La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del N en los suelos agrícolas. Esta absorción es la que el agricultor debe optimizar para conseguir una buena producción y un beneficio económico.

Del N absorbido por la planta, una parte vuelve al suelo después de la cosecha en forma de residuos (raíces, tallos y hojas) y puede ser aprovechado por los cultivos siguientes; otra parte se extrae del campo con la cosecha. Existen datos de la extracción aproximada de N por las cosechas, pero estos valores no pueden emplearse directamente para el cálculo del abonado necesario para cada cultivo sin conocer la eficiencia de utilización del N fertilizante en cada caso; esta eficiencia es variable en diferentes situaciones. La extracción de N por la cosecha sólo da una idea de las necesidades mínimas de nitrógeno que tiene el cultivo.

**Mineralización e inmovilización.** La mineralización es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mediante la acción de los microorganismos del suelo; la inmovilización es el proceso contrario. Como ambos actúan en sentido opuesto, su balance se denomina mineralización neta. La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende de muchos factores, tales como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1-2 por 100 del N total, y esto supone una producción de N mineral de unos 40 a 150 kg/ha, en los primeros 30 cm del suelo.

Un factor importante a considerar en la mineralización de la materia orgánica que se añade al suelo es su relación C/N, que indica la proporción de carbono (C) a nitrógeno (N). Generalmente, cuando se añade materia orgánica al suelo con una relación de 20-25 o menor, se produce una mineralización neta, mientras que si los valores de este cociente son más altos, entonces los microbios que degradan esta materia orgánica consumen más amonio que el que se produce en la descomposición, y el resultado es una inmovilización neta de N (esta regla es solamente aproximada). La relación C/N de la capa arable en los suelos agrícolas suele estar entre 10-12.

**Nitrificación.** En este proceso, el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se transforma primero en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), y éste en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mediante la acción de bacterias aerobias del suelo. Debido a que, normalmente, el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato.

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kg N/ha/día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables.

En ocasiones, debido a que la nitrificación es bastante más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión del N orgánico en nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio).

**Desnitrificación.** La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración.

**Fijación biológica.** La fijación biológica de nitrógeno consiste en la incorporación del nitrógeno gaseoso de la atmósfera a las plantas gracias a algunos microorganismos del suelo, principalmente bacterias. Uno de los grupos más importantes de bacterias que fijan nitrógeno atmosférico es el *Rhizobium*, que forma nódulos en las raíces de las leguminosas.

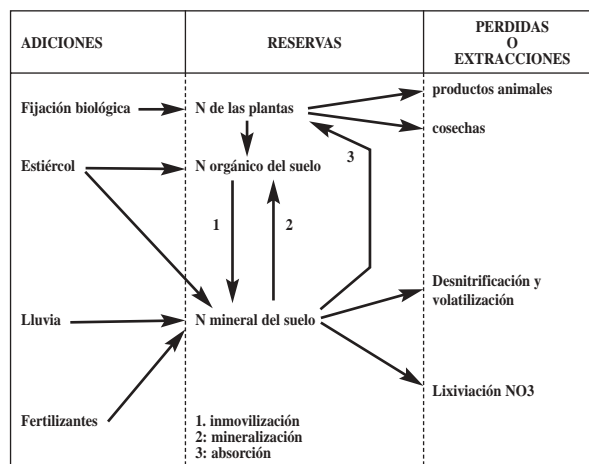
**Lluvia.** La lluvia contiene cantidades variables de N en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, y constituye una fuente importante de N en los sistemas naturales. Sin embargo, en los sistemas agrícolas, este aporte (5-15 kg N/ha/año) es pequeño en comparación al de los fertilizantes.

**Lixiviación.** La lixiviación o lavado del nitrato es el arrastre del mismo por el agua del suelo que percola más abajo de la zona radicular. Este proceso es el que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato, ya que, en general, una vez que éste deja de estar al alcance de las raíces, continúa su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.

**Arrastre con la escorrentía.** La escorrentía de agua en los suelos agrícolas es el flujo del agua sobre la superficie del suelo, de modo que no se infiltra en el campo, sino que fluye normalmente hacia terrenos más bajos o cursos superficiales de agua. Se produce como consecuencia de lluvias o riegos excesivos y puede arrastrar cantidades variables de N. En general, estas pérdidas de N del suelo son pequeñas, excepto cuando la escorrentía se produce poco después de un abonado nitrogenado.

**Volatilización.** Se denomina así la emisión de amoníaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Esto ocurre porque el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) del suelo, en condiciones de pH alcalino, se transforma en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), que es un gas volátil. Aunque puede haber pérdidas importantes de N por volatilización cuando se abona con amoníaco anhidro, resultan más frecuentes aquéllas que ocurren cuando se emplean abonos nitrogenados en forma amónica en suelos alcalinos, sobre todo si el pH es mayor que ocho. La urea puede experimentar también pérdidas variables por volatilización después de transformarse en amonio en el suelo. Los estiércoles, si no se incorporan al suelo, pueden perder del 10 al 60 por 100 de su N por volatilización, debido a que una parte importante de su nitrógeno puede estar en forma amónica.

GRAFICO Nº1. CICLO DEL NITRÓGENO



\* Fuente: Noja divulgadora nº 7/92. HD-MAPA

#### 4. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA APLICACION DE FERTILIZANTES A LOS SUELOS

El abonado nitrogenado con abonos minerales es práctica adoptada para todos los cultivos excepto las leguminosas, en las que, no obstante, es recomendable una aportación de 10 a 20 kg de N por hectárea, en forma nítrica o amoniacal. Para una utilización racional del fertilizante es preciso suministrar abonos nitrogenados lo más próximo posible en el tiempo al momento de absorción por la planta; reduciendo el peligro de que el N aplicado sea lavado en el período entre el abonado y la asimilación por el cultivo. Además la aplicación del abonado nitrogenado ha de basarse en el principio de maximizar la eficacia de la utilización por parte del cultivo y complementariamente minimizar las pérdidas por lavado.

Siempre es necesario conocer las características del suelo sobre el que se analizan las aplicaciones, sean orgánicas o minerales. Los suelos con escasa capacidad de retención requerirán un mayor fraccionamiento del aporte nitrogenado.

En el caso de que se utilicen estiércoles tanto sólidos como líquidos es necesario considerar que la disponibilidad del nitrógeno contenido en los mismos depende de la presencia de formas de N diversas como el orgánico, el uréico, el amoniacal y el nítrico. Las fracciones prontamente disponibles son la nítrica y la amoniacal; las otras formas son asimilables después de los procesos de mineralización de la fracción orgánica. Otros factores que influyen en la disponibilidad del N de origen agrario zootécnico son las concentraciones y las relaciones entre los compuestos de N presentes, las dosis suministradas, los métodos y la época de aplicación, el tipo de cultivo y las condiciones de suelo y clima.

A diferencia de los abonos minerales o de los estiércoles clásicos (sólidos), sobre la eficiencia del N contenido en los estiércoles líquidos, existen dos teorías: la de Pratt, que habla de un 75 % de eficiencia independiente del momento de aplicación y que además proporciona un aporte residual en años sucesivos; y la holandesa, que estima un aprovechamiento próximo al 30 % si se aporta en otoño, y del 60 % si se aplica en primavera, con muy escasos aportes residuales en años sucesivos.

A pesar de esta momentánea indefinición, que esperamos resolverán los ensayos en curso, una aplicación racional de estos estiércoles líquidos, especialmente abundante el de porcino, razonada a partir de los análisis de suelos, no debe ofrecer ninguna duda.

Las recomendaciones básicas por grupos de cultivo son las siguientes:

##### 1.--Cereales de invierno

Se evitará en lo posible el abonado nitrogenado en sementera, pudiendo realizarse en el regadío y en los secanos frescos aportaciones máximas equivalentes al 25 % de las necesidades totales de N, en forma uréica o amoniacal. El resto de la aportación se hará coincidiendo con el inicio de la máxima demanda, en el ahijado, o dividido en dos partes entre ahijado y principio de encañado. En las aportaciones de cobertera puede utilizarse formas amoniacales o nítricas. El sembrar leguminosas antes del cereal deja en el suelo nitrógeno atmosférico fijado por la planta que puede servir de aporte nitrogenado precoz para el cultivo siguiente.

##### 2.--Maíz-Sorgo

Se deberá aportar la tercera parte (1/3) de las necesidades totales de N en sementera, en forma de N amoniacal, nítrico-amoniacal o uréico. Los dos tercios (2/3) restantes se aplicaran en dos coberteras en forma de N nítrico o nítrico-amoniacal, la primera cuando la planta alcanza 25-30 cm de altura y la segunda cuando se alcanzan los 50-60 cm de altura.

