

## El Código de Buenas Prácticas Agrarias (I)

Fertilización nitrogenada y contaminación  
por nitratos



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Orientación  
y de Garantía Agrícola



GOBIERNO  
DE ARAGON

Departamento de Agricultura

# Índice

	<b>Pag.</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Definición de la contaminación por nitratos</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Los orígenes agrarios de la contaminación por nitratos</b> .....	<b>4</b>
2.1. La producción agropecuaria tradicional .....	4
2.2. Intensificación de los sistemas de producción agropecuaria .....	5
<b>3. Los efectos de la fertilización nitrogenada</b> .....	<b>6</b>
<b>4. El ciclo del nitrógeno en el suelo</b> .....	<b>7</b>
4.1. Comportamiento natural del nitrógeno en el suelo .....	7
4.2. Las alteraciones del ciclo del nitrógeno impuestas por el hombre .....	9
<b>5. Deyecciones animales y contaminación por nitratos.</b> .....	<b>10</b>
5.1. Importancia y evolución de la producción ganadera. ....	10
5.2. Deyecciones ganaderas y su valor fertilizante. ....	13
5.3. Los estiércoles como fertilizantes nitrogenados. ....	14
5.4. Valoración global de los estiércoles como fertilizantes N-P-K. ....	17
<b>6. Cargas ganaderas y Fertilización, o el “Equilibrio Tierra-Ganado”</b> .....	<b>19</b>
6.1. Distribución de superficies y cultivos en Aragón. ....	19
6.2. Aproximación a las necesidades totales de fertilización nitrogenada en Aragón. ...	20
6.3. Comentarios sobre las estimaciones obtenidas .....	23
6.4. El equilibrio tierra-ganado. ....	24
<b>7. La lixiviación o lavado de los nitratos</b> .....	<b>26</b>
7.1. Fuentes y sumideros de nitrógeno .....	26
7.1.1 Mineralización-inmovilización de la materia orgánica .....	26
7.1.2 Nitrógeno procedente de la fijación biológica .....	27
7.1.3 Nitrógeno procedente del agua de riego y de lluvia .....	28
7.1.4 Deposición atmosférica .....	28
7.1.5 Pérdidas de nitrógeno por desnitrificación .....	28
7.1.6 Pérdidas de nitrógeno por volatilización .....	29
7.1.7 Nitrógeno nítrico disponible en el suelo .....	29
7.2. El riego y su repercusión en el lavado del nitrato .....	30
<b>8. Calculo de las necesidades de fertilización nitrogenada.</b> .....	<b>33</b>
8.1. Balance tradicional del nitrógeno .....	33
8.1.1. Entradas .....	34
8.1.2. Salidas .....	35
8.1.3. Balance .....	35
8.2. Balance por cuantificación del nitrógeno mineral en el suelo. ....	36
8.3. Dosificación del nitrógeno .....	36
8.4. Cálculo de la cantidad de fertilizante. ....	38
<b>9. Referencias Bibliográficas.</b> .....	<b>38</b>

## Introducción.

La Comunidad Económica Europea, a la vista del contenido de nitratos de las aguas de algunas regiones de los Estados miembros, estableció en diciembre de 1991 la Directiva del Consejo (91/676/CEE) relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la Agricultura, que en su artículo 1 fijaba dos objetivos claros:

- reducir la contaminación causada ó provocada por los nitratos de origen agrario, y
- actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase.

En el artículo 3, estableció que los estados miembros deberían designar en el plazo de dos años las Zonas Vulnerables (todas las superficies conocidas de su territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación por nitratos o que pudieran verse afectadas por la misma). El artículo 4 estableció la obligación de elaborar uno ó más “Códigos de Buenas Prácticas Agrarias”, y el Art. 5, que en el plazo de dos años, tras la designación de las Zonas Vulnerables, se establecerían unos “Programas de acción respecto de las Zonas Vulnerables designadas”.

En nuestra Comunidad Autónoma, la designación de las Zonas Vulnerables: “Jalón-Huerta” y “Gallocanta”, y la aprobación del Código de Buenas Prácticas Agrarias, se realizó a través del Decreto 77/1997, de 27 de mayo (B.O.A. nº 66, de 11 de junio), y el Programa de Actuación sobre estas Zonas, se aprobó en la Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura (B.O.A. nº1, de 3 de enero del 2001).

La aplicación del Código de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA), daría pie, con unos conocimientos mínimos de agronomía, a unas prácticas de fertilización correctas, porque en realidad los procesos de contaminación por nitratos, se han producido por una mala aplicación de los conocimientos y experiencias sobre fertilización.

Con la presente Información Técnica, intentaremos justificar y aclarar con mayor detalle que en el propio código, cómo deberíamos plantear en estos momentos, tanto en zonas vulnerables como fuera de ellas una práctica de fertilización nitrogenada correcta y sin efectos negativos para el medio ambiente.

## 1. Definición de la contaminación por nitratos

Con una visión únicamente agronómica, y consecuentemente parcial, podríamos indicar que el fenómeno de la contaminación por nitratos se produce por acumulación, -primero en el suelo, y luego tras su lavado, en las aguas- de unos excedentes de nitrógeno (en forma de nitratos) que se han aportado a través de unos fertilizantes (minerales u orgánicos) aplicados a las tierras de cultivo o de aprovechamiento ganadero (praderas).

Para una visión más amplia del problema, recurriremos a la que sobre el tema recoge el informe “GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK 2.000”, del Programa Medioambiental de Naciones Unidas de 1999, (1) y que podríamos traducir así:

“La sobrecarga de nitrógeno: Estamos fertilizando la tierra en una escala global, a través de la agricultura intensiva, el consumo de combustibles fósiles y amplios cultivos de leguminosas. Hay una evidencia creciente sobre el hecho de que, las enormes cantidades de nitrógeno utilizadas están exacerbando la acidificación, produciendo cambios de composición de especies en los ecosistemas, incrementando los niveles de nitrato en el agua de abastecimiento por encima de los niveles aceptables para el consumo humano, y causando eutrofización en muchos hábitats de agua dulce.

Además, los vertidos en los ríos de aguas residuales y fertilizantes ricos en nitrógeno, tienden a estimular la explosión de las algas en las aguas costeras, que a su vez conducen a la privación de oxígeno y subsiguiente muerte de los peces en las profundidades menores, y reduce la biodiversidad marina a través de la competencia. Las emisiones de nitrógeno a la atmósfera contribuyen al calentamiento global. Hay un incremento de consenso entre los investigadores hacia el hecho de que la alteración del ciclo del nitrógeno puede tener implicaciones globales comparables a las causadas por la ruptura del ciclo del carbono”

## 2. Los orígenes agrarios de la contaminación por nitratos.

Si bien el nitrógeno es abundante en la atmósfera (un 78 % en volumen), es por el contrario, escaso en el suelo y tiene que ser fijado por los microorganismos (suelo, agua y de las raíces de determinadas plantas) para poder estar disponible como nutriente de los cultivos. Según Vitousek et al. (1997) (2), la actividad humana ha doblado como mínimo, la cantidad de nitrógeno disponible para las plantas y, en estos momentos, contribuye con mayores aportes que los que generan los procesos naturales.

En este aporte humano, los fertilizantes minerales proporcionarían un 60% de ese nitrógeno, el cultivo de leguminosas supondría un 25%, y la utilización de combustibles fósiles, aproximadamente un 12 %.

### 2.1. La producción agropecuaria tradicional:

Desde el momento que el hombre descubrió la agricultura y hasta fechas muy recientes, el cultivo de las especies vegetales que el hombre buscaba para su sustento y el de los animales domésticos, se realizó en una situación de equilibrio entre los nutrientes principales (o macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio), que extraían esos cultivos del suelo, y las restituciones que iría recibiendo progresivamente a través de las deyecciones animales, basuras orgánicas, y el descubrimiento mejorante de las leguminosas como cultivos intercalares, que dejaban un excedente de nitrógeno para el cultivo siguiente, así como la práctica del barbecho.

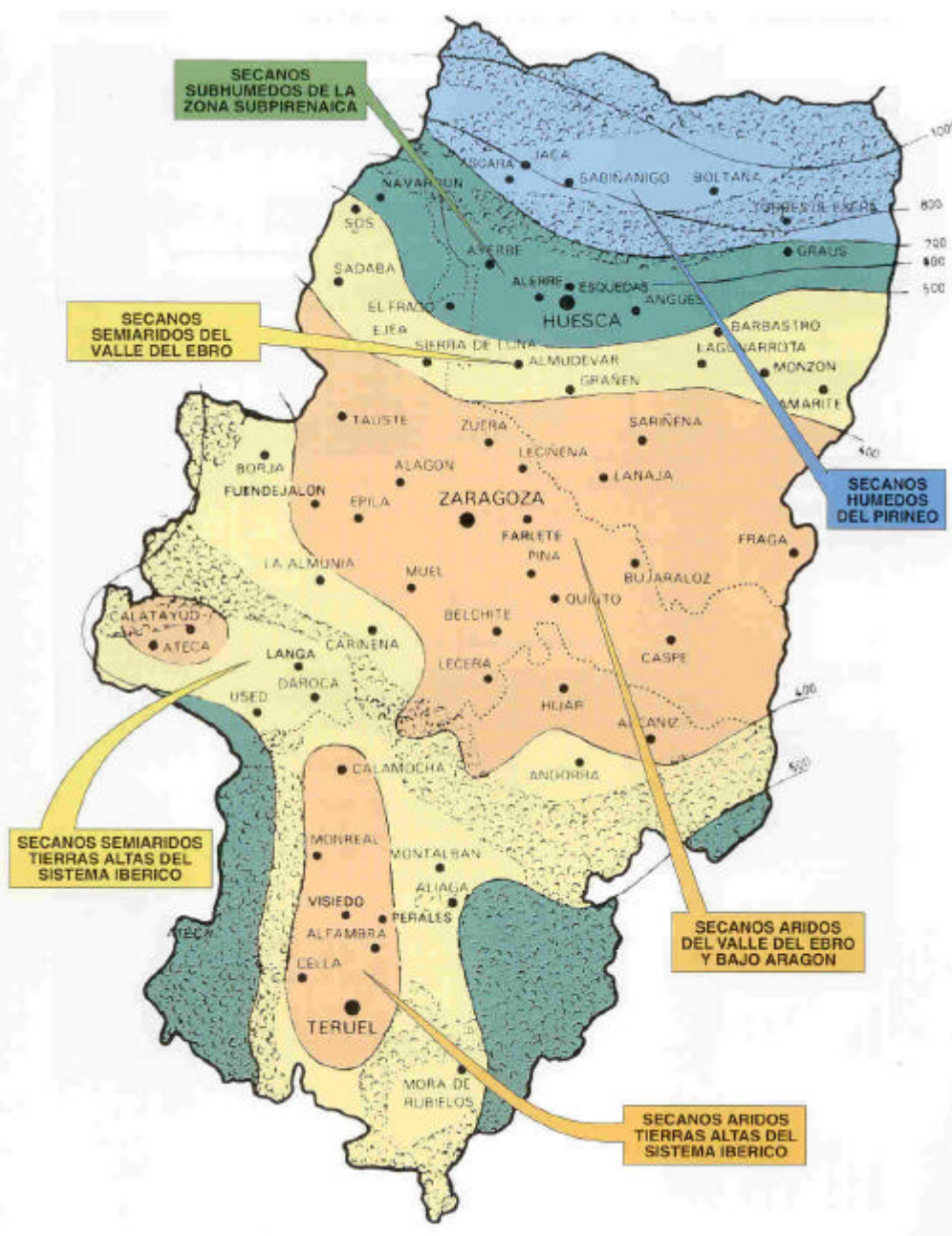
La climatología de cada lugar, y su acción sobre el suelo, determinan en cada situación una correlación entre ese clima (pluviometría, régimen pluviométrico y distribución estacional de temperaturas) y la capacidad productiva de una determinada masa vegetal. Esa producción vegetal soportaba una determinada población humana y de ganado. En la Figura 1 (3), podemos ver, en relación con nuestra Comunidad Autónoma, como las isoyetas (líneas que unen los puntos con una misma pluviometría) determinan los distintos tipos de secanos: áridos, semiáridos, subhúmedos y húmedos, y en el Cuadro nº 1, una estimación según la Unidad de Herbáceos del CTA (4) de las distintas producciones medias, del cultivo más representativo del secano aragonés: la cebada, en función de la pluviometría anual recibida.

*Cuadro nº 1. Producción media de cebada, según la pluviometría y los distintos tipos de secano.*

Tipos de Secano:	Pluviometría anual (l/m <sup>2</sup> )	Producción media (kg/ha)
Aridos del Valle del Ebro y Bajo Aragón	< 400	1.600 - 2.100
Aridos (tierras Altas del Sistema Ibérico)	< 400	2.100 - 2.600
Semiáridos (tierras Altas del Sistema Ibérico)	400 – 500	2.600 - 3.100
Semiáridos del Valle del Ebro	400 – 500	2.500 - 3.200
Subhúmedos, Zona subpirenaica	500 – 700	3.200 - 3.700
Húmedos, del Pirineo	700 – 1.000	3.500 - 4.300

En el caso concreto de España, probablemente hasta el final la década de los años sesenta, se mantuvo esa situación de equilibrio, y es a partir de ese momento, cuando los fertilizantes minerales producidos por la industria química comienzan a ser abundantes y asequibles, y pudo empezar la instalación de la ganadería intensiva (aves y porcino, fundamentalmente) capaz de producir gran número de animales sin necesidad de depender de las tierras de cultivo, pues los alimentos llegaban en forma de pienso compuesto, procedentes de zonas lejanas a su consumo (maíz, soja, mandioca, etc.). La ganadería intensiva genera una cantidad elevada de estiércoles que contienen a su vez, notables cantidades de nitrógeno.