##### 3.--Arroz

Aportar la mayor parte de las necesidades (entre el 50 y el 75 %) en sementera, y el resto en una o dos coberteras en el momento del encañado. Aportar siempre formas uréicas y amoniacales y no enterrar el abono de sementera.

##### 4.--Alfalfa y leguminosas en general

Sólo para producciones altas o en condiciones de escasez de nitrógeno son recomendables aportaciones iniciales de pequeñas cantidades de nitrógeno, no más de 30 U.F.N., para la implantación del cultivo. No aportar nitrógeno durante el cultivo.

##### 5.--Girasol

Aportar las necesidades de nitrógeno repartidas entre sementera y cobertera, especialmente en regadío. Utilizar formas nítricas solo para cobertera e incorporar esta cuando el cultivo tiene cuatro hojas.

##### 6.--Patata

El exceso de nitrógeno produce disminución de la calidad. Para producciones altas dividir en dos partes la aplicación, entre sementera y cobertera.

##### 7.--Hortalizas

Las necesidades de nitrógeno son generalmente altas aunque varían mucho según el cultivo, la intensidad de la explotación y el destino de la producción. Los excesos de nitrógeno pueden producir disminución de la calidad o toxicidad para el cultivo.

Resulta recomendable el análisis del suelo, especialmente en cultivo intensivo. Fraccionar mucho las aportaciones y hacerlas a tempero.

##### 8.--Frutales

Las dosis y momentos de aplicación del nitrógeno tienen incidencia directa sobre la calidad. Una parte del nitrógeno, entre 1/4 y 1/3, se aportará en fondo a la salida del invierno y el resto distribuido en una o dos coberteras. La forma del nitrógeno a utilizar dependerá del momento y estado del cultivo y del suelo. Localizar el abono o dosificar a través del riego siempre que sea posible.

#### 5. LA APLICACION DE FERTILIZANTES A TERRENOS INCLINADOS Y ESCARPADOS

En general los suelos con pendientes uniformes inferiores al 3 % se consideran llanos y no es necesario adoptar medidas particulares para controlar la erosión.

Los suelos con pendientes uniformes que no superan el 10 % en un mismo plano se consideran como de pendientes suaves.

Pendientes uniformes entre el 10 y 20 % se consideran pendientes moderadas y el valor extremo (20 %) se considera que debe marcar el límite de los sistemas agrícolas con laboreo permanente.

Un límite de pendiente para la distribución de abonos no puede ser definido a priori pues los riesgos de escorrentía dependen:

- a) De la naturaleza y del sentido de implantación de la cubierta vegetal.
- b) De la naturaleza del suelo.
- c) De la forma de la parcela, del tipo y sentido del trabajo del suelo.
- d) De la naturaleza y del tipo de fertilizante.
- e) Del clima.

La escorrentía no se produce de la misma manera, según que la pendiente sea uniforme o que existan rupturas de pendiente.

a) Naturaleza de la cobertura vegetal. Conviene distinguir los suelos desnudos de los enteramente cubiertos de vegetación. Como norma general, la cubierta vegetal disminuye los riesgos de escorrentía de forma sensible.

--Caso de suelos enteramente cubiertos de vegetación.

En lo que concierne a los cultivos perennes en línea (plantaciones leñosas) la costumbre de cubrir con hierba las calles es una buena práctica para limitar los riesgos de escorrentía.

b) Naturaleza del suelo.

--Textura La escorrentía se ve favorecida en los suelos de textura fina (tipo arcilloso o arcillo-limoso). Por el contrario, los suelos muy filtrantes (tipo arenoso) la limitan.

--Estructura Los suelos de estructura desfavorable (compactación, apelmazamiento) favorecen la escorrentía. Por el contrario, los suelos de buena estructura la limitan. La mejora de la estructura del suelo puede ser realizada por el agricultor, implantando ciertas prácticas culturales (ej. laboreo oportuno del suelo, manejo de la materia orgánica, rotaciones, uso de materiales adecuados, etc).

--Profundidad del horizonte impermeable La escorrentía puede estar condicionada por la presencia en el perfil cultural de un nivel o de una capa menos permeable, aunque esta escorrentía sea muy superficial (ej. costra superficial) o más profunda (ej. suela de labor).

c) Forma de la parcela y trabajo del suelo.

La forma de la parcela puede tener alguna influencia sobre la escorrentía. El trabajo del suelo puede realizarse de forma que se limiten las pérdidas de abonos líquidos (minerales y estiércoles).

Es recomendable que las labores de trabajo de suelo se realicen en el sentido adecuado para favorecer la retención del agua, sin que se produzcan encharcamientos.

d) Naturaleza y tipo del fertilizante.

Los riesgos de arrastre en suelos en pendiente son más fuertes para las formas líquidas (abonos líquidos, purines, estiércoles fluidos) y menores para las formas sólidas (abonos sólidos, estiércoles). En suelos desnudos, con fuerte pendiente, el enterramiento de los fertilizantes está muy indicado.

e) Clima.

Las distribuciones de abonos en periodos en que la pluviometría sea elevada, aumentan los riesgos de escorrentía.

## ACTUACIONES

Para limitar el aumento de los riesgos de transporte de N unido al factor agravante como es la fuerte pendiente, se recomienda realizar la aplicación de los fertilizantes de tal forma que se suprima la escorrentía. Como factores más significativos a tener en cuenta están:

--La naturaleza y el sentido de implantación de la cobertura del suelo.

--La forma de la parcela.

--La naturaleza del suelo y sus labores.

--El tipo de fertilizante.

--Las épocas de aplicación posibles.

De otra parte, se recomienda no utilizar ciertos equipos de distribución como por ejemplo los cañones de aspersión con presión alta (superior a 3 bars en el aspersor) para los fertilizantes líquidos.

Convendría precisar estas recomendaciones cada vez que ello sea posible, teniendo en cuenta el contexto local.

Se recomienda mantener con hierba ciertos desagües, setos y taludes, así como los fondos de laderas.

Para zonas vulnerables, en función de las limitaciones detectadas deberán redactarse planes de actuación específicos.

## 6. LA APLICACION DE FERTILIZANTES A TERRENOS HIDROMORFOS O INUNDADOS

Se trata de evitar las aplicaciones de fertilizantes bajo condiciones climáticas que agraven ulteriormente la infiltración o la escorrentía, teniendo en cuenta especialmente los tipos de abonos y las condiciones climáticas. Conviene por otra parte ser particularmente vigilante cuando el suelo está en pendiente.

Se recomienda no aplicar fertilizante cuando el suelo esta encharcado durante largos períodos debido a que tienen una capa freática muy cerca de la superficie.

En situaciones de suelos nevados o encharcados, debe prohibirse la aplicación de estiércoles fluidos, aún cuando se haga desde los caminos circundantes lanzándolo con un "cañón".

## 7. CONDICIONES DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN TIERRAS CERCANAS A CURSOS DE AGUA.

Con independencia de la contaminación indirecta de las aguas por infiltración o drenaje, en la aplicación de abonos cercanos a corrientes de agua existe el peligro de alcanzar las aguas superficiales, ya sea por deriva ya por escorrentía. Antes de aplicar efluentes zootécnicos y otros desechos orgánicos al suelo, conviene delimitar bien el terreno donde los desechos no deben aplicarse nunca.

--Naturaleza de la orilla.

La topografía y la vegetación pueden, según los casos, favorecer o limitar las proyecciones o la escorrentía. Dependiendo de:

Presencia o no de taludes (altura, distancia a la orilla, etc.).

Pendiente más o menos acentuada del margen.

Presencia y naturaleza de la vegetación (bosques en galería, prados, setos).

Ausencia de vegetación.

--Caso de zonas inundables.

Deben considerarse ciertos casos particulares: Las orillas inundables de los cursos de agua.

Las orillas de las corrientes de agua costeras sometidas al régimen de mareas.

--Naturaleza y forma del fertilizante.

Los riesgos de arrastre por proyección o escorrentía pueden ser tanto más importantes cuanto que los abonos se presenten en forma de elementos finos (ejemplo: gotitas de abonos líquidos, gránulos de abonos minerales de poca masa) y que las condiciones climáticas sean favorables (viento, lluvia).

--Equipo de aplicación. Ciertos equipos de aplicación pueden favorecer las proyecciones (distribuidores centrífugos, esparcidores de estiércol, cañones aspersores), otros, la escorrentía en caso de paradas del equipo (barra para abonos líquidos, cuba de estiércoles fluidos).

Igualmente, la regulación del equipo así como el jalonamiento de las parcelas son dos aspectos determinantes a considerar para asegurar la precisión de la aplicación.

--Caso de los ganados pastoreando.

El pastoreo al borde de los cursos de agua no parece acarrear riesgos importantes de proyección o escorrentía.

El abrevamiento concentrado de los animales directamente en las corrientes de agua debe evitarse en la medida de lo posible.

#### ACTUACIONES

--Dejar una franja de entre 2 y 10 metros de ancho sin abonar, junto a todos los cursos de agua. Los sistemas de fertirrigación trabajarán de modo que no haya goteo o pulverización a menos de 2 a 10 m de distancia a un curso de agua, o que la deriva pueda alcanzarlo.

--Para reducir el riesgo de contaminar aguas subterráneas, los efluentes y desechos orgánicos no deben aplicarse a menos de 35-50 m de una fuente, pozo o perforación que suministre agua para el consumo humano o se vaya a usar en salas de ordeño. En algunos casos, se puede necesitar una distancia mayor. En cualquier caso, se respetará lo indicado en la Normativa Autonómica específica (Directriz Sectorial Ganadera).

Se recomienda mantener las orillas o márgenes con hierba.

#### 8. CAPACIDAD Y DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTIERCOL Y MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION DEL AGUA POR ESCORRENTIA Y FILTRACION EN AGUAS SUPERFICIALES O SUBTERRANEAS DE LIQUIDOS QUE CONTENGAN ESTIERCOL Y RESIDUOS PROCEDENTES DE PRODUCTOS VEGETALES ALMACENADOS COMO EL FORRAJE ENSILADO.

Se trata de evitar en los locales del ganado y en sus anejos, la evacuación directa en el entorno de líquidos que contengan deyecciones animales o efluentes de origen vegetal, de forma que se evite la contaminación de las aguas por escorrentía y por infiltración en el suelo o arrastre hacia las aguas superficiales. Deben considerarse tres puntos esenciales:

--La evaluación de los volúmenes a almacenar.

--El sistema de recogida.

--El sistema de almacenaje

##### *Volumen de almacenaje*

--Las deyecciones

El volumen de almacenaje debería permitir contener, como mínimo, los efluentes del ganado producidos durante el período en que su distribución es desaconsejable y si el foso no está cubierto, las aguas de lluvia y aguas sucias ocasionales. Existe normativa referente a este punto a nivel nacional: RAMINP y también existe Normativa al respecto, a nivel de comunidad autónoma e incluso organismos locales.

Sin embargo, para un período dado, este volumen varía en función de numerosos parámetros: tipo de animales, modo de alimentación, manejo del ganado, etc. Es necesario calcular bien las cantidades producidas, dando un margen de seguridad para evitar desbordamientos eventuales. En el cuadro nº 1 se indican las cantidades de deyecciones sólidas y líquidas así como su composición.

--Aguas sucias (del lavado, desperdicios de abrevaderos, deyecciones diluidas).

Para evitar el tratar con volúmenes muy importantes la producción de estas aguas debe limitarse al mínimo. Estas deben ir dirigidas preferentemente hacia instalaciones de tratamiento adecuadas. Si no hay tratamiento deberán recogerse en un depósito de almacenaje propio para ellas, o en su defecto, en el de las deyecciones. Es preciso evitar que estas aguas sean vertidas directamente al entorno.

--Sistema de recogida

Se trata de controlar, en el conjunto de la explotación, la recogida de efluentes de origen animal y el rezume del ensilaje. El control debe ejercerse esencialmente sobre dos parámetros: la estanqueidad y la dilución.

--Estanqueidad.

Las áreas de ejercicio y de espera y sus redes de alcantarillado deberán ser estancas.

--Dilución.

Las diluciones por las aguas de lluvia o las aguas de lavado deben evitarse (techados). Las aguas de lluvia no contaminadas pueden ser vertidas directamente al entorno.

--Sistema de almacenaje

En todos los casos, las obras de almacenaje deben ser estancas, de forma que se eviten los vertidos directos en el medio natural. El lugar de implantación y el tipo de almacenaje dependen de numerosos factores (relieve del terreno, naturaleza del suelo, condiciones climáticas, etc.)

--Almacenaje de los productos líquidos.

Las fosas de almacenaje deben ser estancas y resistentes.

--Almacenaje de productos sólidos.

En el caso de productos líquidos las fosas deben ser estancas. En el caso de los estercoleros y el ensilaje los depósitos de almacenaje deben tener un punto bajo de recogida de los líquidos rezumados (purines). Estos últimos pueden ser dirigidos hacia la instalación de almacenaje de los líquidos.

La peligrosidad de estos efluentes viene definida por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) que es:

<u>Tipo de efluente:</u>	<u>DBO 5 (mg.L-1):</u>
Agua sucia (Sala de ordeño y corrales)	1000-2000
Estiércol fluido de bovino	10.000-20.000
Estiércol fluido porcino	20.000-30.000
Efluente de ensilaje	30.000-80.000
Leche	140.000



--Caso particular de animales en el exterior

Se evitara la permanencia de los animales en densidades importantes sobre superficies no estancas.

El porcino al aire libre puede ser una fuente tan importante de contaminación como las aplicaciones excesivas de estiércol o abonos. Se recomienda rotar las parcelas donde se asienta el ganado. La carga ganadera debería ajustarse a la productividad del terreno de asiento, y cada dos años, levantar las cabañas y cultivar el terreno para aprovechar los nutrientes aportados por las deyecciones

En el caso de la existencia de cursos de agua cercanos es necesario una banda de protección que al igual que en el caso de la aplicación de abonos se sitúa entre 2 y 10 metros.

En períodos de invernada al aire libre es deseable desplazar regularmente de área de alimentación. Si la alimentación se realiza permanentemente en el mismo sitio, el suelo debe estar estabilizado.

#### ACTUACIONES

En la medida de lo posible y allí donde sea necesario, se recomienda que se mantengan impermeables todas las áreas de espera y de ejercicio, en especial las exteriores, accesibles a los animales así como todas las instalaciones de evacuación o de almacenaje de los efluentes del ganado.

La pendiente de los suelos de las instalaciones donde permanezcan los animales deben permitir la evacuación de los efluentes. Estos últimos serán evacuados hacia los contenedores de almacenaje.

Se recomienda recolectar las aguas de limpieza en una red estanca y dirigirlas hacia las instalaciones de almacenaje (específicas si es posible) o de tratamiento de los efluentes.

Se recomienda almacenar las deyecciones sólidas en una superficie estanca dotada de un punto bajo, de modo que se recojan los líquidos de rezume y se evacuen hacia las instalaciones de almacenaje o de tratamiento de los efluentes.

Además de respetar la reglamentación, se recomienda disponer, como mínimo, de una capacidad de almacenaje suficiente para cubrir los períodos en que la distribución no es aconsejable. Este punto será precisado localmente.

Se aconseja recoger por separado las aguas de lluvia de los tejados y evacuarlos directamente en el medio natural.

En el Tabla Nº 2. se recogen más orientaciones sobre el Nº máximo de cabezas de ganado por ha de S.A.U. para no sobrepasar los 170 kg en N/ha..

#### 9. APLICACION DE FERTILIZANTES QUIMICOS Y ESTIERCOLES A LAS TIERRAS PARA CONTROLAR LAS PERDIDAS DE NUTRIENTES HACIA LAS AGUAS.

A fin de controlar mejor el escape de elementos nutritivos hacia las aguas, este Código de Buenas Prácticas Agrarias hace hincapié sobre las dosis a aplicar y sobre las modalidades de distribución.

Dosis de la aplicación.

La determinación cuidadosa de la dosis a aplicar sobre una parcela, en previsión de las necesidades del cultivo, debe permitir el evitar los excesos en la fertilización y por consecuencia el riesgo de lavado que se origina. Para lograrlo, conviene asegurarse del equilibrio entre las necesidades de los cultivos y lo suministrado por el suelo y la fertilización.

El desequilibrio puede proceder de diferentes factores:

--La sobreestimación del rendimiento calculado. Conviene evaluar bien los objetivos del rendimiento por parcelas, teniendo en cuenta las potencialidades del medio y el historial de cada parcela. Esto permite precisar las necesidades en N para un cultivo dado.

--La subestimación de los aportes propios del suelo. Conviene calcular bien el suministro de N por el suelo que varía según el clima y los antecedentes culturales de la parcela.

--La subestimación de las cantidades de N contenidas en los efluentes del ganado.

Es preciso tener en cuenta dos factores interrelacionados como son la cantidad a distribuir y su valor fertilizante. Un buen conocimiento de los aportes fertilizantes de los efluentes zootécnicos se hace necesario a fin de evaluarlos mejor.

*Uniformidad.*

La irregularidad en la distribución puede igualmente llevar a una sobrefertilización.

--Homogeneidad de los fertilizantes (calidad constante).

Es útil remover mezclando los efluentes zootécnicos del tipo estiércol fluido, los lodos y las basuras antes de aplicarlos. Esto permite controlar mejor las dosis a distribuir.