**Figura nº 1 (3)**  
**Clasificación de secanos en Aragón en función de la pluviometría.**



## 2.2. Intensificación de los sistemas de producción agropecuaria

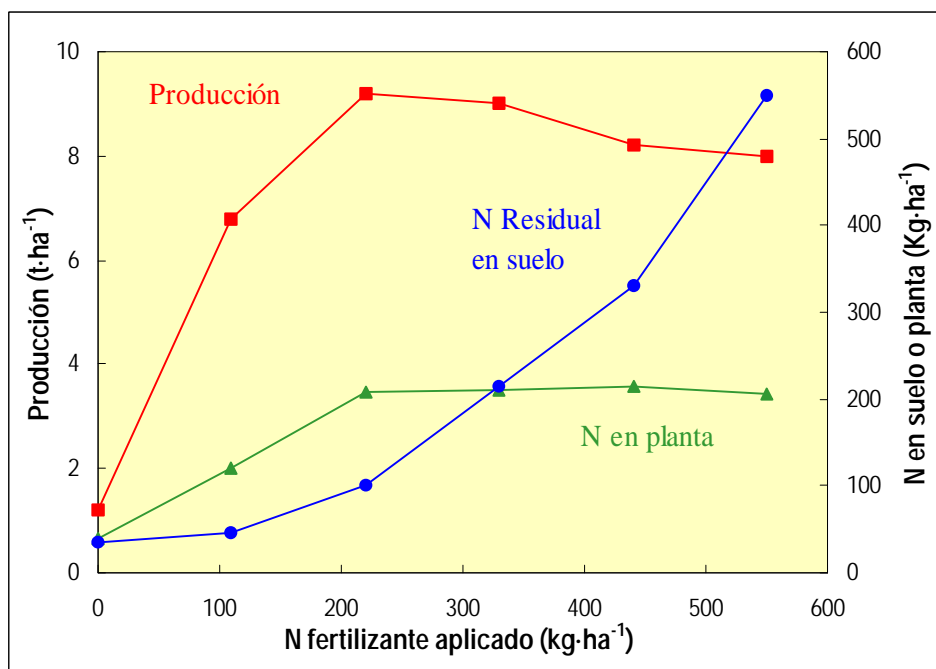
Desde el punto de vista de los cultivos, la estimulante respuesta obtenida a los aportes crecientes de nitrógeno, con unas elevadas producciones (con la excepción de las zonas áridas, donde el agua es aún más limitante que el nitrógeno), ha llevado a la práctica, -dado que estos fertilizantes minerales u orgánicos (estiércoles) son asequibles- de aplicar cantidades superiores a las necesidades reales, por aquel principio popular del “más vale que sobre, que no que falte...”, tratando de que el nitrógeno no fuera el factor limitante de la producción.

En unos treinta años, de los 60 a los 90, esas cantidades por encima de las necesidades de los cultivos han podido pasar a las aguas, lavadas por las lluvias o por las aguas de riego, y empezamos a detectar aguas con concentraciones de nitrato que ya no son tolerables para el consumo humano (por encima de los 50 mg/litro).

### 3. Los efectos de la fertilización nitrogenada

Los efectos de dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo, sobre la cosecha que buscamos (una parte específica de la planta), y sobre la planta entera en su conjunto, pueden verse en la Figura 2.

*Figura nº 2 (31). Ejemplo ilustrativo del efecto de la dosis de N fertilizante sobre la producción, contenido de nitrógeno (N) en la planta y residuo de nitrógeno mineral en el suelo.*



Puede observarse cómo al aumentar la dosis de nitrógeno aplicado, se incrementa la producción de grano de maíz (en las condiciones del ensayo, en 1978), casi de un modo lineal hasta conseguir unos 9000 kg/ha de cosecha, con unas aportaciones aproximadas de 225 kg de N/ha. A partir de esos aportes, aunque se sigan incrementando, la cosecha ya no aumenta o incluso decrece ligeramente.

Respecto al N total extraído por la planta: “N en planta”, se incrementa rápidamente hasta un nivel máximo, coincidente con la máxima producción, y permanece constante aunque crezcan las aportaciones. La planta no aprovecha más nitrógeno.

En cuanto al “N residual que queda en el suelo”, se ve en dicho experimento que, a partir de algo más de los 100 kg de N/ha, comienza a aparecer nitrógeno en el suelo, y que dicho contenido, crece más rápidamente a partir de los aproximadamente 225 kg de N, que marcaban la máxima producción de grano.

Esta respuesta es generalizable a todo tipo de cultivos, y queda claro que todos los aportes de fertilizantes nitrogenados por encima de la dosis que proporciona la máxima producción (cosecha), quedan en el suelo como potenciales contenidos expuestos a ser arrastrados a las capas inferiores del suelo y de allí a la capa freática..

Más exactamente –como veremos más adelante- podríamos decir que, en cuanto la suma de todas las fuentes de nitrógeno disponible en forma de nitrato, supere a la cantidad máxima que la planta ó cultivo puede absorber (y correlativamente, transformar en materia vegetal), estará disponible para ser lavada en cuanto haya una cantidad suficiente de agua, y el suelo disponga de las adecuadas condiciones de permeabilidad.

## 4. El ciclo del nitrógeno en el suelo

Antes de seguir estudiando las condiciones que determinan el posible lavado del nitrógeno hacia las capas inferiores del suelo, vamos a intentar explicar cómo se desarrolla el denominado “Ciclo del nitrógeno”, que supone en conjunto, el conocimiento de todos los aportes posibles; naturales o artificiales (de la mano del hombre), sus transformaciones a lo largo de los ciclos climáticos anuales (invierno-primavera-verano-otoño), su disponibilidad o no para las plantas, y su potencialidad para convertirse en un contaminante de las aguas.

### 4.1. Comportamiento natural del nitrógeno en el suelo.

En la Figura nº 3 (5) podemos estudiar con sencillez todos esos aportes y procesos.

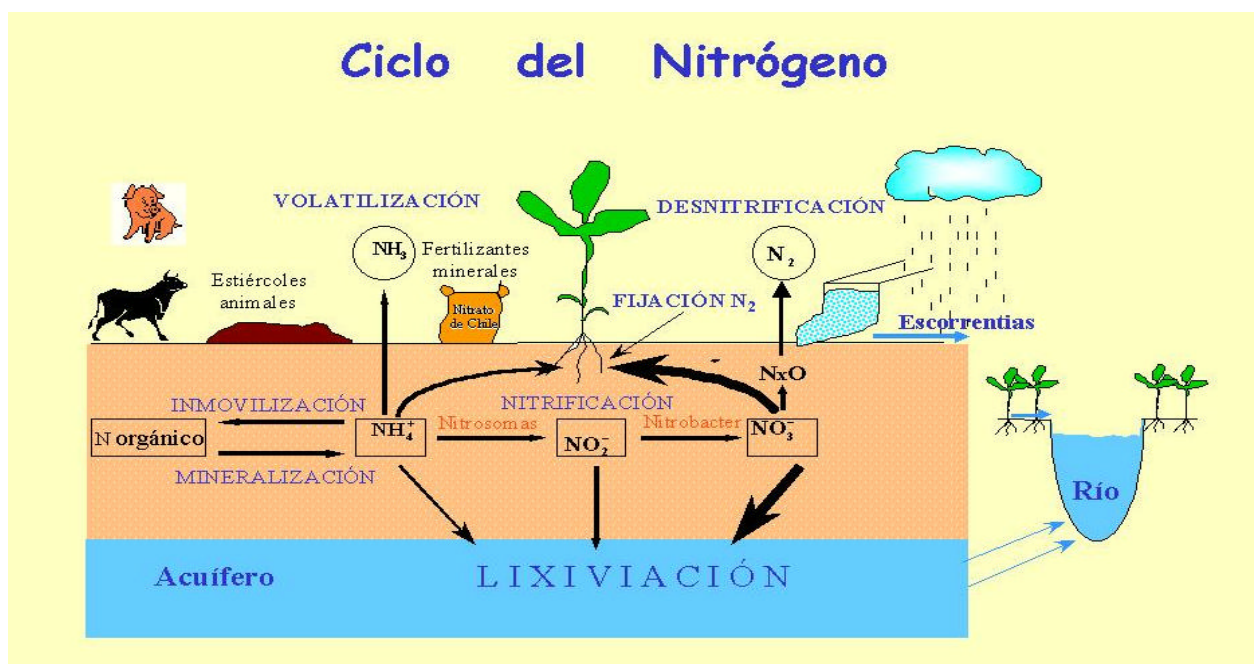
El ciclo del nitrógeno se desarrolla continuamente en la naturaleza, y gran parte de las transformaciones tienen lugar en el suelo. Sin la intervención del hombre, el nitrógeno presente se produce a partir de la materia orgánica procedente de restos de plantas y animales aportados en superficie, además de la pequeña cantidad que pueda ser arrastrada desde la atmósfera por el agua de lluvia, o bien de las cantidades más notables que pueden ser fijadas por las leguminosas.

La mayor parte del nitrógeno contenido en el suelo está en forma orgánica, y gracias a una serie de transformaciones da lugar a formas minerales, entre ellas las que serán asimilables por las plantas. Podemos diferenciar dos procesos principales en la transformación de las sustancias orgánicas:

- la mineralización de los restos, en la que se produce la rotura de las estructuras orgánicas y la descomposición de las proteínas, con una primera fase, denominada aminización, que da lugar a grupos amina ( $\text{NH}_2$ ) en las moléculas orgánicas, y una posterior de amonificación, que finalmente da lugar a nitrógeno en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).
- la nitrificación, que partiendo de la forma amoniacal da lugar a nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), con intervención de dos grupos de bacterias: las nitrosomas, que partiendo de amonio dan nitritos, y las nitrobacter, que a partir de los nitritos forman nitratos.

Esa es la parte principal del ciclo del nitrógeno, y permite que siempre haya en el suelo cantidades más o menos grandes de dicho elemento, según el contenido de materia orgánica del suelo y la época del año, en forma amoniacal y nítrica. Estas formas de nitrógeno mineral permiten la nutrición de las plantas.

Figura nº 3. Ciclo del Nitrógeno (5)



La forma en que las plantas absorben el nitrógeno es mayoritariamente la nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), y también, en muchas especies y según el momento del ciclo vegetativo, la amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). De modo que, con la absorción por parte de las plantas, obtendríamos nuevamente materia orgánica y quedaría “cerrado” el ciclo, al menos en lo que es su núcleo principal en el suelo.

Ambas formas minerales de nitrógeno, amoniacal y nítrica, son muy solubles y están sujetas a nuevas transformaciones en el suelo. Algunos aspectos de su comportamiento nos interesan especialmente:

- Respecto a su movilidad en el suelo, hay una diferencia fundamental entre la forma amoniacal, que puede ser retenida por el suelo hasta su absorción o su transformación en nitratos, y la forma nítrica, para la que el suelo apenas tiene capacidad de retención. Esto hace que un excedente de nitrato generado en un momento dado por el ciclo del nitrógeno, quede expuesto al lavado. Esta parte lavada, una vez que queda fuera del alcance de las raíces, se perderá en profundidad y puede llegar hasta aguas freáticas o superficiales.
- El nitrógeno mineral, tanto en forma nítrica como amoniacal, puede ser requerido en la mineralización de nuevas sustancias orgánicas que contengan una cantidad pequeña de nitrógeno (relación C/N alta) lo que supone una inmovilización de ese nitrógeno que “retrocede” nuevamente a formas orgánicas más o menos evolucionadas. Este nitrógeno será finalmente liberado de nuevo.
- En suelos mal aireados (por encharcamiento o compactación), algunos organismos del suelo, que necesitan oxígeno para vivir, lo tomarán de la forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) transformándola nuevamente a nitritos y finalmente a moléculas de nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ), que se perderá a la atmósfera.
- Todas las transformaciones o rutas que suponen “escapes” del ciclo no son deseables, y colocan nitrógeno en lugares donde puede ser muy pernicioso. En ese sentido constituyen contaminación, tanto las salidas por lavado y la evaporación a la atmósfera, que ya hemos comentado.

El ciclo del nitrógeno, como los ciclos de otros elementos en la naturaleza, se produce de una forma continua, es decir, que siempre hay nitrógeno en el suelo en todas las formas, aunque en cantidades muy variables. La evolución de la materia orgánica viene determinada por la temperatura, aireación y humedad del suelo; con temperaturas altas, buena aireación y algo de humedad en el suelo, la mineralización se acelera. Esto hace que, en nuestro clima, el máximo de producción natural de nitratos sea en primavera y verano. En cierto modo, coincidiendo con la máxima absorción por parte de las plantas.

En el **Cuadro n° 2** se dan unas referencias orientativas sobre la cantidad neta mineralizada en función los tipos de suelos, pH, nivel de materia orgánica y del porcentaje de arcilla para un cultivo de maíz en Francia (6). Otra referencia podrá verse más adelante en el **cuadro n° 26**.

**Cuadro n° 2 (6). N-inorgánico generado por mineralización del humus (kg N/ha y año)  
(estimación para un cultivo de maíz en Francia)**

Tipo de suelo	pH	Nivel de materia orgánica					
		1,5%	2,0%	2,5%		3,0% o más	
				arcilla < 25%	arcilla > 25%	arcilla < 25%	arcilla > 25%
Suelo no calcáreo (o poco)	< 5	30 <sup>1</sup>	40	55	50	60	50
	5-6	45	60	75	60	90	70
	> 6	60	80	100	80	120	90
Suelo calcáreo con más del 20% de $\text{CaCO}_3$		50					
Suelo poco profundo		30					

<sup>1</sup> Suponiendo que el suelo presenta la usual relación C/N de 10, a través del nivel de materia orgánica conoceremos el contenido aproximado de N orgánico.



Por todo lo comentado hasta ahora, puede deducirse que, **sin intervención humana, el ciclo del nitrógeno en el suelo se caracteriza por:**

- La presencia de nitrógeno está prácticamente limitada a los aportes orgánicos.
- La producción de biomasa está limitada, en gran medida, por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. De esa forma, las restituciones de materia orgánica son proporcionales a los consumos de nitrógeno.

Como consecuencia, la cantidad de nitrógeno mineral disponible en el suelo es siempre pequeña, y las pérdidas, fundamentalmente las debidas al lavado, son reducidas.

## 4.2. Las alteraciones del ciclo del nitrógeno impuestas por el hombre.

La intervención del hombre, a través de la ganadería y la agricultura, está incidiendo en el ciclo del nitrógeno en diferentes puntos. Puede decirse que la agricultura moderna introduce en el suelo una cantidad de nitrógeno entre tres y diez veces superior, o incluso más en agricultura intensiva, que la recibida por el suelo en condiciones naturales, y en formas mucho más solubles.

La mayor parte de los fertilizantes químicos nitrogenados utilizados en la agricultura inciden en el ciclo con formas de nitrógeno amoniacales (a las que podemos asimilar también las ureícas) o nítricas, que como hemos visto son las más rápidamente asimilables y muy solubles.

Por lo tanto, si estos aportes no son absorbidos por el cultivo en plazo relativamente breve tras su aplicación, quedan en el suelo sin que el ciclo del nitrógeno tenga capacidad para “reciclarlos” en cantidades tan elevadas. En resumen, quedarán a merced de las “salidas” del ciclo no deseadas, y en concreto del lavado a través del suelo.

Si existe otro factor limitante, por ejemplo el agua (en el caso de los secanos áridos ó semiáridos), es muy posible que el cultivo no llegue a extraer todo el nitrógeno que tiene disponible, y que estos excedentes acaben pasando a capas inferiores del suelo, del subsuelo, o alcanzando la capa freática, si se produce una fuerte aportación de agua..