--Regulación del equipo de aplicación.

Un equilibrio de aplicación bien reglado permite controlar mejor la regularidad de la distribución y así luchar contra la sobrefertilización.

#### ACTUACIONES

Se recomienda equilibrar:

1. Las necesidades previsibles de N de los cultivos, teniendo en cuenta el potencial agrológico de las parcelas y el modo de llevar los cultivos.

2. Los suministros de N a los cultivos por el suelo y por el abonado, atendiendo:

--A las cantidades de N presentes en el suelo en el momento en que el cultivo comienza a utilizarlas de manera importante.

--A la entrega de N por la mineralización de las reservas del suelo durante el desarrollo del cultivo.

--A los aportes de nutrientes de los efluentes zootécnicos.

--A los aportes de abonos minerales.

Habiendo fijado la dosis, se recomienda fraccionar las aportaciones si fuera necesario para responder mejor a las necesidades de los cultivos en función de sus diferentes estadios y al mismo tiempo, para revisar a la baja las dosis si el objetivo de producción marcado no puede alcanzarse por causa del estado de los cultivos (limitaciones climáticas, enfermedades, plagas, encamado, etc.)

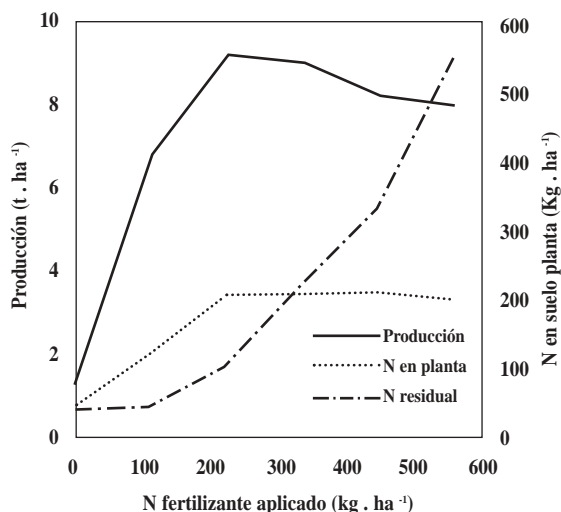
En el caso de los estiércoles cuyo efecto dura varios años, se tendrá sólo en cuenta el suministrado en el año considerado.

*Modos de aplicación*

Procurar que las máquinas distribuidoras y enterradoras de abonos estén bien reguladas y hayan sido sometidas a un control previo a su comercialización en un centro acreditado, a fin de asegurar unas prestaciones mínimas de uniformidad en la aplicación de los fertilizantes.

Con objeto de evitar las pérdidas de Nitrógeno amoniacal, cuando se aplican estiércoles fluidos, es conveniente envolver dicho estiércol, con el pase de una labor ligera (cultivadores o grada) no más tarde de 24 horas tras dicha aplicación.

En la gráfica de Broadbent y Carlton (1978) que sigue, puede verse el efecto de la acumulación del N en el suelo, cuando se sobrepasan las cantidades equivalentes a la máxima producción (cosecha).



Ejemplo ilustrativo del efecto de la dosis de N fertilizante sobre la producción, contenido de nitrógeno (N) en la planta, y de nitrógeno mineral en el suelo (datos obtenidos en maíz en California por Broadbent y Carlton, 1978, adaptado de Ramos y Ocio, 1992)

#### 10. GESTION DEL USO DE LA TIERRA CON REFERENCIA A LOS SISTEMAS DE ROTACION DE CULTIVOS Y A LA PROPORCION DE LA SUPERFICIE DE TIERRAS DEDICADAS A CULTIVOS PERMANENTES EN RELACION CON CULTIVOS ANUALES.

Las rotaciones de cultivo actuales se hacen pensando más en la política de subvenciones que en el razonamiento agronómico. Por tal motivo, se requiere una estabilización de la política agraria comunitaria, para volver a estudiar unas rotaciones de cultivos que compaginasen criterios económicos con los medio ambientales.

En las zonas que se vayan a declarar "vulnerables", sí que sería conveniente definir unas rotaciones de cultivos, basadas en razones agronómicas, para reducir y minimizar el lavado de nitratos.

#### 11. ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE FERTILIZACION ACORDES CON LA SITUACION PARTICULAR DE CADA EXPLOTACION Y LA CONSIGNACION EN REGISTROS DEL USO DE FERTILIZANTES.

El cálculo de una fertilización para el conjunto de una explotación no es correcto sino que ha de hacerse individualmente por parcelas atendiendo al tipo de suelo y cultivo en cada una de ellas.

La elaboración de planes de abonado por parcela y la anotación de la aplicación de fertilizantes, tanto en tipo como dosis y fechas permitirían al agricultor mejorar la fertilización nitrogenada en su explotación.

Estas herramientas deberían ser utilizadas de forma que permitan a la explotación agrícola prever y seguir la evolución de su fertilización nitrogenada favoreciéndose así el buen uso de los abonos.

#### ACTUACIONES

Es recomendable que todos las explotaciones agrícolas establezcan planes de abonado para cada parcela y que lleven un libro-registro de aplicación de fertilizantes.

En él estarán especificados la naturaleza de los cultivos, las fechas de aplicación, las dosis utilizadas de N de cualquier origen (deyecciones, lodos, basuras o compost introducidos en la explotación, abonos nitrogenados comprados, etc.). Además se registrará la producción de cada parcela para facilitar la elaboración de los planes de abonado y el establecimiento de los balances de N. ç

En las zonas que se declaren como "vulnerables", el cuaderno de aplicación de fertilizantes, debería ser obligatorio.

#### 12. LA PREVENCION DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS DEBIDO A LA ESCORRENTIA Y A LA LIXIVIACION EN LOS SISTEMAS DE RIEGO.

El regadío puede facilitar la contaminación de las aguas por nitrato debido a que parte del agua de riego aplicada puede percolar hacia capas mas profundas (lixiviación o lavado) arrastrando nitrato y alcanzar los acuíferos subterráneos y parte puede perderse como escorrentía arrastrando no solo nitrato sino también partículas en suspensión que pueden llevar adheridas otras formas del N como el amonio.

Los riesgos de contaminación en los regadíos varían según las características del suelo como: permeabilidad, capacidad de retención de agua, profundidad del suelo, pendiente, nivel de la capa freática, etc.; las prácticas agronómicas como laboreo del suelo, rotación de cultivos, modalidad de abonado, etc. y el método de riego y su manejo.

Las zonas donde el regadío reviste mas alto riesgo presentan al menos una de las siguientes características: suelos arenosos muy permeables y de limitada capacidad de retención de agua, presencia de capa freática superficial (profundidad no superior a 2m) ; terrenos superficiales apoyándose sobre una roca fisurada o permeable, terrenos con pendiente superior al 2-3 %; práctica de una agricultura intensiva con aportes elevados de fertilizantes; terrenos ricos en materia orgánica y labrados con frecuencia en profundidad.

Las zonas de riesgo moderado están caracterizadas: por suelos de composición granulométrica media; de moderada-baja permeabilidad y de capacidad de retención de agua media; con presencia del nivel freático de 2 a 15-20 m; suelos de profundidad media (>50-60 cm) ; suelos de pendiente moderada; aportes moderados de fertilizantes, etc.

Las zonas de bajo riesgo son aquellas de suelos tendiendo a arcillosos, poco permeables y con elevada capacidad de retención de agua, profundos, con capa freática a más de 20 m y de escasa pendiente.

El riesgo de lavado de nitrato decrece pues en general, al pasar de un suelo arenoso de alta permeabilidad a uno arcilloso de baja permeabilidad, al aumentar la profundidad del suelo y al aumentar la profundidad del sistema radicular de los cultivos.

## ACTUACIONES

Una buena práctica de riego debe tratar de evitar la percolación profunda y la escorrentía superficial del agua y del nitrato disuelta en ella, a través de una buena eficiencia en la distribución del agua y de unos volúmenes de riego acordes a las necesidades de los cultivos.

Para conseguir una buena eficiencia de distribución del agua es esencial la elección del método de riego y su manejo en función de las características físicas, químicas y orográficas del suelo, las exigencias y características de los cultivos, la calidad y cantidad del agua disponible y las variables climáticas.

Para disminuir el riesgo de lavado de nitrato, el riego por superficie debe aplicarse únicamente en terrenos profundos, con tendencia a arcillosos, y para cultivos dotados de sistema radicular profundo, que no requieran de riegos frecuentes.

El riego por superficie o a manta se desaconseja en las zonas de riesgo elevado y moderado. En los suelos muy expansivos se desaconsejan los turnos de riego largos, para evitar la formación de agrietamientos profundos a través de los cuales podría perderse una notable cantidad de agua cargada de solutos disueltos de las capas más superficiales.

En el caso de utilizar riego por aspersión para evitar las pérdidas de nitrato, tanto por percolación como por escorrentía superficial, es necesario prestar especial atención a la distribución de los aspersores sobre la parcela, a la pluviometría que no debe sobrepasar la velocidad de infiltración del agua en el suelo, a la interferencia del viento y a la influencia de la vegetación sobre la distribución de agua sobre el suelo.

La fertirrigación debe utilizarse con sistemas de alta eficiencia distributiva del agua para prevenir el riesgo de contaminación por nitrato. El fertilizante no debe ser puesto en el agua desde el comienzo del riego, sino preferiblemente después de haber aplicado del 20-25% del volumen de agua y deberá terminarse cuando se haya suministrado el 80-90% del volumen de agua.

**CUADRO N° 1**  
DEYECCIONES ANUALES EN KG DEPENDIENDO DEL TIPO DE GANADO FASE PRODUCTIVA (PORCINO) Y COMPOSICIÓN MEDIA

Animales	Deyecciones anuales (kg)		Composición Tipo Deyección	%		
	Sólidas	Líquidas		N	P2O5	K2O
Vacuno: Animales jóvenes Animales de 500 kg Vacas lecheras	3.650-4.348 5.840 9.125	1.825 2.555 5.475	Vacuno: Excrementos Sólidos Orina	0,35 0,79	0,28 0,01	0,22 1,5-2
Equino: Caballos 500 kg Caballos 700 kg	6.205 9.125	1.551 2.737	Equino: Excremento Sólidos Orina	0,50 1,20	0,35	0,30 1,50
Porcino: Cerdas de 40 kg Cerdas de 80-90 kg	365 912	255 657	Porcino: Excrementos sólidos Orina Estiércol fluido (en kg/cm <sup>3</sup> )	0,50 0,30	0,40 0,12	0,50 0,20
1 Cerda, ciclo cerrado 1 Cerda, prod. lechones 1 Plaza cebadero	- - -	17.000 6.000 1.700	Estiércol fluido (c. cerrado) Estiércol fluido cría Estiércol fluido cebadero	4,2 3,4 5,9	3,1 1,8 5,2	2,7 2,3 3,6
Ovino: Corderos de 25 a 30 kg. Ovejas de 40 kg Ovejas de 60 kg	219 365 547	219 328 438	Ovino: Excrementos Sólidos Orina	0,75 3,40	0,60 0,05	0,30 1,9
Aves: Gallinas Patos	58 84	-	Aves: Deyecciones de Gallina Deyecciones de patos	1,40 0,80	1,00 0,50	0,50 0,70

**CUADRO N° 2**  
MAXIMO DE CABEZAS DE GANADO COMO CABEZAS DE GANADO MAYOR: CGM. O PLAZAS DE GANADO SEGÚN FASES PRODUCTIVAS. EN EL CASO DEL PORCINO INTENSIVO PERMISIBLES POR HECTAREA DE S.A.U. PARA NO SOBREPASAR LOS 170 KGS. DE N POR HA Y AÑO EN LAS DEYECCIONES.

CABEZAS DE GANADO	DEYECCIONES AÑO KGS		% n	KG n	
Vaca lechera 1 CGM	Sólidas	9.125	0,35	32	70 kg N / CGM / Año Máx. 175 Kg N / Ha / Año 2,5 CGM / Ha / Año
	Líquidas	5.475	0,70	38	
1 Cerda, en ciclo cerrado... 1 Cerda, produc. lechones... 1 Plaza cebadero (2,5 cebos / año...)	Estiércol fluido c.c.	17.000	0,42	71,40	2,3 Cerdas den e.c. / Ha 8,3 Cerdas produc. lechones / Ha. 17 Plazas cebadero / Ha
	Estiércol fluido cría	6.000	0,34	20,40	
	Estiércol fluido cebadero	1.700	0,59	10,03	
Ovejas 40 kg 0,10 CGM.	Sólidas	365	0,75	2,74	7,42 kg N / Oveja / Año Max. 175 Kg / Ha / Año 23,6 Ovejas 2,36 CGM / Ha / Año
	Líquidas	328	1,40	4,68	
Equino 500 Kgs. 0,8 CGM	Sólidas	6.205	0,50	31	50 Kgs N caballo / Año Max. 175 Kg / Ha / Año 3,5 Caballos / Ha 2,80 CGM / Ha / Año
	Líquidas	1.551	1,20	19	
Aves Gallinas 0,01 CGM-		58	1,40	0,8	0,8 Kg. N / Gallina / Año Max. 175 Kg / Ha / Año 218,75 Gallinas / Año 2,2 CGM / Ha / Año

## DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION

*ORDEN de 5 de septiembre de 2005, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se aprueba el II Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables a la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón.*

La Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, impone a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación de nitratos de esta procedencia, y establece los criterios para designar como zonas vulnerables a aquellas superficies territoriales cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos.

El Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias incorpora a nuestro ordenamiento jurídico dicha Directiva comunitaria. Su art. 6 establece la obligación de revisar, al menos cada cuatro años, los Programas de Actuación sobre las Zonas Vulnerables designadas con el fin de modificarlos o adaptarlos, si fuera necesario.

El Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y designa como Zonas Vulnerables dos subpolígonos de las unidades hidrogeológicas de Gallocanta y Jalón-Huerva, habiéndose aprobado por la Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura («Boletín Oficial de Aragón» nº 1, de 3 de enero de 2001) el Programa de Actuación sobre dichas Zonas.

No obstante, una vez transcurridos cuatro años desde la aprobación del Programa de Actuación en las Zonas Vulnerables de Jalón-Huerva y Gallocanta y habiéndose recogido la información técnica correspondiente, procede modificar el Programa de Actuación sobre esas Zonas.

Por otro lado, la experiencia acumulada en el desarrollo del Programa citado y la información disponible aconsejan que, al menos, en los próximos cuatro años, los Programas de Actuación sean homogéneos en todas las Zonas Vulnerables designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. Ello obliga a aprobar un nuevo Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable del acuífero Ebro III y aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón, la Zona vulnerable de Singra- Alto Jiloca, la Zona Vulnerable de los sectores oeste y centro del acuífero de Apiés, y la Zona Vulnerable del acuífero de Muel-Belchite. De esta manera, este nuevo Programa de Actuación sustituirá al aprobado por la Orden de 19 de julio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación («Boletín Oficial de Aragón» nº 91, de 4 de agosto de 2004)

En su virtud, y en uso de la competencia atribuida por la disposición final segunda del Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del gobierno de Aragón, dispongo:

*Artículo único. Aprobación del II Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables*

1. Se aprueba el II Programa de Actuación para las siguientes Zonas Vulnerables a la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón.

—Zonas Vulnerables de Jalón- Huerva y Gallocanta, designadas por el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón.

—Zonas Vulnerables del acuífero III y aluviales del Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón; de Singra-Alto Jiloca; de los sectores oeste y centro del acuífero de Apiés, del acuífero de Muel-Belchite; designadas por la Orden de 19 de julio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación.

2. El II Programa de Actuación tendrá una duración de cuatro años y sus normas son de obligado cumplimiento.

3. El II Programa de Actuación se inserta como Anexo I de la presente Orden.

*Disposiciones Derogatorias.*

*Primera. Cláusula general de derogación.*

Quedan derogadas todas las disposiciones de igual rango en lo que se opongan o contradigan a lo dispuesto en la presente Orden.

*Segunda. Derogación de normas.*

Quedan derogadas las siguientes disposiciones:

a) La Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura, por la que se aprueba el Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables Jalón-Huerva y Gallocanta, designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón.

b) El art. 2 y el Anexo de la Orden de 19 de julio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se designan las siguientes nuevas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias y se aprueba el Programa de Actuación sobre las mismas: Zona Vulnerable del acuífero Ebro III y aluviales Bajo Arba, Bajo Gállego y Bajo Jalón; Zona Vulnerable de Singra-Alto Jiloca; Zona Vulnerable de los sectores oeste y centro del acuífero de Apiés; y Zona Vulnerable del acuífero de Muel-Belchite.

*Disposiciones Finales*

*Primera. Comunicación al Ministerio de medio Ambiente.*

El Departamento de Agricultura y Alimentación enviará al Ministerio de Medio Ambiente el Programa de Actuación aprobado, a los efectos previstos en el art. 6.6 del Real Decreto 261/1996.

*Segunda. Entrada en vigor*

La presente disposición entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial de Aragón».

Zaragoza a 5 de septiembre de 2005.