Paralelamente, la ganadería moderna ha concentrado la producción de residuos orgánicos en torno a sus granjas, y si los distribuye en superficies pequeñas puede producir también excedentes, a partir de residuos orgánicos de mineralización más o menos rápida. A menudo el problema se incrementa porque es frecuente no tener en cuenta el aporte nitrogenado que procede de la materia orgánica, y no descontarlo de la fertilización química que se practica en esas superficies.

**En resumen, el ciclo del nitrógeno modificado por la agricultura intensiva, se caracteriza por:**

- Unos aportes importantes de nitrógeno en formas minerales (es el elemento fertilizante más utilizado).
- Un olvido, en numerosas ocasiones, de la consideración de los subproductos de origen animal como un fertilizante de notable contenido en N.
- En el regadío, aportes importantes de agua, pueden atravesar el suelo y dan lugar a aguas de drenaje que pueden ir cargadas de nitratos.
- Aportes cada vez más frecuentes procedentes de fuentes “no normales”, como el agua de riego, la lluvia en zonas con atmósfera contaminada, aportes de sustancias residuales de orígenes diversos, etc.
- Práctica del “barbecho desnudo”, en el que no existe ninguna planta que pueda tomar el nitrógeno mineral residual o el producido en el ciclo del nitrógeno.
- El crecimiento de núcleos de población y sus actividades industriales introduce también en la atmósfera y el agua cantidades importantes de nitrógeno.

Como consecuencia, las cantidades de nitrógeno mineral disponibles en el suelo son habitualmente mucho más altas que en condiciones naturales. Y, por consiguiente, las posibilidades de “escape” desde el suelo, son mayores, pudiendo originar “contaminación”.

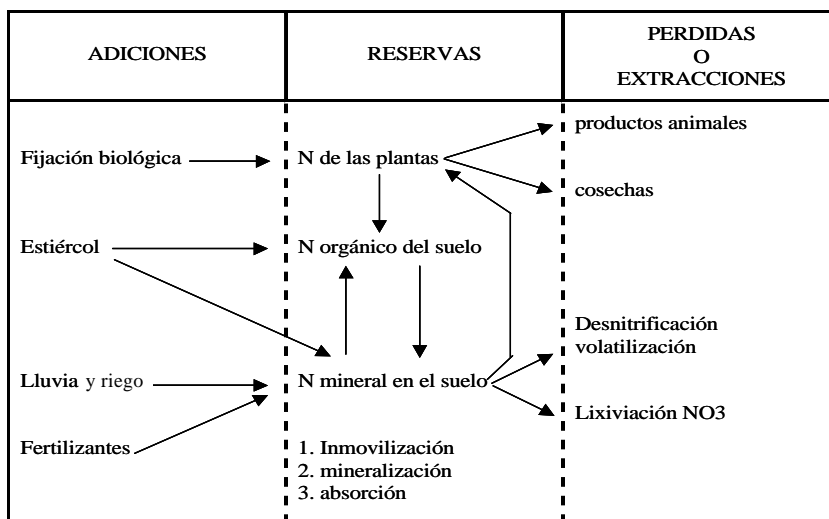
Este tipo de contaminación sitúa cantidades anómalas de nitrógeno en aguas freáticas y superficiales. En las aguas freáticas que son utilizadas para consumo humano, los contenidos altos de nitratos presentan riesgos para la salud, y en las aguas superficiales su presencia hace proliferar la biomasa de algas y pequeños organismos que consumen todo el oxígeno y acaban provocando la putrefacción, es el fenómeno denominado EUTROFIZACIÓN de las aguas.

En la **Figura nº 4** puede verse un esquema mucho más simplificado del Ciclo del Nitrógeno en el suelo, que da también una idea muy clara de todos los procesos que en cualquier sentido pueden producirse, y con una cierta idea de un reservorio (el suelo) que por una parte recibe unas Adiciones y por otro lado tiene unas Pérdidas ó Extracciones.

“Adiciones” o Entradas”, compuestas por: fijación biológica por parte de cultivos de leguminosas, estiércol, y materia orgánica en general, aportación con el agua de lluvia ó de riegos, y finalmente, por fertilizantes. Estos aportes generan una “reserva” en el suelo, en la que existe un equilibrio entre el nitrógeno mineral y el orgánico.

Y finalmente, “Salidas”, “Pérdidas”, ó “Extracciones”, de las que la más importante es la producida por las cosechas o por el pastoreo ó consumo por animales; y otras, no deseables son: la “desnitrificación”, la volatilización con la consecuente pérdida a la atmósfera y el “lavado” ó “lixiviación”, que originará pérdidas en profundidad.

**Figura nº 4. Principales componentes y procesos del ciclo del nitrógeno en suelos agrícolas (7).**



## 5. Deyecciones animales y contaminación por nitratos.

Las deyecciones animales contienen importantes cantidades de nitrógeno en formas diversas (amoniacal, orgánica u otras), y pasan a formar parte de los estiércoles en sus distintas formas de presentación: sólidos o líquidos. Por este motivo, y desde el momento de su formación, los estiércoles contienen unas notables cantidades de nitrógeno.

### 5.1. Importancia y evolución de la producción ganadera.

La distribución y la importancia de las especies ganaderas ha variado en el tiempo, y así hemos recogido, de una serie de Anuarios desde 1955 (8) hasta 1997 (14), la evolución del censo de ganado porcino en España y Aragón, por el impresionante crecimiento que esta especie ha tenido en nuestra Comunidad. Se puede observar como curiosidad, que en el año 1955 estaban registradas más caballerías que cabezas de porcino..., y que se ha pasado en cuarenta y dos años de poco más de cien mil cabezas en 1955 a prácticamente tres millones en el año 1997 (**Cuadro nº 3**). Y si esa evolución la estudiásemos en el período 1970-97, mientras el censo español (cabezas totales) se triplicaba, el censo de Aragón se multiplicaba por 12.

**Cuadro Nº 3. Evolución de Censo del PORCINO y referencias a otras especies. 1955-1997. ARAGON y ESPAÑA**

Años:	Censos de Porcino			Censo de otras especies indicativas:			
	Aragón		España	Caballar	Mular	Asnal	Suma caballerías
	Cerdas	Cab. totales	Cab. totales				
1955 (8)	-	100.190	-	34.928	96.433	42645	173.976
1964 (9)	-	139.534*	-	-	-	-	-
1970 (10)	-	225.367	6.023.919	-	-	-	-
1980 (11)	112.383	1.101.801	11.262.841	-	-	-	-
1990 (12)	194.886	1.910.838	16.001.627	-	-	-	-
1997 (13)	284.425	2.924.157	18.162.539	-	-	-	-

\* Figura como: Animales sacrificados.

A partir de los mismos anuarios, recogemos en el **Cuadro nº 4**, la evolución del peso vivo, del porcino en nuestra Comunidad y la estimación de producción de estiércol, comparada con el resto de todas las especies, en las cuatro últimas décadas 1964 / 1970 / 1980 / 1990.

**Cuadro nº 4. Evolución de la producción de ESTIERCOL. Aragón. 1964-1990.**

Años:	Especie PORCINA		Todas las Especies
	Peso vivo (tm)	Estiércol (tm)	Estiércol (tm)
1964 (9)	16.200	332.800	3.094.300
1970 (10)	20.300	427.000	2.757.500
1980 (11)	61.000	1.255.000	3.380.000
1990(12)	134.000	2.473.900	5.426200

En el **Cuadro nº 5**, podemos seguir la evolución de los censos del porcino en Aragón y en algunas Comunidades Autónomas: Cataluña, Castilla-León y Andalucía, para ver el rápido incremento de esta especie en nuestra Comunidad y su elevado peso (alrededor o por encima del 15% del total nacional) en la producción española, llegando a convertirse en la segunda comunidad por importancia, después de Cataluña, tras superar últimamente a Castilla-León.

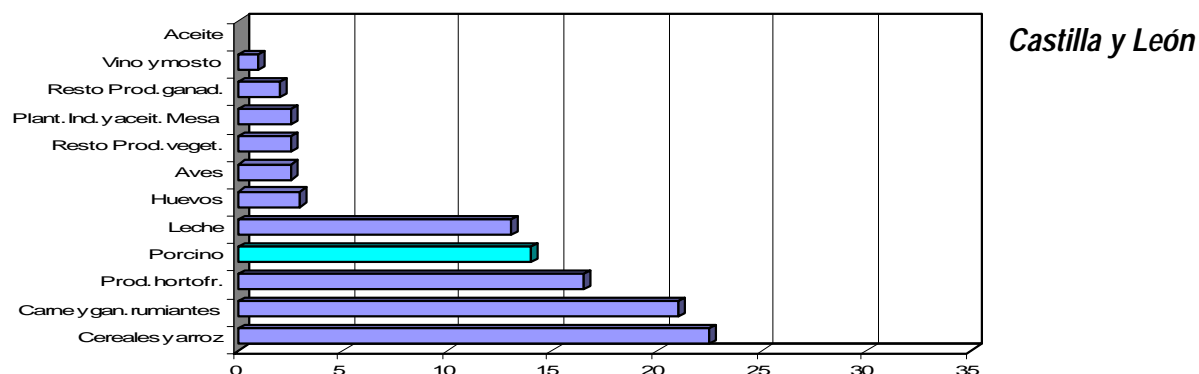
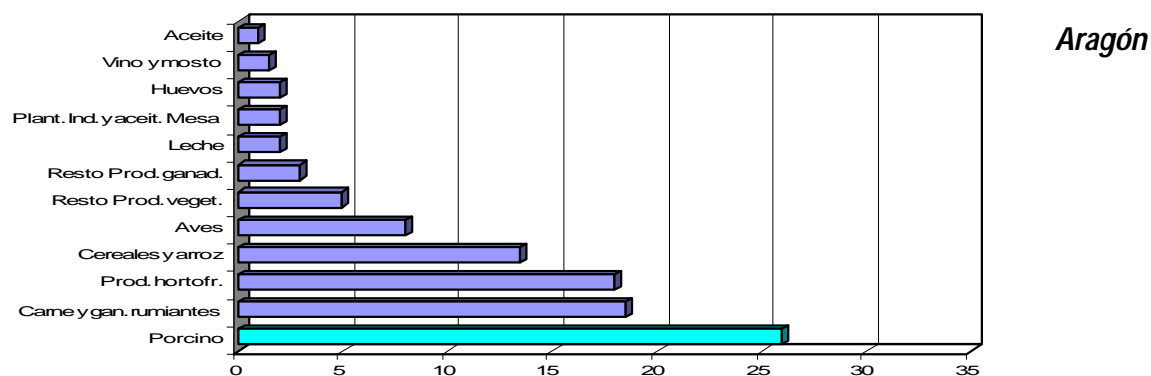
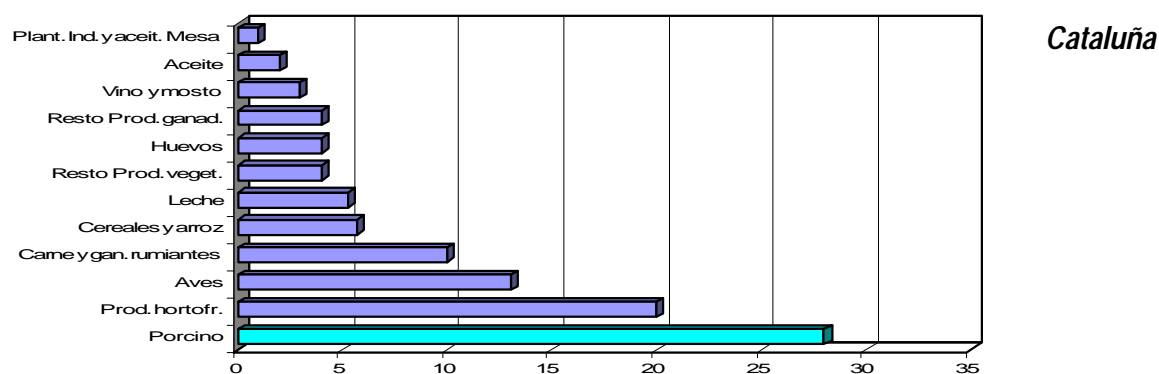
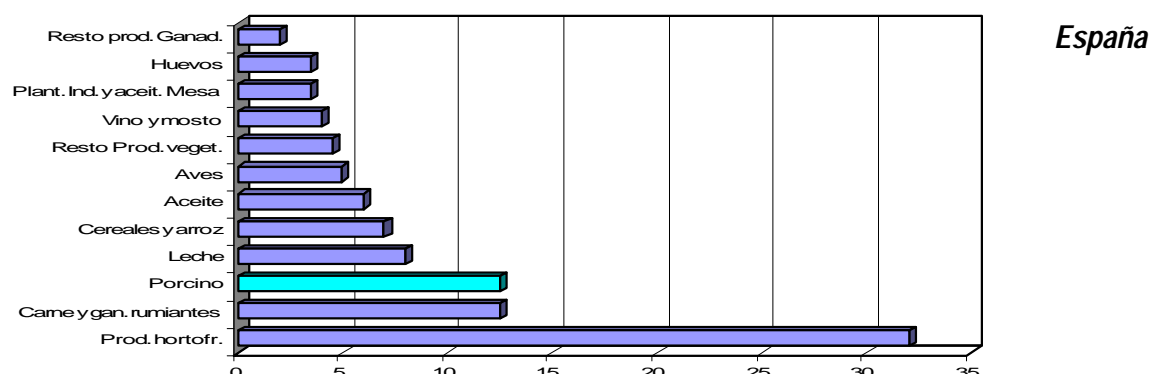
**Cuadro nº 5. Evolución de los Censos: Ganado porcino. España, Aragón y otras Comunidades Anuarios Estadísticos del MAPA 1984-1995 y Boletín mensual de Estadística. Octubre 2.000\* (15).**

Años:	Aragón	Cataluña	Castilla y León	Andalucía	ESPAÑA	% Aragón/España
1984	1.297.499	3.156.054	1.538.877	944.968	11.961.821	10.85
1985	1.353.089	3.245.352	1.647.946	886.471	11.960.024	11.31
1986	1.616.277	3.890.810	1.943.699	978.063	13.387.238	12.07
1987	2.009.137	4.767.489	2.805.085	1.451.547	17.303.478	11.61
1988	1.945.245	4.514.300	2.746.568	1.536.198	16.613.635	11.71
1989	1.922.528	4.720.585	2.584.821	1.671.446	16.910.922	11.37
1990	1.910.838	4.465.069	2.547.133	1.688.885	16.001.627	11.94
1991	2.317.261	4.643.284	2.810.065	1.780.565	17.109.756	13.54
1992	2.261.091	5.083.197	2.940.703	1.972.174	18.260.386	12.38
1993	2.802.994	5.237.389	2.815.592	2.085.926	18.234.096	15.37
<b>1994</b>	<b>3.145.099</b>	<b>4.785.536</b>	<b>2.771.543</b>	<b>1.651.935</b>	<b>18.345.052</b>	<b>17.14</b>
1995	2.894.100	5.105.366	2.397.587	1.651.069	18.162.539	15.93
1999*	3.146.076	5.628.384	2.925.286	2.068.780	21.252.071	14.62

Como consecuencia del incremento del censo, la actividad porcina se ha convertido en la primera actividad agraria de Aragón, superando el 25 % de la producción final agraria (PFA), situación que también se da en Cataluña, pero no en Castilla-León (a pesar de su elevado censo, muy próximo al de

Aragón). En la figura nº 5 se compara la distribución de la “Estructura de la P.F.A. por productos (media 1993-1995)” de aquellas Comunidades con mayor peso en porcino.