El Consejero de Agricultura y Alimentación,

GONZALO ARGUILE LAGUARTA

## ANEXO I. II Programa de Actuación

Los principios básicos de actuación son los siguientes:

### A) Sobre el aporte de fertilizantes nitrogenados en general

#### A.1- Código de Buenas Prácticas Agrarias

La adopción del Código de Buenas Prácticas Agrarias es norma general de obligado cumplimiento en las Zonas Vulnerables, de acuerdo a lo previsto en el artículo 7 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, (BOE nº 61 de 11 de marzo de 1996) y de acuerdo a lo establecido en el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, que aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias («Boletín Oficial de Aragón» nº 66 de 11 de junio de 1997).

A.2- Los aportes de «fertilizantes» nitrogenados, de las diferentes fuentes, estarán en consonancia con las necesidades de los cultivos a lo largo de su ciclo vegetativo.

A.3- No se hará ningún aporte de nitrógeno sobre aquellas superficies agrarias en las que no vaya a ser absorbido por los cultivos. En este sentido no se hará ningún aporte de nitrógeno en las épocas especificadas en el Tabla nº 1, salvo por causa excepcional debidamente justificada y previa autorización.

A.4- No se realizará ningún aporte de fertilizantes que contengan Nitrógeno en el caso de suelos hidromorfos o en los que el suelo se encuentre encharcado, inundado, helado o con presencia de nieve en superficie.

A.5- Aplicación de fertilizantes a terrenos inclinados y escarpados.

a) En suelos con pendientes comprendidas entre el 10 y el 20% no se podrá aportar Nitrógeno no orgánico. La incorporación del Nitrógeno orgánico se realizará de acuerdo con un plan específico de abonado, que tendrá en cuenta expresamente los siguientes factores:

- Existencia o no de cubierta vegetal.
- Textura y estructura del suelo.
- Profundidad del horizonte impermeable.
- Forma sólida o líquida de las aportaciones.
- Pluviometría previsible en la época de aplicación.

b) En suelos con pendiente superior al 20% solo se podrá aportar nitrógeno de origen orgánico con un contenido de humedad inferior al 50%. La incorporación se realizará de acuerdo con su plan de abonado específico similar al del apartado anterior.

#### A.6- Clasificación de los fertilizantes.

A efectos de épocas de aplicación, se agrupan los fertilizantes que aportan Nitrógeno de la siguiente forma:

Grupo I: Fertilizantes orgánicos residuales con nitrógeno de mineralización lenta: estiércol de bovino, ovino, cómpost, etc.

Grupo II: Fertilizantes orgánicos de nitrógeno fácilmente mineralizable: Estiércol fluido de bovino sin cama, de porcino, gallinaza, así como lodos de depuradora, abonos organominerales con Nitrógeno de liberación lenta o con inhibidores de actividad enzimática.

Grupo III: Otros fertilizantes minerales.

A.7- Épocas en las que queda prohibido aplicar fertilizantes nitrogenados al suelo.

En el cuadro nº 1 se determinan, para cada cultivo, las épocas en que no se pueden aplicar fertilizantes que aporten nitrógeno al suelo.

### A.8- Cantidades máximas de Nitrógeno y origen de mismo

Las cantidades máximas de Nitrógeno a aportar en cada caso vienen determinadas en los cuadros nº2 y nº3 y corresponden a la suma de: Nitrógeno mineral inicial en el suelo, más el Nitrógeno que se mineraliza de fuentes orgánicas, más el Nitrógeno aportado por el agua de riego, más el Nitrógeno procedente de abonos minerales, químicos y orgánicos.

A.9- Todas las explotaciones agrícolas al realizar su plan de abonado y en la práctica de la fertilización deberán seguir los principios anteriores.

A.10- Si la explotación, además de estar ubicada en zona vulnerable, está acogida a cualquier otro compromiso de control y/o limitación de la fertilización deberá cumplir el compromiso más restrictivo.

### B) Sobre el uso de los estiércoles

#### B.1- Cantidad máxima de estiércol aplicable al suelo.

Se establece un máximo de aplicación de estiércoles equivalente al aporte de 170 kg de N/ha y año, aunque el rendimiento del cultivo, de acuerdo con la cifras de los cuadros nº 1 y 2, permita mayores aportaciones de nitrógeno por ha. y año. En estos casos, el resto de la cantidad permitida solo puede aplicarse en forma de abono mineral.

B.2- La aplicación de los estiércoles, y especialmente los estiércoles fluidos, debe realizarse con enterrado posterior de los mismos en un plazo máximo de 24 horas. Se exceptúan de esta condición las aplicaciones en cobertera y las realizadas en cultivos sembrados con siembra directa, pero siempre respetando que la suma de las cantidades aportadas en sementera y cobertera no pueden superar las necesidades establecidas para el cultivo.

B.3- En los barbechos, de acuerdo con lo establecido en el punto A.3, no puede aplicarse ningún fertilizante, pero se permite adelantar los aportes de estiércoles a la salida del invierno siempre y cuando se incorporen al suelo con los restos de cosecha y adventicias mediante la labor correspondiente.

Esta aportación se contabilizará a efectos de las necesidades del cultivo que se siembre posteriormente. Se entiende que la cantidad de estiércol o purín aplicada no deberá superar la menor de estas cifras: la equivalente a las necesidades del cultivo o la equivalente a 170 kg de N/ha.

#### B.4- Capacidad de almacenamiento de estiércol

Los titulares de las explotaciones ganaderas ubicadas en las Zonas Vulnerables deberán disponer de instalaciones o fosas de almacenamiento de estiércol, con una capacidad superior a la necesaria para almacenar el estiércol a lo largo del periodo más largo durante el cual esté prohibida la aplicación de estiércoles al suelo. En todos los casos, y como mínimo, la capacidad de las fosas de almacenamiento será la suficiente para recoger los estiércoles que se producen durante 120 días, incluyendo la capacidad de los slats, y siendo imprescindible que las fosas exteriores tengan capacidad para recoger estos subproductos ganaderos producidos durante 90 días.

Las fosas deberán garantizar su estanqueidad (evitando la salida de líquidos al exterior, así como la entrada de escorrentías de fuera de la fosa), y resistencia frente al empuje de los efluentes contenidos o del terreno circundante (fosas enterradas). Las fosas cubiertas con forjado contarán con respiradero. Esta capacidad de almacenamiento no se precisará si se demuestra que la cantidad de estiércol que exceda de la capacidad real de almacenamiento es transformada de forma que no cause daños al medio ambiente o que, mediante un contrato de cesión, el estiércol se traslada fuera de la zona vulnerable para su uso como fertilizante orgánico o para ser tratado de forma que no cause daño al medio ambiente.

C) Otros aspectos de las explotaciones ganaderas ubicadas o de nueva instalación en Zonas Vulnerables.

Las explotaciones ganaderas, que deban solicitar la autorización ambiental integrada ante la correspondiente autoridad competente, deben justificar un Plan de Abonado sobre los cultivos o rotaciones habituales en la zona, de modo que el volumen de estiércol que producen o vayan a producir pueda ser utilizado en las superficies de cultivo que disponen.

Igualmente, de acuerdo con el plan de abonado establecido y con cualquier otro tipo de utilización o salida de estiércoles que se justifiquen, se elaborará un «balance mensual de producción y salidas» de los estiércoles, que determinará el mes de mayor necesidad de almacenamiento de los mismos y, por tanto, determinará también la capacidad mínima de las fosas o estercoleros de la explotación.

D) Documentación para la justificación del cumplimiento de las normas

D.1- Libro-Registro de aplicación de fertilizantes en las explotaciones agrícolas

Todas las explotaciones llevarán un libro- registro de sus planes y prácticas de abonado según sus cultivos y modelo que figura en el Anexo II. Este libro deberá acompañarse, a todos los efectos, por la declaración PAC de cada año, la cual se considerará parte integrante del libro. Los libros serán facilitados por la Administración con las instrucciones correspondientes.

D.2- Libro-Registro de producción y movimiento de estiércoles en las explotaciones ganaderas.

Todas las explotaciones ganaderas deberán llevar un libregistro de producción y movimiento de estiércoles producidos por la misma, según modelo que figura en el Anexo III. Esta obligación se hace extensible a cualquier entidad o empresa que realice la función «gestor» de estiércoles» dentro de estas zonas.

La responsabilidad del almacenamiento y buen uso de los estiércoles se genera en el productor (ganadero) y se traslada al siguiente usuario, sea gestor como distribuidor o agricultor para uso como fertilizante.

Los libros serán facilitados por la Administración con las instrucciones correspondientes.

E) Medidas de seguimiento y control.

E.1- La administración promocionará entre los agricultores y ganaderos la aplicación de las medidas contempladas en el Código de Buenas Prácticas Agrarias y en el Programa de Actuación mediante charlas, publicaciones y cualquier otro tipo de actividades formativas y experimentales que se estimen oportunas.

E.2- Se establecerán controles para comprobar el cumplimiento de las medidas y la llevanza de los libros registro.