**Figura nº 5. Estructura de la P.F.A. por productos (media 1993-95) (15).**



Y para terminar, dando una panorámica aproximada de la evolución de los censos hasta llegar al momento actual, y conocer nuestro peso relativo dentro de cada especie ganadera, recogemos,- de los dos censos que teníamos disponibles como más antiguo y más reciente (1955-1999)- en el cuadro nº 6, las correspondientes cifras. Hay que reseñar que los datos que dan del 99 corresponden realmente a 1996.

**Cuadro nº 6. Evolución del censo ganadero en las principales especies. Aragón y España. 1955-1996 (en miles de cabezas)**

	Bovino		Ovino		Caprino		Porcino		Aves		Caballerías (1)	
	1955	1996	1955	1996	1955	1996	1955	1996	1955(2)	1996(3)	1955	1996
Aragón	48	238	1.861	3.141	180	60	100	2.751	1.255	45.993	173	8
España	274	5.925	15.933	23.981	3.096	2.395	2.792	18.651	23.370	224.444	2.352	504
Aragón/España (%)	1,78	4,02	11,68	13,10	5,80	2,54	3,59	14,75	5,37	20,49	7,40	1,65

(1) Conjunto de caballos, mulos y asnos.

(2) Gallinas

(3) Obtenido de la tabla de producción de estiércol, a partir de los censos allí reflejados.

E igualmente, en el cuadro nº 7, se reflejan las cantidades de estiércol producidas por las Comunidades Autónomas con mayor peso en el momento actual:

**Cuadro nº 7. Producción de Estiércol en 1996. Todas las especies(17). Comunidades con mayor producción.**

Comunidad	Producción de estiércol (Tm)
Castilla y León	14.533.520
Cataluña	12.564.510
Aragón	8.649.470
Andalucía	8.531.400

## 5.2. Deyecciones ganaderas y su valor fertilizante

Con los datos anteriores, hemos podido comprobar la evolución y el crecimiento de la especies ganaderas, especialmente de la porcina, e indirectamente podemos suponer que esos censos crecientes, se van a correlacionar con volúmenes proporcionalmente crecientes de estiércol.

Para valorar el volumen global de deyecciones animales y sus contenidos en los elementos fertilizantes más importantes: nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O), utilizaremos la misma referencia que nuestro “Código de buenas prácticas agrarias”, que transcribimos en el **Cuadro nº 8**.

**Cuadro nº 8. Deyecciones anuales en kg dependiendo del tipo de ganado, fase productiva (porcino) y composición media (7).**

Animales	Deyecciones anuales (kg)		Composición	Contenido en %		
	Sólidas	Líquidas		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Vacuno:</b> Animales jóvenes	3.650-4.348	1.825	Excr. sólidos	0,35	0,28	0,22
Animales 500 kg	5.840	2.555	Orina	0,70	0,01	1,5 - 2
Vacas lecheras	9.125	5.475				
<b>Equino:</b> Caballos 500 kg	6.205	1.551	Excr. sólidos	0,50	0,35	0,30
Caballos 700 kg	9.125	2.737	Orina	1,20	-	1,50
<b>Ovino:</b> Corderos 25-30 kg	219	219	Excr. sólidos	0,75	0,60	0,30
Ovejas 40 kg	365	328	Orina	1,40	0,05	1,9
Ovejas 60 kg	547	438				
<b>Aves:</b> Gallinas	50	-	Deyec. gallina	1,40	1,00	0,60
Patos	84	-	Deyec. patos	0,80	0,50	0,70
<b>Porcino:</b> Cerdas 40 kg	365	255	Exc. sólidos	0,60	0,40	0,50
Cerdas 80-90 kg	912	657	Orina	0,30	0,12	0,20
	<b>Estiércol fluido</b>			<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>		
1 cerda, ciclo cerrado	17.000		E.F. ciclo cerrado	4,2	3,1	2,7
1 cerda, prod. lechones	6.000		E.F. cría	3,4	1,8	2,3
1 plaza cebadero	1.700		E.F. cebaderos	5,9	5,2	3,6

Una estimación del nitrógeno contenido en todos los estiércoles producidos en nuestra Comunidad Autónoma se recoge en el **Cuadro nº 9**, de acuerdo con los censos/plazas ganaderas existentes en 1999.

**Cuadro nº 9. Estimación del contenido de nitrógeno en estiércoles. Aragón 1999 (15 y 16).**

Especie / Fase productiva	Nº de plazas	kg de N / plaza y año	kg N total / año	kg N Total especie y año	Contrib. especie (%) s./total
Cerdas madres	357.752	16,10	5.759.807	<b>Porcino:</b> 36.680.307	44,47
Porcino de cebo	2.834.143	10,91	30.920.500		
Vacas ordeño	19.767	68,25	1.349.097	<b>Vacuno:</b> 9.826.579	11,91
Vacas no ordeño	37.587	68,25	2.565.312		
Vacuno de cebo	266.194	22,21	5.912.168		
Ovejas madres	2.606.993	7,48	19.500.308	19.500.308	23,64
Cabras	60.783	7,48	454.657	454.657	0,55
Conejas reproductoras	180.055	11,2	2.016.616	2.016.616	2,44
Pollos carne	15.557.045	0,73	11.356.643	<b>Aves:</b> 13.990.013	16,96
Gallinas ponedoras*	1.803.678	1,46	2.633.370		
<b>TOTALES</b>			<b>82.468.480</b>		<b>100,00</b>

Fuentes: Anuario Estadístico de Aragón 1999 y Boletín Mensual de Estadística. Octubre 2000\*

Teniendo en cuenta la estimación del estiércol producido por cada cabeza de ganado, o plaza de engorde (de acuerdo con su ocupación anual), y el contenido medio de nitrógeno que atribuimos a cada kg de estiércol, llegamos a los kg de N producidos al año en forma de estiércol, y la importancia que cada especie tiene en ese cómputo global.

Hay que recordar que esas cifras de “N inicial”, contenido en los estiércoles en el momento de su formación, no se mantienen a lo largo del tiempo a no ser que se tenga un exquisito cuidado en el manejo y almacenamiento del mismo, y posteriormente en su aplicación. Llegados a este punto, las posturas de ganadero y la sociedad pudieran ser contrarias: un ganadero de explotación intensiva sin tierra, puede pretender la pérdida del nitrógeno amoniacal y aplicaría en consecuencia sistemas de desecación para estiércoles líquidos (balsas de desecación), aunque llegue a inutilizar las parcelas en las que practica la desecación emitiendo unas cantidades significativas de amoníaco a la atmósfera, con un costo muy reducido. Por el contrario, la sociedad en general, debe pretender el mínimo impacto ambiental, y tratar de que todos los nutrientes contenidos en el estiércol, vuelvan a ser útiles como elementos fertilizantes y sin causar daño al medio ambiente: evitando la emisión de amoníaco a la atmósfera, las contaminación de las aguas por nitratos, exceso de fósforo y potasio en el suelo, etc.

En consecuencia, las cifras de N que recogemos en los cuadros a partir de un censo ganadero, son “cantidades de partida”, que luego por diversas pérdidas en el manejo de esas deyecciones o estiércoles, pueden llegar más o menos menguadas al suelo agrícola si se usan como fertilizante directo.

### 5.3. Los estiércoles como fertilizantes nitrogenados:

En el propio Decreto 77/1997, de 27 de mayo del Gobierno de Aragón en el que se aprueba el CODIGO DE BUENAS PRACTICAS AGRARIAS, se definen con cierta precisión los distintos tipos de fertilizantes nitrogenados y entre ellos, los distintos tipos de estiércoles.

Básicamente, existen dos tipos distintos: los que tienen un sustrato orgánico importante, pues se han formado añadiendo paja o camas similares, para que absorban las deyecciones, y constituyen los clásicos “fuegos”, y aquellos más recientes que se introdujeron con la evacuación hidráulica de las deyecciones, que en realidad son las deyecciones más una cierta cantidad de agua (limpieza, escape de bebederos, añadidos al canal donde se recogen), que tienen por su misma naturaleza, muy poca sustancia seca y una elevada proporción de agua, y se denominan estiércoles fluidos ó líquidos o “purines”.

De acuerdo con esta característica, van a tener una distinta velocidad en dejar disponible un nitrógeno aprovechable para el cultivo en el mismo año de su aplicación. Un estiércol clásico, con cama, en líneas generales requiere un cierto tiempo, de acuerdo con ese esquema del Ciclo del nitrógeno que hemos estudiado, para transformar las formas orgánicas a las minerales para que puedan ser absorbidas por la planta. En cambio, un estiércol fluido, con una mayor proporción de nitrógeno en forma amoniacal, se encuentra ya en la última fase del ciclo, y pasa a nitrato con cierta rapidez si se dan las condiciones adecuadas de humedad y temperatura (primavera-verano).

De ahí, que cuando pretendamos utilizar un estiércol como fuente de nitrógeno, lo primero que deberíamos conocer es su “coeficiente de mineralización”, que nos va a indicar qué proporción del nitrógeno contenido, va a estar a disposición del cultivo, y cómo va a ajustarse a los momentos de mayor necesidad de la planta. De acuerdo con Gros (19), y refiriéndose a estiércoles con cama, se admite como una referencia general, una mineralización del 40-50% el primer año, un 35% el año siguiente y un 15% el tercer año.

En los estiércoles fluidos porcinos, la porción de N amoniacal varía según la procedencia, con un valor medio en torno al 69% (Cuadro nº 10).

**Cuadro nº 10. Estiércol fluido porcino (18).**  
*Concentraciones medias de nitrógeno por tipo de explotación y valores medios.*

Tipo explotación	Nº de muestras	Concentraciones medias kg/m <sup>3</sup>		
		N amoniacal	N orgánico	N total
Gestación	32	2,46 (74,7)	0,83	3,29
Maternidad	32	2,29 (71,3)	0,94	3,21
Precebo	27	2,99 (61,5)	1,82	4,86
Cebo	76	3,59 (69,5)	1,57	5,16
Resto muestras	48	3,27 (70,7)	1,27	4,62
Valores medios	(suma: 215)	2,92 (69,03)	1,29	4,23

En los **Cuadros nº 11 y nº 12**, se recogen los coeficientes de eficacia directa en el año de su aplicación del nitrógeno y los coeficientes de eficacia “residual” en años posteriores de diversos estiércoles, obtenidos en los Países Bajos y reseñados por Heduit M.(20)

**Cuadro nº 11**  
*Coefficientes de eficacia directa del Nitrógeno (20).*

Cultivo	Cereales				Plantas de escarda				Praderas	
	Primavera		Otoño		Primavera		Otoño		Verano-invierno	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	No	
Estiércol vacuno	0,18	0,16	0,13	0,12	0,22	0,20	0,16	0,15	0,24	0,18
E. fluído vacuno	0,42	0,34	0,22	0,19	0,46	0,38	0,26	0,22	0,42	0,26
E. fluído porcino	0,58	0,46	0,29	0,24	0,62	0,50	0,32	0,27	0,54	0,30
Estiércol de ave (gallinaza)	0,66	0,52	0,32	0,26	0,70	0,56	0,35	0,30	0,60	0,33

**Cuadro nº 12. Coeficientes de "eficacia residual"  
según la frecuencia del aporte y el sustrato aplicado (20).**

Cultivo	Cereales		Plantas de escarda		Praderas	
	10-20 años	> 20 años	10-20	> 20	10-20	> 20
Estiércol vacuno	0,18	0,35	0,24	0,49	0,32	0,63
E. fluído vacuno	0,10	0,20	0,14	0,28	0,18	0,36
E. fluído porcino	0,05	0,10	0,07	0,14	0,09	0,18
Estiércol de ave (gallinaza)	0	0,05	0	0,07	0	0,09

En el **Cuadro nº 13**, se recoge a partir de diversos autores los contenidos en N de diversos tipos de estiércol, en función de su contenido en materia seca, con las cantidades que aproximadamente contienen 170 kg de N ("contenido inicial"), y una estimación del % del N que se mineraliza el primer año de aplicación.

**Cuadro nº 13**

**Valores orientativos de, % de materia seca, contenido de nitrógeno, cantidad orientativa que contienen 170 kg de nitrógeno y porcentaje de nitrógeno mineralizado el primer año de su aplicación en varios estiércoles y abonos orgánicos.**

Estiercoles y Abonos orgánicos	% de Materia seca	Contenido N total por ud. Tm, ó m <sup>3</sup>	Cantidad orient. que contiene 170 kg de N	% de N mineralizado 1 <sup>er</sup> año aplic. <sup>(5)</sup>
AVIAR: Gallinas puesta(baterías)	34 <sup>(2)</sup>	15 kg /Tm <sup>(2)</sup>	11.333 kg	60 - 90 %
Pollos carne (s/suelo)	68 <sup>(2)</sup>	17 kg /Tm <sup>(2)</sup>	10.000 kg	-
Estiercol fluído aves (indeterm.)	12-21 <sup>(1)</sup>	6,5-10 kg/Tm <sup>(1)</sup>	26.154- 17.000 kg	-
Estiercol fluído (ponedoras)	25 (2) ITP	11 kg/Tm (2) ITP	15.455 kg	-
CUNÍCOLA: (general)	28- 50 <sup>(3)</sup>	15 -30 kg/Tm <sup>(3)</sup>	11.333 - 5.667 kg	-
OVINO: Ovejas	35 <sup>(2)</sup> 25- 55 <sup>(3)</sup>	14 kg / Tm <sup>(2)</sup> 22 - 32 kg/Tm	12.143 kg 7.727 - 5.313 kg	40 -50 % -
PORCINO: Estiércol clasico cerdos	25 <sup>(2)</sup>	5 kg /Tm <sup>(2)</sup>	34.000 kga	40 - 50 %
Estiércol fluído (purines)				
- De ciclo cerrado	5,2 <sup>(4)</sup>	4,2 kg /Tm <sup>(4)</sup>	40.000 kg	30 % aplicación otoño
- Cría	3,2 <sup>(4)</sup>	3,4 kg/tm	50.000 kg	60% primavera
- Cebaderos	8,4 <sup>(4)</sup>	5,9 kg/Tm	29.000 kg	
VACUNO: Est. clásico (vacas, terneros eng.)	20 <sup>(2)</sup>	6,5 kg/Tm <sup>(2)</sup>	26.154 kg	20 - 30 %
Estiércol fluído (indeterm.)	13-20 <sup>(1)</sup>	3,7 - 4,6 kg/Tm <sup>(1)</sup>	46.000 - 37.000 kg	-
COMPOST de Residuos sólidos urbanos	-	1-1,8 % de N sobre M.S.	-	15 -20 %
LODOS de Depuradoras	-	2- 7 % de N sobre M.S.	-	30 - 40 %

<sup>(1)</sup> K. Meeus-Verdinne; J.P. Destain. Contaminación de los suelos por los desechos de la cría de ganado.

<sup>(2)</sup> Cooke G.W. 1982, y SEA. Citado por Eduard Torres Fernandez, en : Plan de tratamiento de residuos ganaderos. Experiencia de Cataluña.

<sup>(3)</sup> Monserrat Soliva Torrentó. Metodología analítica y expresión de resultados.

<sup>(4)</sup> Ferrer P.J., Sanz J.B. y Pomar J. (1981). Utilización agrícola del estiércol fluído porcino. Del libro: RESIDUOS GANADEROS. (Fundación "La Caixa". 1993)

<sup>(5)</sup> (Borrador PA. ZZ.VV. Valencia)



## 5.4. Valoración global de los estiércoles como fertilizantes N-P-K

Si bien en esta Información Técnica estamos tratando de la fertilización nitrogenada y sus posibles repercusiones en el medio ambiente, tampoco vendrá mal estimar cuál podría ser la capacidad de todos los estiércoles generados en nuestra Comunidad, como fertilizantes para nuestros cultivos contemplando los tres macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), y Potasio (K<sub>2</sub>O).

En el *Cuadro n° 14* se plantea el contenido en nutrientes en diferentes estiércoles y sus características más importantes.

**Cuadro n° 14. Composición de los estiércoles ("Engrais de ferme").  
(Materia fresca). Ziegler D., y Heduit M. 1991 (21)**

Estiércoles sólidos ("fiemos")																
Especie / tipo animal	Tipo edific.	MS %	MO %	Rel. C/N	pH	Elementos principales (kg/t)							Oligoelementos (g/t)			
						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	Est. Libre	25	18	14,0	7,8	5,5	0,5	3,5	8,0	5,0	1,9	0,5	8	150	-	-
	Est. 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	-
Estiércoles fluidos ó líquidos																
Especie / tipo animal	Tipo edific.	MS %	MO %	Rel. C/N	pH	Elementos principales (kg/t)							Oligoelementos (g/t)			
						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 Fl.	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
Purines (propiamente dichos, no estiércoles líquidos)																
Especie / tipo animal	Tipo edific.	MS %	MO %	Rel. C/N	pH	Elementos principales (kg/t)							Oligoelementos (g/t)			
						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. Fija.	3,0	1,5	-	-	2,9	2,5	0,2	5,5	-	-	-	-	-	-	-
	Lavado est.	1,0	0,5	-	7,8	0,6	0,5	0,2	2,4	-	-	-	-	-	-	-

Con los datos de los cuadros nº 9 y 14 podemos hacer una estimación global del fósforo ( $P_2O_5$ ) y el potasio ( $K_2O$ ) contenido en los estiércoles de nuestra Comunidad, que recogemos en el **Cuadro nº 15**:

**Cuadro nº 15. Estimación del FOSFORICO Y LA POTASA. Contenidos en los estiércoles (Aragón. 1999)**

Especie ganadera	Número de plazas	N-P-K del estiércol (kg/tm) (21)	Contenidos P y K con relación a N	Contenidos estimados $P_2O_5$ (kg)	Peso esp. de especie (% $P_2O_5$ )	Contenidos estimados $K_2O$ (kg)	Peso esp. de especie ( $K_2O$ ) %
Cerdas madres	357.752	5,5-6,5-2,4	1-1,18-0,44	6.796.752		2.534.315	
Porcino cebo	2.834.143	5,5-6,0-3,0	1-1,09-0,55	33.441.535		16.874.169	
<b>PORCINO:</b>				<b>40.238.107</b>	<b>52.67</b>	<b>19.417.484</b>	<b>25.59</b>
Vacas ordeño	19.767	5,1-3,3-6,2	1-0,65-1,22	876.913		1.645.898	
Vacas no ordeño	37.587	5,5-3,5-8,0	1-0,64-1,45	1.641.800		3.719.702	
Vacuno cebo	266.194	3,9-3,7-4,0	1-0,95-1,03	5.616.560		6.089.533	
<b>VACUNO:</b>				<b>8.135.273</b>	<b>10.65</b>	<b>11.455.133</b>	<b>14.92</b>
<b>OVINO (Ovejas)</b>	<b>2.606.993</b>	<b>6,7-4,2-11,2</b>	<b>1-0,63-1,67</b>	<b>12.285.194</b>	<b>16.08</b>	<b>32.565.514</b>	<b>42.42</b>
<b>CAPRINO (cabras)</b>	<b>60.783</b>	<b>6,1-5,2-5,7</b>	<b>1-0,85-0,93</b>	<b>386.458</b>	<b>0.51</b>	<b>422.831</b>	<b>0.55</b>
<b>CONEJOS (reprod.)</b>	<b>180.055</b>	<b>8,5-13,5-7,5</b>	<b>1-1,59-0,88</b>	<b>3.206.419</b>	<b>4.20</b>	<b>1.774.622</b>	<b>2.31</b>
Broilers/pollos	15.557.045	25,5-21,5-21,0	1-0,84-0,82	9.359.580		9.312.447	
Gallinas puesta	1.803.678	10,5-10,4-7,2	1-0,99-0,69	2.607.036		1.817.025	
<b>AVES:</b>				<b>12.146.616</b>	<b>15.90</b>	<b>11.129.472</b>	<b>14.49</b>
<b>TOTALES (Todas las especies)</b>				<b>76.398.067</b>	<b>100.00</b>	<b>76.765.056</b>	<b>100,00</b>

De acuerdo con estas estimaciones, el porcino sería la especie con más importancia: un 52,67 % en el aporte de fosfórico a través de sus estiércoles (aspecto que ya se ha comentado en numerosas ocasiones por el desequilibrio que ocasiona abonar con “purines” si no se tiene cuidado de ajustar las dosis a las necesidades de los cultivos y la situación de partida de los suelos), seguida del ovino, con el 16,08 %, y las aves con el 15,90%.

Respecto a la potasa, el ovino es la especie que más potasa aporta, un 42,42 % del global de todos los estiércoles, seguido del porcino, con un 25,59 %, y de las aves, con un 14,49 %.

Si quisiéramos conocer la importancia de los estiércoles como suministradores de elementos fertilizantes, bastaría con comparar su contenido (inicial) respecto a las cifras de la estadística de consumo de fertilizantes (22). En el **Cuadro nº 16** recogemos los consumos de fertilizantes minerales en el último quinquenio disponible:

**Cuadro nº 16. Consumos de fertilizantes minerales (tm) en Aragón (1993-1997) (22)**

Elemento fertilizante	1993	1994	1995	1996	1997	Media 5 años
Nitrogeno (N)	40.156,65	38.054,87	30.647,37	98.890	94.120	60.373,71
Fósforo ( $P_2O_5$ )	21.059,44	15.439,70	14.131,70	15.410	68.370	26.882,16
Potasio ( $K_2O$ )	11.799,41	12.924,41	13.325,04	38.280	48.570	24.979,72

Y en el **Cuadro nº 17**, compararemos el contenido de los estiércoles (1993), con la estadística de consumo de fertilizantes minerales, de ese mismo año y de la media del quinquenio (93-97):

**Cuadro nº 17. Comparación de contenidos de macronutrientes: Estiércoles / Fertilizantes minerales.**

Elemento fertilizante	Estiércoles 1993 (tm)	Fertilizantes minerales 1993 (tm)	Fertilizantes minerales Media 93-97 (tm)
Nitrógeno (N)	71.637	40.156,65	60.373,71
Fósforo ( $P_2O_5$ )	65.860	21.059,44	26.882,16
Potasio ( $K_2O$ )	67.691	11.799,41	24.979,72

Puede verse claramente en el cuadro nº 17, que los contenidos iniciales de los estiércoles en 1993, superan en los tres principales elementos: N-P-K, a los consumos (estadística) de fertilizantes minerales de ese mismo año, y al de la media del quinquenio (93-97).

Para finalizar, en el *Cuadro nº 18* hemos estimado un valor económico para los estiércoles, sobre su volumen en 1999, utilizando el precio de los fertilizantes minerales en agosto de 2000 ( ).

**Cuadro nº 18. Estimación del valor económico de los estiércoles sobre su "contenido inicial" NPK. Aragón 1999.**

Elemento fertilizante	Contenido en estiércoles (kg)	Precio comparativo de referencia. Agosto 2000*	Valor teórico equivalente (millones de pts)
Nitrógeno (N)	82.468.480	Urea del 60% a 60,02 pt/kg N	4.949
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	76.398.067	Superfosfato de cal del 18% 110,20 pt/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8.530
Potasio (K <sub>2</sub> O)	76.765.056	Sulfato potásico 50% 96 pt/kg K <sub>2</sub> O	7.369
<b>Valor estimado global</b>			<b>20.848</b>

## 6. Cargas ganaderas y fertilización, o el "Equilibrio Tierra-Ganado".

Hasta el momento de la intensificación agropecuaria, el ganado a establecer dependía de la tierra circundante, pues de la tierra tenía que salir su alimento y entraba en competencia con los cultivos o cosechas directamente implicadas en la alimentación de la población.

La ganadería intensiva, muchas veces sin tierra, permite nutrirse como ya vimos anteriormente, con alimentos procedentes de comarcas o naciones muy distantes, y aparentemente, salvo por los problemas de eliminar o reciclar sus estiércoles, no parecería ligada a la tierra agrícola disponible en un determinado radio de acción.

Sin embargo, los problemas medioambientales surgidos en determinadas situaciones: malos olores, emisiones de gases contaminantes, contaminación de las aguas subterráneas por nitratos, arrastre de fósforo por erosión, etc., nos están indicando que esa ruptura del equilibrio inicial entre tierra y ganado sostenido de la primera etapa de la producción agraria, sí que tiene o puede tener consecuencias nocivas para el conjunto de la sociedad, y que en consecuencia deben tomarse medidas para corregirlas.

Estas medidas, de plena actualidad, -dado que todavía la sociedad, al menos en nuestro país y comunidad autónoma, en el momento de redactar esta Información, no ha terminado de decidir a través de la Normativa-pueden tener distintas lecturas de acuerdo con los intereses de cada una de las partes: ganaderos e industria de producción animal, ó la sociedad en su conjunto.

Nuestra visión entendemos debe ponerse al lado del conjunto de la sociedad, en la obligación del mantenimiento del medio ambiente, por ser la única alternativa que permitirá la pervivencia del agricultor-ganadero, precisamente por la defensa de ese carácter de sostenibilidad, y porque entendemos que - además de las razones anteriores- coincide con los avisos que este mismo medio natural emite, frente a las continuas agresiones de los sistemas cada vez más intensivos, a que lo estamos sometiendo.

### 6.1. Distribución de superficies y cultivos en Aragón.

Una estimación precisa de las necesidades de fertilización de un año concreto (con una distribución específica de cultivos anuales) de nuestra agricultura regional, o de la media de una serie de años, requiere realizar un estudio complejo propio de un estudio estadístico en toda regla, que no es el objeto de este trabajo. Nuestra intención puede quedar en algo más modesto, haciendo una estimación aproximada sobre el conjunto de los cultivos, pero con una finalidad clara: servir de guía a una situación concreta de un agricultor o ganadero (que lo quisiera estimar en el conjunto de sus parcelas), o de un Término municipal o una Comarca en su conjunto, y así vamos a intentarlo.

En el **Cuadro nº 19 (23)**, que sigue podemos ver la distribución global de aprovechamientos de la superficie regional de Aragón en los años 1996 y 1997, y a “grosso modo” observar, que sobre un total de algo más de 4,7 millones de hectáreas, solamente existían poco más de 1,8 millones de hectáreas de cultivo, y 47.014, de prados naturales, susceptibles de ser fertilizados.

Y de esa superficie agropecuaria, realmente nos tendríamos que ceñir a las 1,08-1,12 millones de has de cultivos herbáceos y a las 0,21 millones de hectáreas de leñosos, que son las que realmente pudieran sufrir un tratamiento de sobrefertilización. Los barbechos, “no ocupados” y “retiradas”, supusieron en esos dos años entre un 28 y un 26,5% del total de las tierras de cultivo.

**Cuadro nº 19. Distribución de la superficie regional de Aragón (ha). Año 1996 y 1997 (23)**

Aprovechamientos	Año 1996			Año 1997		
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Total
Cultivos herbáceos	756.885	326.042	1.082.927	779.888	340.795	1.120.683
Barbechos, no ocup. y retiradas	476.935	31.865	508.800	446.166	37.325	483.491
Cultivos leñosos	161.956	50.416	212.372	164.142	54.193	218.335
<b>Total tierras cultivo</b>	<b>1.395.776</b>	<b>408.323</b>	<b>1.804.099</b>	<b>1.390.196</b>	<b>432.313</b>	<b>1.822.509</b>
Prados naturales	41.881	7.451	49.332	39.910	7.104	47.014
Pastizales	620.002	0	620.002	583.995	0	583.995
<b>Total prados y pastizal</b>	<b>661.883</b>	<b>7.451</b>	<b>669.334</b>	<b>623.905</b>	<b>7.104</b>	<b>631.009</b>
Monte maderable	611.180	5.589	616.769	615.381	5.615	620.996
Monte abierto	293.276	0	293.276	290.049	0	290.049
Monte leñoso	441.792	0	441.792	450.895	0	450.895
<b>Total terreno forestal</b>	<b>1.346.248</b>	<b>5.589</b>	<b>1.351.837</b>	<b>1.356.325</b>	<b>5.615</b>	<b>1.361.940</b>
Erial a pastos	578.248	0	578.248	601.275	0	601.275
Espartizal	9.171	0	9.171	8.720	0	8.720
Terreno improductivo	144.230	0	144.230	142.453	0	142.453
Superficie no agrícola	165.068	0	165.068	154.481	0	154.481
Ríos y lagos	45.864	0	45.684	45.464	0	45.464
<b>Total otras superficies</b>	<b>942.581</b>	<b>0</b>	<b>942.581</b>	<b>952.393</b>	<b>0</b>	<b>952.393</b>
<b>Gran total</b>	<b>4.346.488</b>	<b>421.363</b>	<b>4.767.851</b>	<b>4.322.819</b>	<b>445.032</b>	<b>4.767.851</b>

**Refiriéndonos específicamente al año 97 (23)**, sobre un total de 1.822 millones de hectáreas de tierras de cultivo, 1.390.196 fueron de secano y el resto, 432.313 de regadío.