**Nota:** Los cuadros nº 1, 2 y 3 referidos en el texto, como **anexo I**. han sido recogidos en el capítulo 12.

### **Anexos II y III: Libro-Registro de Fertilizantes (páginas siguientes)**



## Anexo II. Hojas del LIBRO-REGISTRO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

### APARTADO 1: "Identificación de la explotación"

<b>ZONA VULNERABLE:</b>	<b>TOTAL EXPLOTACION, ha</b>	<b>En ZONA VULNERABLE, ha</b>	<b>En Zona no Vulnerable, ha</b>
Datos del responsable de la explotación	Superficie en SECANO, de:		
Cultivador P.A.C.:	Cultivos Herbáceos		
Nombre:	Cultivos Leñosos		
Apellidos			
NIF /CIF	Superficie en REGADÍO:		
Dirección Postal:	Cultivos Herbáceos		
	Cultivos leñosos		
Población			
Teléfono			
Fax			
Correo electrónico			

### APARTADO 2. "Relación de cultivos de la explotación, parcelas-recintos con dichos cultivos, y NECESIDADES DE NITRÓGENO"

(AÑO: 20....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

1. CULTIVO	2. Secano, o regadío S/R	3. Superficie total de cultivo, ha	4. Nº de orden declaración P.A.C. de parcelas-recintos, con dicho cultivo	5. Producc. Media kg/ha	6. Necesidades Kg N/ha	7. Descuentos por suelo, agua, etc	8. Necesidades netas: (6)-(7)	9. Tipos de fertilizantes a utilizar	10. Kg fertilizante (8) a aplicar/ha	A cumplir, después de haber rellenado el Apartado 3	
										11. Kg de N realmente aplicados/ha	12. Cosecha obtenida kg/ha

**APARTADO 3. "Diario de APLICACIÓN DE FERTILIZANTES. APLICACIÓN REAL"**

(AÑO: 20....). NOTA: Al terminar un año, poner una línea de separación en el cuadro, anotar el año siguiente, y continuar con las anotaciones.

1. Fecha de aplicación	2. Cultivo	3. Secano o riego SR	4. Superficie total, ha	5. Necesidades netas de N/ha	6. Fertilizantes aplicados	7. Kg totales de fertilizantes (cultivo) (G)	8. Kilos totales de N (Cultivo)	9. Kilos de N/ha

**APARTADO 4. "Entradas de Fertilizantes"**

(AÑO: 20 ....)

1. Fecha:	2. Tipo de fertilizante:	3. Proveedor (abonos minerales) Granja (estiércolo) Otros	4. Cantidad (kg)	5. Observaciones



### Anexo III. Hojas del LIBRO-REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y MOVIMIENTO DE ESTIÉRCOLES

<b>HOJA Nº 1. Descripción de: la EXPLOTACION GANADERA</b>					<b>Títular:</b>			
Provincia: _____					<b>Nombre:</b>			
Localidad: _____					<b>Apellidos:</b>			
					<b>DNI/CIF:</b>			
			<b>Año: 20---</b>					
Especie animal	Tipo logía: Cría, recría, cello, otras	Nº plazas en explotación productiva	Tipo de estiércol producido	Volumen de producción manual estimado: m3/t	Volumen de estercero o fosa, Externas (1)	Volumen fosa bajo las naves (est fluido) (2)	Volumen Global: (1) + (2)	Observaciones

<b>HOJA Nº 2. DE MOVIMIENTOS DE ESTIÉRCOLES / SALIDAS</b>					<b>Títular:</b>		
					<b>DNI/CIF:</b>		
			<b>Año: 20--</b>				
Fecha	Tipo estiércol	Transportista (propia granja/ otro)	Volumen m3/t	DESTINO: Parcela agrícola			Observaciones
				Municipio	Polígono	Parcela	

<b>HOJA de INCIDENCIAS</b>		<b>Títular:</b>
		<b>DNI/CIF:</b>
		<b>Año: 200-</b>
Fecha:	Incidencias registradas:	

## DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION

*DECRETO 226/2005, de 8 de noviembre, del Gobierno de Aragón por el que se modifica el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias.*

La Comunidad Autónoma de Aragón es titular de la competencia exclusiva en materia de agricultura, ganadería e industrias agroalimentarias, de acuerdo con la ordenación general de la economía, atribuida en virtud del artículo 35.1.12ª del Estatuto de Autonomía.

En cumplimiento de lo dispuesto Real Decreto 261/1993, que incorporó a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 91/676/CEE, en la Comunidad Autónoma se dictó el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Posteriormente, se han venido declarando nuevas Zonas Vulnerables y aprobando los correspondientes Programas de Actuación con objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario.

Con la finalidad de que las aportaciones de nitrógeno no sobrepasen las dosis permitidas, en los Programas de Actuación se viene estableciendo la obligatoriedad de que las explotaciones agrícolas lleven un libro-registro de aplicación de fertilizantes a las mismas, y que las explotaciones ganaderas dispongan de un libro-registro de entradas y salidas de estiércoles y purines.

En este sentido, recientemente se ha aprobado el Decreto 78/2005, de 12 de abril, del Gobierno de Aragón, por el que se regulan los requisitos legales de gestión y buenas condiciones agrarias y medioambientales para la percepción de pagos directos en el marco de la política agrícola común, que establece como requisito de percepción de las ayudas directas de la Política Agrícola Común la presentación de los referidos libros-registro.

No obstante, para hacer efectivo el principio de igualdad y dentro del ámbito competencial de la Comunidad Autónoma, se hace preciso extender dicho requisito a los solicitantes de ayudas financiadas totalmente por el Departamento competente en materia de agricultura y alimentación.

Asimismo, como medida que refuerce el cumplimiento de las buenas prácticas agrarias en las Zonas Vulnerables a la contaminación con nitratos procedentes de fuentes agrarias, resulta igualmente necesario exigir el cumplimiento de dicho requisito para la inscripción de los titulares de las explotaciones en los Registros creados a decisión propia del Departamento competente en materia de agricultura y alimentación.

Lo expuesto, hace necesario modificar el citado Decreto 77/1997 del Gobierno de Aragón mediante la inclusión de un nuevo precepto que establezca la obligatoriedad de llevar actualizados los referidos libros-registro.

En virtud de lo expuesto, a propuesta del Consejero de Agricultura y Alimentación, previa deliberación del Gobierno de Aragón en su reunión del día 8 de noviembre de 2005,

## DISPONGO:

Artículo único: Inclusión de un nuevo artículo Tercero en el Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, con la siguiente redacción:

«1. Los titulares de las explotaciones agrícolas situadas en Zonas Vulnerables llevarán un Libro-Registro, debidamente actualizado, de aplicación de fertilizantes a las mismas. Asimismo, los titulares de las explotaciones ganaderas dispondrán de un Libro-Registro actualizado de entradas y salidas de estiércoles y purines.

2. El cumplimiento de lo dispuesto en el apartado anterior constituirá un requisito tanto para la inscripción en los registros adscritos al Departamento competente en materia de agricultura y alimentación que hayan sido creados por decisión propia de la Administración de la Comunidad Autónoma de Aragón como para ser beneficiarios de las ayudas públicas financiadas totalmente por este Departamento».

3. Respecto a las ayudas diferentes a las previstas en el apartado anterior se aplicará también el requisito en él exigido en los términos previstos en las bases reguladoras o convocatoria correspondientes.

## DISPOSICIONES FINALES

Única. Entrada en vigor.

El presente Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial de Aragón».

Dado en Zaragoza, 8 de noviembre de 2005.

El Presidente del Gobierno de Aragón,

MARCELINO IGLESIAS RICO

El Consejero de Agricultura y Alimentación, p. s., el  
Consejero de Economía, Hacienda y Empleo (Decreto de la  
Presidencia de 19/09/05),

EDUARDO BANDRES MOLINE

# MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

**12378** REAL DECRETO 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.

.....