En el **secano**: Un total de 779.888 hectáreas corresponden a cultivos herbáceos (un 56,10%), 164.142 eran de cultivos leñosos (un 11,55%) y el resto, 446.166 de barbechos y retiradas. **Trigo y cebada** del secano en ese año sumaban 613.330 ha (un 78,64% de todos los herbáceos). Dentro de los cultivos leñosos: el **almendro** (61.385 ha), **viñedo** (47.900 ha) y **olivar** (47.543 ha), suponían en conjunto el 95,54% de los leñosos del secano.

En el **regadío**: 340.795 hectáreas se dedicaban a los cultivos herbáceos (80,51%) y 54.147 hectáreas (un 12,52%) a los leñosos, con un 8,64% de barbechos y retiradas (37.371). **Maíz** (96.866 ha), **alfalfa** (82.536 ha) y **cebada** (46.108 ha) encabezaban los herbáceos del regadío. Y dentro de los leñosos, el **melocotón** (15.831 ha), **manzano** (11.835 ha) y **peral** (9.635 ha), seguidas por el **olivo** (6.809 ha), aparecen como los de mayor superficie entre los cultivos leñosos del regadío.

## 6.2. Aproximación a las necesidades totales de fertilización nitrogenada en Aragón.

Buscando una mayor cercanía al momento actual, en el **Cuadro nº 20** transcribimos del Anuario Estadístico de Aragón (1999) el cuadro de producciones y rendimientos de cultivos en Aragón, y a partir del mismo, se elabora un nuevo **Cuadro nº 21** relacionando esas magnitudes, con las extracciones de nitrógeno para poder hacer, de ese modo, unas estimaciones sobre las cuantías de los fertilizantes nitrogenados utilizados.

**Cuadro nº 20. Superficies, rendimientos y producciones de los cultivos en Aragón. Año 1999 (16).**

GRUPO	CULTIVOS	Superficies (ha)			Rendimientos (kg/ha)			Producción (tm)		
		Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Total
CEREALES	TRIGO DURO	187.300	18.175	205.475	1.029	3.674	1.263	192.685	66.779	259.464
	TRIGO BLANDO	75.773	36.375	112.148	1.838	3.992	2.536	139.236	145.216	284.452
	CEBADA 6 cc.	184.889	18.215	203.104	1.989	4.054	2.174	367.803	73.841	441.644
	CEBADA 2 cc	151.783	30.206	181.989	2.034	4.405	2.428	308.768	133.063	441.831
	ARROZ	0	9.751	9.751	0	5.956	5.956	0	58.078	58.078
	AVENA	19.371	1.002	20.373	1.362	3.012	1.443	26.374	3.018	29.392
	CENTENO	2.639	65	2.704	1.293	2.462	1.321	3.413	160	3.573
	MAIZ	90	59.599	59.689	706	9.346	9.333	64	557.035	557.098
	SORGO	12	878	890	1.333	4.587	4.543	16	4.027	4.043
LEGUMINOSAS GRANO	JUDIAS SECAS	3	0	3	0	1.333	1.333	4	0	4
	HABAS SECAS	1	727	728	1.000	1.981	1.979	1	1.440	1.441
	GARBANZOS	647	25	672	476	1.440	512	308	36	344
	LENTEJAS	15	3	18	667	0	556	10	0	10
	GUISANTES SECOS	2.694	549	3.243	782	2.827	1.128	2.107	1.552	3.659
	VEZA	26.397	854	27.251	672	8.749	925	17.745	7.472	25.217
	YEROS	6.633	45	6.678	418	1.556	426	2.772	70	2.842
TUBERCULOS	PATATA TEMPRANA	0	361	361	0	23.180	23.180	0	8.368	8.368
	PATATA M. ESTAC.	55	991	1.046	10.273	26.947	26.070	565	26.704	27.269
	PATATA TARDIA	142	531	673	5.782	26.516	22.141	821	14.080	14.901
INDUSTRIAL	REMOLACHA AZUC.	0	9	9	0	40.000	40.000	0	360	360
	LINO TEXTIL (Fibra)	11.099	1.571	12.670	0	1.614	200	0	2.535	2.535
	LINO OLEAGINOSO	3.306	2.188	5.494	1.009	1.897	1.363	3.335	4.151	7.486
	GIRASOL	13.839	31.994	45.833	1.190	2.152	1.862	16.463	68.863	85.326
	SOJA	0	41	41	0	5.439	5.439	0	223	223
	COLZA	540	3.085	3.625	1.086	1.650	1.566	587	5.090	5.676
FORRAJEROS	MAIZ FORRAJERO	Co.	0	139	139	66.799	66.799	0	9.285	9.285
	ALFALFA-Cosech	7.058	82.597	89.655	13.198	68.978	64.587	93.150	5.697.375	5.790.525
	VEZA-Forraje Cos.	6.042	1.586	7.628	20.651	48.035	26.345	124.776	76.183	200.959
HORTICOLAS	COL	0	292	292	0	24.606	24.606	0	7.185	7.185
	ESPARRAGO	101	425	526	1.970	3.993	3.605	199	1.697	1.896
	LECHUGA	0	362	362	0	22.771	22.771	0	8.243	8.243
	FRESON	0	35	35	0	11.971	11.971	0	419	419
	SANDIA	40	203	243	5.500	34.729	29.918	220	7.050	7.270
	MELON	47	241	288	3.191	24.776	21.253	150	5.971	6.121
	TOMATE	0	2.302	2.302	0	47.195	47.195	0	108.643	108.643
	TOMATE CONSERVA	0	1.480	1.480	0	64.189	64.189	0	95.000	95.000
	PIMIENTO CONSERVA	0	1.001	1.001	0	12.243	12.243	0	12.255	12.255
	ALCACHOFA	0	90	90	0	11.722	11.722	0	1.055	1.055
	COLIFLOR	0	160	160	0	20.050	20.050	0	3.208	3.208
	AJO	0	142	142	0	4.113	4.113	0	584	584
	CEBOLLA G. ORO	0	645	645	0	38.081	38.081	0	24.562	24.562
	CEBOLLA BABOSA	0	37	37	0	32.973	32.973	0	1.220	1.220
	OTRAS CEBOLLAS	0	76	76	0	42.276	42.276	0	3.213	3.213
	JUDIA VERDE	0	897	897	0	8.338	8.338	0	7.479	7.479
GUISANTE VERDE	0	1.331	1.331	0	4.825	4.825	0	6.422	6.422	
HABA VERDE	0	272	272	0	7.390	7.390	0	2.010	2.010	
FRUTALES	MANZANO	28	11.104	11.132	4.929	20.958	20.918	138	232.718	232.856
	PERAL	0	9.411	9.411	0	16.397	16.406	90	154.309	154.399
	ALBARICOQUERO	21	810	831	1.810	9.141	8.955	38	7.404	7.442
	CEREZO Y GUINDO	5.436	3.080	8.516	1.779	6.019	3.312	9.669	18.539	28.208
	MELOCOTONERO	225	15.328	15.553	3.489	16.470	16.282	785	252.453	253.238
	CIRUELO	244	1.628	1.872	2.541	6.656	6.120	620	10.836	11.456
	ALMENDRO (Cáscara)	62.379	2.057	64.436	470	2.796	544	29.325	5.751	35.076
VID	PROD. UVA VINIFICACION	41.582	4.828	46.410	3.025	5.764	3.310	125.793	27.830	153.623
OLIVO PROD.	ACEITUNA MESA	611	208	819	655	1.736	929	400	361	761
	ACEITUNA ALMAZARA	46.237	8.935	55.172	620	1.758	804	28.670	15.709	44.379

**Cuadro nº 21.: Extracciones y estimación de consumos de nitrógeno  
en los cultivos de Aragón (s/datos de 1999).**

1. GRUPO/CULTIVOS	TOTALES			5. Extracc. (kg N/tm) (referenc)	6. Extracc. (kg N/ha)	7.Estimac. abonado (kg N/ha)	8. Consumo total (tm N)	9. % s. total
	2.Superf. (ha)	3.Produc. (tm)	4.Pr. med. (kg/ha)					
Trigo duro	205475	259464	1262,75	27 (24)	34,09	40,91	8406,6	7,63
Trigo blando	112148	284452	2536,40	27 (24)	68,48	82,18	9216,2	8,37
Cebada 6C	203104	441644	2174,47	23 (24)	50,01	60,02	12189,4	11,06
Cebada 2C	181989	441831	2427,79	23 (24)	55,84	67,01	12194,5	11,07
Arroz	9751	58078	5956,11	22 (25)	131,03	157,24	1533,3	1,39
Avena	20373	29392	1442,69	30 (25)	43,28	51,94	1058,1	0,96
Centeno	2704	3573	1321,38	27 (25)	35,68	42,81	115,8	0,11
Maíz	59689	557098	9333,34	28 (25)	261,33	313,60	18718,5	16,99
Sorgo	890	4043	4542,70	35 (25)	158,99	190,79	169,8	0,15
<b>Cereales</b>	<b>796123</b>	<b>2079575</b>	<b>2612,13</b>				<b>63602,2</b>	<b>57,73</b>
Judías secas	3	4	1333,33	50 (25)	66,67	80,00	0,2	0,00
Habas secas	728	1441	1979,40	52 (25)	102,93	123,51	89,9	0,08
Garbanzos	672	344	511,90	52	26,62	31,94	21,5	0,02
Lentejas	18	10	555,56	52	28,89	34,67	0,6	0,00
Guisantes secos	3243	3659	1128,28	50 (*)	56,41	67,70	219,5	0,20
Veza	27251	25217	925,36	50 (*)	46,27	55,52	1513,0	1,37
Yeros	6678	2842	425,58	50 (*)	21,28	25,53	170,5	0,15
<b>Leguminosas grano</b>	<b>38593</b>	<b>33517</b>	<b>868,47</b>				<b>2015,3</b>	<b>1,83</b>
Patata temprana	361	8368	23180,06	7,5 (25)	173,85	208,62	75,3	0,07
Patata med. estac.	1046	27269	26069,79	4,5 (*)	117,31	140,78	147,3	0,13
Patata tardía	673	14901	22141,16	4,5 (*)	99,64	119,56	80,5	0,07
<b>Tubérculos</b>	<b>2080</b>	<b>50538</b>	<b>24297,12</b>				<b>303,0</b>	<b>0,28</b>
Remolacha azuc.	9	360	40000,00	4,5 (25)	180,00	216,00	1,9	0,00
Lino textil	12670	2535	200,08	26 (25)	5,20	6,24	79,1	0,07
Lino oleaginoso	5494	7486	1362,58	26 (*)5	35,43	42,51	233,6	0,21
Girasol	45833	85326	1861,67	50 (25)	93,08	111,70	5119,6	4,65
Soja	41	223	5439,02	80 (*)	435,12	522,15	21,4	0,02
Colza	3625	5676	1565,79	44 (*)	68,89	82,67	299,7	0,27
<b>Industriales</b>	<b>67672</b>	<b>101606</b>	<b>1501,45</b>				<b>5755,3</b>	<b>5,22</b>
Maíz forrajero	139	9285	66798,56	3 (25)	200,40	240,47	33,4	0,03
Alfalfa	89655	5790525	64586,75	4,5 (25)	290,64	348,77	31268,8	28,38
Veza forraje	7628	200959	26344,91	4,5 (25)	118,55	142,26	1085,2	0,99
<b>Forrajeras</b>	<b>97422</b>	<b>6000769</b>	<b>61595,63</b>				<b>32387,4</b>	<b>29,40</b>
Col	292	7185	24606,16	5 (26)	123,03	147,64	43,1	0,04
Espárrago	526	1896	3604,56	25 (26)	90,11	108,14	56,9	0,05
Lechuga	362	8243	22770,72	1,8 (26)	42,13	50,55	18,3	0,02
Fresón	35	419	11971,43	5 (*)	59,86	71,83	2,5	0,00
Sandía	243	7270	29917,70	5 (*)	149,59	179,51	43,6	0,04
Melón	288	6121	21253,47	5 (26)	106,27	127,52	36,7	0,03
Tomate	2302	108643	47195,05	2,2 (26)	103,83	124,59	286,8	0,26
Tomate conserva	1480	95000	64189,19	2,5 (26)	160,47	192,57	285,0	0,26
Pimiento conser.	1001	12255	12242,76	3,6 (26)	44,07	52,89	52,9	0,05
Alcachofa	90	1055	11722,22	8 (26)	93,78	112,53	10,1	0,01
Coliflor	160	3208	20050,00	4 (24)	80,20	96,24	15,4	0,01
Ajo	142	584	4112,68	12 (26)	49,35	59,22	8,4	0,01
Cebolla G. Oro	645	24562	38080,62	3,9 (26)	148,51	178,22	115,0	0,10
Cebolla babosa	37	1220	32972,97	3,9 (26)	128,59	154,31	5,7	0,01
Otras cebollas	76	3213	42276,32	3,9 (26)	164,88	197,85	15,0	0,01
Judía verde	897	7479	8337,79	21 (26)	175,09	210,11	188,5	0,17
Guisante verde	1331	6422	4824,94	12,5 (26)	60,31	72,37	96,3	0,09
Haba verde	272	2010	7389,71	21 (*)	155,18	186,22	50,7	0,05
<b>Hortícolas</b>	<b>10179</b>	<b>296785</b>	<b>29156,60</b>				<b>1331,0</b>	<b>1,21</b>

1. GRUPO/CULTIVOS	TOTALES			5. Extracc. (kg N/tm) (referenc)	6. Extracc. (kg N/ha)	7.Estimac. abonado (kg N/ha)	8. Consumo total (tm N)	9. % s. total
	2.Superf. (ha)	3.Produc. (tm)	4.Pr. med. (kg/ha)					
Manzano	11.132	232.856	20917,71	2,5 (25)	52,29	62,75	698,6	0,63
Peral	9.411	154.399	16406,23	2,4 (25)	39,37	47,25	444,7	0,40
Albaricoquero	831	7.442	8955,48	3,5 (25)	31,34	37,61	31,3	0,03
Cerezo y guindo	8.516	28.208	3312,35	5 (25)	16,56	19,87	169,2	0,15
Melocotonero	15.553	253.238	16282,26	3,5 (25)	56,99	68,39	1063,6	0,97
Ciruelo	1.872	11.456	6119,66	3,5 (25)	21,42	25,70	48,1	0,04
Almendro (Cásc.)	64.436	35.076	544,35	5 (*)	2,72	3,27	210,5	0,19
<b>Frutales</b>	<b>111.751</b>	<b>722.675</b>	<b>6466,83</b>				<b>2665,9</b>	<b>2,42</b>
Uva vinificación	46.410	153.623	3310,13	7 (*)	23,17	27,81	1290,4	1,17
<b>Vid</b>	<b>46.410</b>	<b>153.623</b>	<b>3310,13</b>				<b>1290,4</b>	<b>1,17</b>
Aceituna mesa	819	761	929,18	15 (25)	13,94	16,73	13,7	0,01
Aceituna almazara	55.172	44.379	804,38	15 (25)	12,07	14,48	798,8	0,73
<b>Olivo</b>	<b>55.991</b>	<b>45.140</b>	<b>806,20</b>				<b>812,5</b>	<b>0,74</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.226.221</b>	<b>9.484.228</b>	<b>7734,52</b>				<b>110163,1</b>	<b>100,00</b>
<b>TOTAL SIN LEGUM.</b>	<b>1.090.304</b>						<b>75436,9</b>	<b>68,48</b>

Fuentes: (24) Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D.; Soil Fertility and Fertilizers. 1985

(25) Domínguez Vivancos, A.; Tratado de Fertilización. 1984

(\*) Elaboración propia.

(26) Zuang, H. La Fertilisation des Cultures Legumieres" Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes. C.T.I.F.

### 6.3. Comentarios sobre las estimaciones obtenidas

En la columna nº 5 (extracciones kg N / tm) del cuadro 21, recogemos las referencias que vamos a utilizar de (24), (25), (26), para estimar lo que podrían ser las extracciones de nitrógeno en cada tipo de producción. Cuando no hemos encontrado cifras adecuadas, hemos aplicado la estimación más razonable de acuerdo con nuestra experiencia (elaboración propia).

Para obtener una aproximación del nitrógeno aplicado a los cultivos (Columna 7: estimación abonado kg N/ha) se ha incrementado en un 20% las cifras de las extracciones (Columna 6). Este incremento debería ser el límite superior de una fertilización racional, aunque no estamos seguros de que se respete en todos los casos.

Las cifras de “producciones medias” (secano y regadío agrupados. obtenidas del Anuario: columna 4) pueden parecer bajas en muchas ocasiones, especialmente si se piensa en los mejores productores y en las condiciones óptimas, pero también es cierto que las incidencias meteorológicas negativas, plagas, accidentes, enfermedades y vecerías en determinados cultivos, etc., nos alejan de las producciones ideales que todos manejamos.

Las extracciones y consumos de N de las leguminosas, está claro que deberían proceder de su propia fijación biológica, pero no estamos seguros de cuál es la realidad de la fertilización de este tipo de plantas. Por tal motivo, al final de la tabla, hemos separado en una línea aparte, el total del consumo de N por todos los cultivos pero excluyendo las leguminosas, y así obtenemos la cifra de 75.436 tm de nitrógeno (Columna nº 8). Esta cifra resulta inferior, por ejemplo, al consumo de N en forma de fertilizantes nitrogenados minerales consumidos en Aragón en 1997 (94.120 tm).

La primera duda que surge con esta constatación, es si las cifras de producción media (cosechas) que reflejan las estadísticas son realmente bajas, o el abonado nitrogenado real de los cultivos supera ese 20% sobre las extracciones que hemos estimado, o si realmente también se está aportando nitrógeno a las leguminosas. En el *cuadro nº 22*, se recogen las cifras de consumo estimado de N, con aplicaciones del 20, 30, 40 y 50% sobre las estimaciones de extracciones que estamos utilizando:  $110.163 / 1,2 = 91.802$  tm de N.

**Cuadro nº 22. Consumos de nitrógeno sobre extracciones superiores al 20%**

Extracción global estimada tm N	Coefficiente de incremento	Consumo de N estimado (tm)
91.802	1,2	110.163
	1,3	119.343
	1,4	128.523
	1,5	137.703

De acuerdo con todas estas consideraciones, podríamos llegar a obtener unas referencias de la fertilización nitrogenada por hectárea global (Aragón, 1999):

- Sin considerar las leguminosas, 75.436,9 kg N consumo / 1.090.304 ha (descontando las leguminosas) = 69,19 kg N/ha (que equivaldrían a 57,66 kg N/ha de extracciones)
- Si la estimación, la hacemos a partir del consumo de fertilizante nitrogenado (1997): 94.120.000 kg N / 1.090.304 ha = 86,32 kg N / ha.

Si además de los fertilizantes minerales, consideramos la oferta de estiércoles, otra pregunta se nos plantea: ¿Qué porción de los estiércoles animales se utiliza como fertilizantes, y qué porcentaje de su contenido inicial de N es aprovechado...?. En el cuadro nº 23 se recogen las distintas combinaciones del N mineral (abonos), más distintos aprovechamientos del N contenido en los estiércoles de Aragón (Cuadro nº 9).

**Cuadro nº 23. Disponibilidad potencial de N procedente de estiércoles y fertilizantes químicos.**

N animal inicial Tm (a) (Cuadro 9)	Coefficiente estimado de aprovechamiento: k	Estimación del N animal aprovechado (a x k)	N (Tm) de fertilizante nitrogenado mineral consumido (1997) (b)	Suma (a x k) + (b)
82.468	0,3	24.740	94.120	118.860
	0,4	32.987		127.107
	0,5	41.234		135.354

En general, cuando hablamos de fertilizantes minerales nitrogenados, asumimos que su aprovechamiento es elevado (al menos un 80%) y que tienen pocas pérdidas; por el contrario con los estiércoles, al considerarlos un subproducto, en muchos casos “regalado”, el agricultor es poco proclive a pensar que deben aprovecharse al máximo, lo mismo que los minerales.

**¿Qué combinación de hipótesis puede ser la más correcta...?**

Un mínimo aprovechamiento del 30% del N del estiércol nos lleva a disponibilidades globales de 118.860 tm de N, que referidas a todos los cultivos sin las leguminosas, nos da una cifra de:  $118.860 / 75.436,0 = 1,58$  es decir, una aportación del 58% por encima de las extracciones que estamos considerando.

Con aprovechamientos del 50%, llegaríamos a una disponibilidad global de 135.354 tm de N, y a una aportación de  $135.354 / 75.436 = 1,79$ , casi un 80% por encima de las extracciones.

### 6.4. El equilibrio tierra/ganado

A partir de estas cifras teóricas, podríamos igualmente seguir haciendo hipótesis, de cuál podría ser el equilibrio tierra-ganado, llegando a un límite teórico de carga máxima ganadera, con aquella cabaña total cuyas deyecciones fuesen capaces de fertilizar (utilizadas como fertilizante único, o casi único) todos los cultivos de la Comunidad.

Podríamos poner como restricciones, por ejemplo, la exclusión del estiércol fluido porcino en los cultivos frutales, y considerar igualmente unas necesidades prácticamente nulas en N de las leguminosas.

El porcentaje de aprovechamiento del N de los estiércoles puede ser la clave para calcular el límite de crecimiento para la cabaña ganadera actual, o su producción equivalente de N animal, cifrado en nuestras estimaciones (Cuadro nº 9) en 82.468 Tm para el año de referencia (1.999).



En el **Cuadro nº 24**, y según diversas hipótesis de aprovechamiento del N inicial contenido, obtenemos unas estimaciones del posible crecimiento de la cabaña actual (1999).

**Cuadro nº 24. Hipótesis de crecimiento de la cabaña aragonesa suponiendo una fertilización cuasi integral con estiércoles animales (% s/1999).**

Producción actual N animal inicial (tm)	Hipótesis de aprovechamiento real de dicho N animal (estiércoles)		Volumen de N de extracciones, a sustituir (tm)	Posibilidades de crecimiento de la cabaña 1999 (%)
	Coficiente	Cuantía anual (tm)		
82.468	0,3	24.740	75.436	305
	0,5	41.234		183
	0,7	57.727		131

Una apreciación sobre el aprovechamiento del N orgánico, en el caso del porcino, se recogía en la Disposición adicional primera del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo (sobre ordenación de explotaciones porcinas) (27), aplazando su definición a un periodo de 10 meses tras la publicación del RD, e igualmente, el RD 3483/2000, de 29 de diciembre que modifica el anterior (28).

Si se estableciesen en su día las mismas precisiones sobre el resto de estiércoles y enmiendas orgánicas, podría definirse con mayor claridad el tema de las sobrecargas ganaderas (artículo 18 capítulo VII del Decreto 200/1997, de 9 de diciembre, de Directrices Parciales Sectoriales sobre Actividades e Instalaciones Ganaderas) (29).

Un balance global del nitrógeno similar al presentado por Hartung J. sobre la agricultura alemana en 1986 (30), y recogido en el **Cuadro nº 25**, de haberse realizado en las condiciones de nuestro país o Comunidad Autónoma podría dar alguna luz sobre el conocimiento actual de las Entradas y Salidas del nitrógeno globales, así como el planteamiento del manejo de los estiércoles para alcanzar su mayor aprovechamiento posible.

**Cuadro nº 25. Balance de nitrógeno en la agricultura alemana. En kg N/ha (1986). De Hartung J. (30)**

Entradas (Input)		Equivalencias
Fertilizantes Minerales	126	
Alimentos (piensos) importados	47	
Atmósfera	30	
Fijación biológica de N (leguminosas)	12	
Lodos depuradoras	3	
<b>Total entradas</b>	<b>218</b>	<b>(= 2,6 mill. tm/año)</b>
<b>Salidas (output)</b>		
Productos animales	28	
Productos vegetales	23	
<b>Total Salidas</b>	<b>51</b>	
<b>Excedente, sobrante:</b>	<b>167</b>	<b>(= 77% de las entradas, 2 mill. t/a)</b>
Inmovilización del N/acumulación en el suelo	47	(= 564.000 t/a suelo)
Pérdidas de N	120	(= 1.445.000 t/a)
Emisiones de amoniaco	44	(= 528.000 t/a atmósfera)
Denitrificación	25	(= 300.000 t/a atmósfera)
Lixiviación o lavado	45	(=537.000 t/a hidrosfera)
Escorrentía	5	(= 65.000 t/a hidrosfera)
Otras pérdidas	1	(= 15.000 t/a hidrosfera)
<b>Eficiencia del nitrógeno:</b>		
Total de la Agricultura	51 / 218 x 100% =	23 %

Queda claro, a la vista de este cuadro, la desproporción del excedente nitrogenado (167 kg N/ha), tres veces superior a las salidas (51 kg N/ha) de la producción agropecuaria, y algo similar puede verse en estudios como el de Jehanno L. (1990) (46) sobre la agricultura holandesa, lo que refrenda las observaciones del Informe de las Naciones Unidas (1) y que obliga a una reflexión profunda y a un cambio radical en la política de la fertilización nitrogenada en los países desarrollados.

Por último, tendríamos que recordar que si bien hemos realizado en las páginas anteriores unos cálculos teóricos sobre las fuentes de nitrógeno minerales y orgánicas (sólo estiércoles), a nivel de toda la Comunidad, lo realmente preciso sería calcularlos a escala de municipios, comarcas o demarcaciones (en cuyo radio de acción sean económicamente asumibles los movimientos de los estiércoles), añadiendo además otra posible oferta de nitrógenos orgánicos (compost de basuras urbanas y lodos de depuradoras).

## 7. La Lixiviación o lavado del nitrato

De todas las formas en que el nitrógeno se presenta en los suelos es fundamentalmente en la forma de ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la que se pierde por lavado por debajo de la zona de raíces de los cultivos. El nitrato es un ión muy móvil que además posee carga negativa por lo que, excepto en determinadas situaciones no se adsorbe al suelo. Es bastante estable salvo cuando se dan las condiciones para que se produzca desnitrificación (suelos muy húmedos o en el interior de agregados con alto contenido de humedad). Por estas razones se lava fácilmente desplazándose con el agua que entra en el suelo. El ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) por el contrario al poseer carga positiva se adsorbe fácilmente en las arcillas.

### 7.1 Fuentes y sumideros de nitrógeno en el suelo

En este apartado se va a intentar cuantificar en la medida de lo posible las aportaciones de nitrógeno al suelo, fundamentalmente en forma de nitrato, y también las pérdidas de nitrógeno del sistema para tener una referencia sobre las cantidades de nitrato disponibles en el suelo y que pueden ser lixiviadas. No se van a incluir, por haber sido estudiadas con más detalle en los apartados anteriores, las aportaciones de nitrógeno con los estiércoles animales (5.3) ni las extracciones de nitrógeno por los cultivos (6.2).

#### 7.1.1. Mineralización-Inmovilización de la materia orgánica

Como ya vimos en el punto 4 (Ciclo del N), la mineralización es la descomposición del nitrógeno orgánico del suelo y su transformación en amonio, mediante la acción de los microorganismos del suelo. La inmovilización es el proceso contrario, consiste en la transformación del amonio en formas orgánicas.

La nitrificación es el proceso por el que el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se transforma primero en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y después en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) mediante la acción de las 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. Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kg de nitrógeno por hectárea y día. Esto implica que el abonado amónico puede transformarse casi totalmente en nitrato en poco tiempo si la humedad y la temperatura del suelo son adecuadas. En ocasiones debido a que la nitrificación es mucho más rápida que la mineralización se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión de N orgánico en nitrógeno mineral (Ramos y Ocio, 1992) (31).

La mineralización necesita de la materia orgánica del suelo y depende de muchos factores como: el contenido de materia orgánica, la humedad y la temperatura. Según Follet y col. (1991) (32) para un suelo medio, cuando el agua del suelo ocupa el 59% de los poros del suelo, es decir el contenido de humedad del suelo es del 59% en volumen, la mineralización es óptima, y para valores superiores o inferiores a ese contenido de agua la mineralización disminuye tal como se presenta en la **figura nº 6**. Algo similar ocurre con la temperatura, cuando la temperatura es de 30°C la mineralización es máxima, para valores superiores o inferiores a esa temperatura se produce una reducción que se presenta en la **figura nº 6**.