## Artículo 2. *Definiciones.*

A los efectos del presente real decreto, se entenderá por:

1. Nutriente: elemento químico esencial para la vida vegetal y el crecimiento de las plantas. Además del carbono (C), el oxígeno (O) y el hidrógeno (H), procedentes especialmente del aire y del agua, los elementos nutrientes se clasifican en: nutrientes principales, nutrientes secundarios y micronutrientes.
2. Nutriente principal: exclusivamente los elementos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
3. Nutriente secundario: los elementos calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y azufre (S).
4. Micronutriente: los elementos boro (B), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales o secundarios.
5. Nutriente quelado: nutriente ligado a una de las moléculas orgánicas reconocidas como agente quelante.
6. Nutriente complejado: nutriente ligado a una o varias de las moléculas reconocidas como agente complejante.
7. Producto fertilizante: producto utilizado en agricultura o jardinería que, por su contenido en nutrientes, facilita el crecimiento de las plantas, aumenta su rendimiento y mejora la calidad de las cosechas o que, por su acción específica, modifica, según convenga, la fertilidad del suelo o sus características físicas, químicas o biológicas, y que debe especificarse como tal en el anexo I de este real decreto. Se incluyen en esta definición los abonos, los productos especiales y las enmiendas.
8. Abono o fertilizante: producto cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas.
9. Abono inorgánico o abono mineral: abono obtenido mediante extracción o mediante procedimientos industriales de carácter físico o químico, cuyos nutrientes declarados se presentan en forma mineral. Por convenio, la cianamida cálcica, la urea y sus productos de condensación y asociación y los abonos que contienen nutrientes quelados o complejados se clasifican como abonos inorgánicos.
10. Abono CE: los abonos inorgánicos pertenecientes a uno de los tipos que figuran en el anexo I del Reglamento (CE) n.º 2003/2003.
11. Abono inorgánico nacional: los abonos inorgánicos no incluidos en el anexo I del Reglamento (CE) n.º 2003/2003, y pertenecientes a alguno de los tipos incluidos en el grupo 1 del anexo I de este real decreto.
12. Abono orgánico: producto cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales proceden de materiales carbonados de origen animal o vegetal, cuya relación se incluye en el grupo 2 del anexo I.
13. Abono órgano-mineral: producto cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales son de origen orgánico y mineral, y se obtiene por mezcla o combinación química de abonos inorgánicos con abonos orgánicos o turba, cuya relación se incluye en el grupo 3 del anexo I.
14. Otros abonos y productos especiales: productos que aportan a otro material fertilizante, al suelo o a la planta, sustancias para favorecer y regular la absorción de los nutrientes o corregir determinadas anomalías de tipo fisiológico, cuyos tipos se incluyen en el grupo 4 del anexo I.
15. Abono simple: abono nitrogenado, fosfatado o potásico con un contenido declarable de un único nutriente principal.
16. Abono compuesto: abono obtenido químicamente o por mezcla, o por una combinación de ambos, con un contenido declarable de, al menos, dos de los nutrientes principales.
17. Abono complejo: abono compuesto obtenido mediante reacción química, mediante solución, o en estado sólido mediante granulación, y con un contenido declarable de, al menos, dos nutrientes principales. En su estado sólido cada gránulo contiene todos los nutrientes en su composición declarada.
18. Abono de mezcla: abono obtenido mediante la mezcla en seco de varios abonos, sin reacción química.
19. Abono líquido: abono en solución o en suspensión.
20. Abono en solución: abono líquido sin partículas sólidas
21. Abono en suspensión: abono o producto en dos fases cuyas partículas sólidas son mantenidas en suspensión en la fase líquida.
22. Abono foliar: abono indicado para aplicación a las hojas de un cultivo y absorción foliar del nutriente.
23. Abono hidrosoluble: fertilizante o abono sólido de alta solubilidad, cuyo residuo insoluble en agua a 15º sea menor del 0,5 por ciento, cuando se utilice en la mayor concentración recomendada para su uso.
24. Enmienda: materia orgánica o inorgánica, capaz de modificar o mejorar las propiedades y características físicas, químicas o biológicas del suelo, cuyos tipos se incluyen en los grupos 5, 6 y 7 del anexo I.
25. Enmienda caliza (cálcica o magnésica): enmienda que contiene calcio y/o magnesio, esencialmente en forma de óxido, hidróxido, carbonato o silicato, utilizada principalmente para mantener o aumentar el pH del suelo o para modificar sus propiedades físicas, cuyos tipos se incluyen en el grupo 5 del anexo I.
26. Enmienda orgánica: enmienda procedente de materiales carbonados de origen vegetal o animal, utilizada fundamentalmente para mantener o aumentar el contenido en materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físicas y mejorar también sus propiedades o actividad química o biológica, cuyos tipos se incluyen en el grupo 6 del anexo I.

27. Otras enmiendas: enmiendas no incluidas en los párrafos anteriores, utilizadas fundamentalmente para mejorar las propiedades físicas o químicas del suelo, cuyos tipos se incluyen en el grupo 7 del anexo I.
28. Materia prima: cualquier ingrediente utilizado en la elaboración de un producto fertilizante.
29. Residuo orgánico biodegradable: residuo o subproducto de origen vegetal o animal utilizado como materia prima, cuya descripción se incluye en el anexo IV, susceptible de transformarse por la acción de microorganismos aerobios o anaerobios y dar lugar a un tipo de enmienda orgánica.
30. Estiércol: todo excremento u orina de animales de granja o aves, con o sin cama, transformado o sin transformar, de acuerdo con los procesos previstos en el Reglamento (CE) n.º 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.
31. Compostaje: proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables que da lugar a los tipos de enmiendas orgánicas, cuyas características se detallan el grupo 6 del anexo I.
32. Riqueza: expresa la concentración de un producto fertilizante en nutrientes dados, normalmente en porcentaje (%) en masa del producto.
33. Tolerancia: diferencia admisible entre el valor del contenido de un elemento determinado en el análisis y su valor declarado.
34. Declaración: mención de la cantidad de nutrientes y otras riquezas y características, incluyendo su forma, solubilidad y masa, garantizados dentro de las tolerancias especificadas en el anexo III.
35. Contenido declarado: contenido de un elemento –o su óxido– que figura en la etiqueta del producto con arreglo a la legislación, o en el documento de acompañamiento si el producto no está envasado.
36. Relación C/N: cociente entre el carbono orgánico y el nitrógeno orgánico.
37. Solubilidad: cualidad de los abonos que indica la proporción de sus nutrientes disueltos en agua o en un reactivo determinado.
38. Valor neutralizante: en una enmienda caliza, número que representa la cantidad de kilogramos de óxido de calcio (CaO) que tiene el mismo efecto neutralizante que 100 kg del producto considerado.
39. Norma europea: norma EN del Comité Europeo de Normalización (CEN) oficialmente reconocida por la Unión Europea, cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
40. Método oficial de análisis: método de análisis o de toma de muestras aprobado por la Comisión Europea o el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para comprobar las condiciones de calidad y composición de los productos fertilizantes y que se relacionan en el anexo VI.
41. Método de análisis recomendado: método o técnica analítica utilizable cuando no exista método oficial, establecido en normas nacionales vigentes o en métodos internacionales de reconocida solvencia y que se relacionan en el anexo VI.
42. Acreditación: procedimiento mediante el cual una entidad nacional de acreditación evalúa y declara formalmente que una organización es técnicamente competente y realiza la actividad de certificación de conformidad con las normas EN 45011 o EN 45012, según el caso.
43. Certificación: procedimiento llevado a cabo por una entidad acreditada, mediante el que se manifiesta la conformidad de una planta de almacenaje o procesado o de un producto fertilizante y que cumple con los requisitos definidos en este real decreto.
44. Entidad certificadora: organización acreditada por una entidad nacional de acreditación para realizar la actividad de certificación.
45. Puesta en el mercado: el suministro de un producto fertilizante a título oneroso o gratuito o su almacenamiento con fines de suministro. La importación de un producto fertilizante en el territorio aduanero de la Comunidad Europea se considerará puesta en el mercado a los efectos de este real decreto.
46. Fabricante: persona física o jurídica responsable de la puesta en el mercado de un producto fertilizante; en particular, un productor, importador o envasador que trabaje por cuenta propia, así como cualquier distribuidor u otra persona que modifique las características de un producto fertilizante o su envasado, se considerará fabricante. Sin embargo, un distribuidor que no modifique dichas características no se considerará fabricante.
47. Trazabilidad: posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un producto fertilizante, mediante un sistema de procedimientos que permite realizar su seguimiento, desde su producción hasta su puesta en el mercado.
48. Lote: unidad de producción fabricada en una misma planta elaboradora o envasadora, con materias primas y parámetros de producción uniformes, que puede ser identificada al ponerse en el mercado con las mismas características.
49. Envase: recipiente que puede ser precintado, utilizado para conservar, proteger, manipular y distribuir productos, capaz de contener hasta 1.000 kilogramos.
50. Producto a granel: producto no envasado con arreglo a este real decreto.
51. Tipificar: definir un conjunto de características comunes a un mismo tipo de productos.
52. Tipo de productos: productos con una misma denominación y características, conforme a lo indicado en el anexo I de este real decreto y en el anexo I del Reglamento (CE) n.º 2003/2003.
53. Inscripción: acto administrativo necesario para que ciertos productos fertilizantes específicos puedan ser puestos en el mercado y empleados en agricultura y jardinería.
- .....



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Orientación  
y de Garantía Agrícola



**GOBIERNO  
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura  
y Alimentación