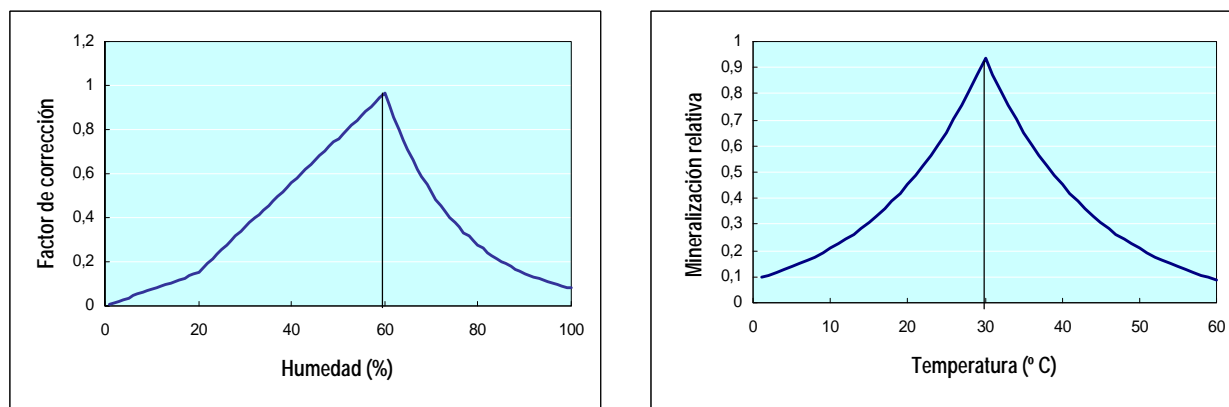
Otro factor importante a considerar en la materia orgánica que se añade al suelo es la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), que indica la proporción entre esos dos elementos. Generalmente cuando se añade materia orgánica a un suelo con una relación C/N de 20-25 o menor, se produce una mineralización

neta, mientras que si los valores de este cociente son superiores los microorganismos que degradan la materia orgánica consume más amonio que el que se produce en su descomposición y el resultado es una inmovilización neta del Nitrógeno. La relación C/N en los suelos agrícolas suele estar entre 10 y 12. Aunque la mineralización neta depende de muchos factores puede decirse que en climas templados, como el nuestro, puede oscilar entre el 1-2% del nitrógeno total o entre 40-150 kg/ha en los primeros 30 cm del suelo. Así Moreno y col. (1996) (33) en un experimento en laboratorio midieron después de ocho semanas una mineralización neta de 53 kg/ha en un suelo con un contenido de materia orgánica de 0.88%, Mary y Recous (1994) (34) midieron valores de 120 kg/ha y año y Kengni y col. (1994) (35) de 150 kg/ha año. La mineralización depende también de la textura del suelo, así en los cuadros n° 2 y 26 presentamos unos valores de mineralización para suelos de distinta textura y contenidos de materia orgánica.

**Cuadro n° 26. Mineralización neta del nitrógeno orgánico (kg/ha y año) para suelos de distinta textura y contenidos de materia orgánica.**

Contenido de Materia Orgánica	Nitrógeno anual disponible (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

**Figura n° 6. Efecto de la humedad y la temperatura sobre la mineralización de la materia orgánica del suelo.**



### 7.1.2. Nitrógeno procedente de la fijación biológica

La fijación biológica o simbiótica consiste en la conversión del nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) de la atmósfera en N en la planta mediante la acción de bacterias que viven de forma simbiótica en nódulos en las raíces de algunas plantas, principalmente leguminosas. La fijación biológica del nitrógeno es una fuente importante de nitrógeno en los sistemas agrícolas que, en ocasiones, no se tiene en cuenta. En Aragón el cultivo de las leguminosas es muy importante, solamente la alfalfa supuso 89655 ha en el año 99 y representó el 28,4% del nitrógeno consumido por todos los cultivos de Aragón (*cuadro n° 21*).

La cantidad de nitrógeno que puede fijar una leguminosa depende de factores tanto genéticos como medio ambientales, como son: especie, cantidad de N disponible en el suelo, manejo del cultivo, humedad del suelo, tipo de bacteria fijadora y características químicas del suelo.

Por ello, los datos encontrados en la literatura sobre la cantidad de nitrógeno que puede ser fijada por las leguminosas son altamente variables. Según Domínguez (1984) (25) la alfalfa y los tréboles pueden llegar a fijar más de 200 kg/ha y año; Papastilyanu (1986) (36) encontró valores de 90 y 122 kg/ha y año para un cultivo de alfalfa en Chipre, en condiciones de aridez; Scheppers y Moisiej (1991) (32), dan para la alfalfa valores de N fijado entre 128 y 336 kg/ha año, Tate (1995) (37) cita valores entre 65 y 335 kg N/ha año para varias leguminosas entre ellas la alfalfa y Kelner et al. (1997) (38) en un estudio en Manitoba (Canadá) encontraron valores entre 174 kg N/ha año para alfalfa de primer año hasta 466 kg N/ha año para alfalfa de tercer año.

### 7.1.3. Nitrógeno procedente del agua de riego y de lluvia

Los aportes mas importantes de nitrógeno procedentes del agua de riego se producen en forma de nitrógeno nítrico, o en el caso de la lluvia en forma amoniacal. La concentración de nitrato en las aguas es bastante variable, desde concentraciones inferiores a 5 mg/L en la cabecera de muchos ríos hasta valores de mas de 700 mg/L (160 mg/L de N) (Saad, 1999) (39) en aguas de percolación de zonas de regadío. La mayoría de los grandes regadíos de Aragón se riegan con agua procedente de los embalses pirenaicos que en general tienen una concentración de nitrato muy baja y constante. Por ejemplo la concentración de nitrato del agua del Canal de Monegros medida por Isidoro (1999) (40) en el período 1995-1996 osciló entre 0,32 y 7,27 mg/L con una media de 3,12 mg/L. Así en las zonas regadas con agua de los embalses de cabecera pirenaicos la aportación de nitrógeno al suelo con el riego es baja, incluso para volúmenes de riego altos (Cuadro n° 27). Sin embargo en las zonas que se riegan con aguas del tramo medio del río Ebro (valores en las estaciones del tramo medio de entre 5 y 30 mg/L con una media de 14mg/L (41)) y sobre todo aguas subterráneas como es el caso de los regadíos del Jalón, con concentraciones medias de entre 20 y 125 mg/L dependiendo de los pozos y con una media de 35 mg/L (41) la aportación de nitrógeno puede ser muy importante (*Cuadro n° 27*).

**Cuadro 27. Cantidad de nitrógeno aportado (kg/ha) con el riego para distintas concentraciones de nitrato y volúmenes de agua de riego.**

Volumen de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Cantidad de nitrógeno (kg/ha)			
	Concentración de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> del agua de riego (mg/L)			
	5	10	50	100
4000	5	9	45	90
6000	7	14	68	136
8000	9	18	90	181
10000	11	23	113	226

### 7.1.4. Deposición atmosférica

El nitrógeno atmosférico puede incorporarse al suelo directamente del aire, como deposición seca o en el agua de lluvia. En zonas de montaña la deposición atmosférica puede ser la principal entrada de nitrógeno, sin embargo en cuencas agrícolas los aportes de nitrógeno por fertilización, o con el agua de riego superan con mucho la deposición atmosférica (40).

### 7.1.5. Pérdidas de nitrógeno por desnitrificación

Es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que en condiciones de humedad alta en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a obtener oxígeno del nitrato para su respiración. En general las perdidas por desnitrificación son pequeñas a lo largo del año siendo únicamente importantes cuando el suelo está saturado de agua. Para que se produzca desnitrificación es necesario que el contenido de oxígeno en el suelo sea muy bajo. La desnitrificación es mas rápida cuando las temperaturas del suelo son superiores a 10°C y el pH del suelo es superior a 5 (32). Dado que las condiciones de humedad del suelo y el contenido de materia orgánica son las que limitan fundamentalmente este proceso en el *cuadro n° 28* se presentan valores de desnitrificación dependiendo de estas dos variables.

**Cuadro 28. Estimaciones del porcentaje de nitrógeno inorgánico aplicado (fertilización, riego o lluvia) que es desnitrificado (% del nitrógeno aplicado) para varios suelos. (Meisinger y Randall) (32).**

Materia Orgánica	Drenaje				
	Muy Bueno	Bueno	Moderado	Pobre	Muy Pobre
Menos del 2%	2-4	3-9	4-14	6-20	10-30
Entre 2 y 5%	3-9	4-16	6-20	10-25	15-45
Más de 5%	3-9	6-20	10-25	15-35	25-55

Las pérdidas de nitrógeno por desnitrificación pueden ser importantes en un entorno donde domina el riego por superficie, pues cada vez que se riega una parcela el suelo queda por encima de capacidad de campo, incluso saturado durante algún tiempo, lo cual favorece la desnitrificación (40). Además Chang y col. (1998) (42) sugieren que la emisión de N<sub>2</sub>O por las plantas pueden ser un fenómeno importante, en este caso la desnitrificación se produce en el suelo y el N<sub>2</sub>O es difundido a la atmósfera mediante la transpiración de las plantas.

### 7.1.6. Pérdidas de nitrógeno por volatilización

La volatilización es la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Esto ocurre porque el amonio del suelo se transforma en amoníaco que es un gas volátil. Es un proceso complejo en el que intervienen reacciones químicas y biológicas en el suelo y el transporte físico del amoníaco a la atmósfera. La volatilización depende en gran medida de las condiciones de aplicación del fertilizante, del tipo de fertilizante aplicado (se produce fundamentalmente cuando se aplican fertilizantes con alto contenido amoniacal), del pH y la capacidad de intercambio catiónico del suelo, y de las condiciones atmosféricas. Las condiciones que favorecen estas pérdidas son las aplicaciones en superficie, los fertilizantes con contenidos altos de urea o amonio; un pH del suelo alcalino, superior a 7; una capacidad de intercambio catiónico baja, ya que el amonio es retenido en menor medida por las superficies con carga negativa del suelo; y unas condiciones atmosféricas de sequía (32). Dependiendo de las condiciones de aplicación las pérdidas pueden suponer (32) entre el 2 y el 50% para suelos con pH alto y entre el 0 y el 25% para suelos con pH bajos. Si el fertilizante aplicado se mezcla con la capa superficial de suelo las pérdidas se reducen al 0-4%. Los estiércoles, si no se incorporan al suelo, pueden perder entre el 10 y el 60% de su N por volatilización debido a que una parte importante del nitrógeno se encuentra en forma amónica. También las pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal directamente desde las plantas pueden ser importantes en las fases finales del cultivo (Francis et al., 1993 (43); Sharper y Harper, 1997 (44)).

### 7.1.7. Nitrógeno nítrico disponible en el suelo

La cantidad de nitrógeno-nítrico disponible (NDL) en el suelo para el lavado viene determinado por todos los procesos definidos anteriormente. Así si se realiza un balance de las entradas y salidas de nitrógeno al sistema tenemos que el nitrógeno disponible para el lavado se puede calcular como:

$$NDL = N_{organico} + N_{fert} + N_{riego} + N_{lluvia} + N_{inicial} + N_{miner} - N_{planta} - N_{volat} - N_{desnit}$$

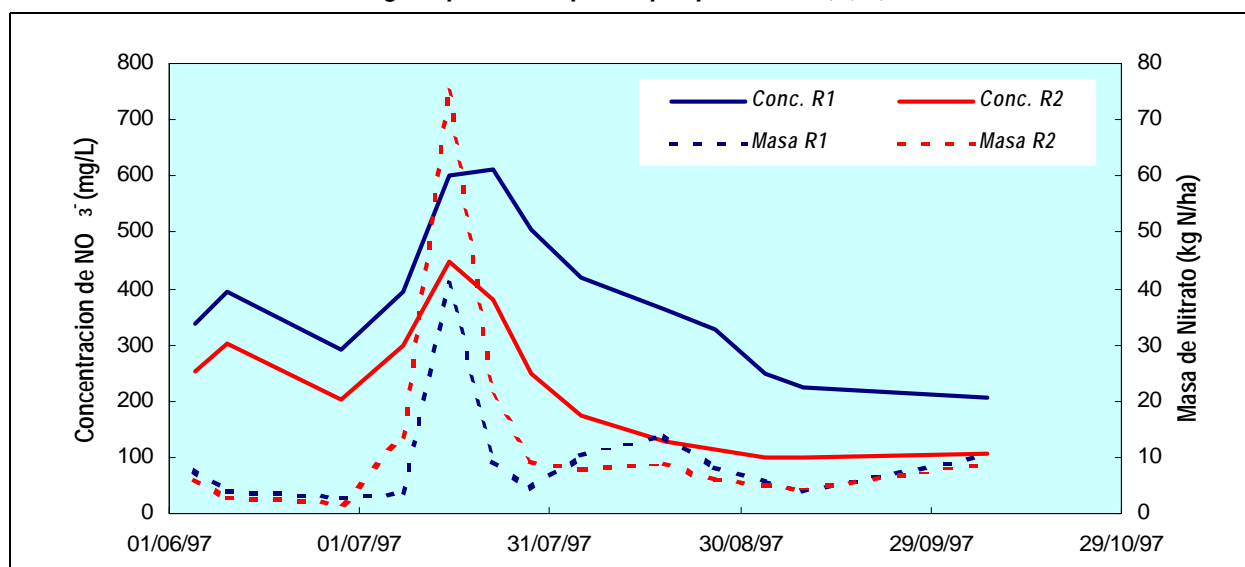
donde como entradas se consideran: el nitrógeno procedente de aportes orgánicos (N<sub>organico</sub>) el aplicado como fertilizante (N<sub>fert</sub>), el aportado con el agua de riego (N<sub>riego</sub>) y la lluvia (N<sub>lluvia</sub>), el contenido inicial de nitrógeno mineral en el suelo (N<sub>inicial</sub>) y la cantidad de nitrógeno mineralizado (N<sub>miner</sub>) y como salidas la absorción por la planta (N<sub>planta</sub>) y las pérdidas por volatilización (N<sub>volat</sub>) y desnitrificación (N<sub>desnit</sub>).

Pero no solo hay que tener en cuenta el balance total de nitrógeno sino la disponibilidad de nitrógeno a lo largo del ciclo del cultivo. Así, en la **figura n° 7**, donde se presenta la concentración y masa de nitrato lavada en un ensayo en lisímetros con cultivo de maíz, puede observarse como la concentración y la masa de nitrato en el agua de lavado cambia a lo largo del ciclo del cultivo, observándose un máximo a mediados de julio y una caída posterior. El máximo se corresponde con la aplicación del abonado de cobertera, en ese momento el lavado de nitrato es muy alto y desciende posteriormente debido a que con la toma de nitrógeno por la planta disminuye la cantidad de nitrógeno en forma de nitrato disponible para el lavado.

## 7.2. El riego y su repercusión en el lavado de nitrato

El manejo del riego juega un papel muy importante en el lavado del nitrato ya que este se disuelve en el agua y se mueve con ella perdiéndose bien por percolación o por escorrentía superficial. Si las dosis de fertilizantes y el momento de aplicación se ajustan a las necesidades del cultivo pero se aplican volúmenes de agua superiores a los requeridos por el cultivo, el exceso de agua arrastrará el nitrato fuera de la zona de raíces produciéndose la contaminación por nitrato de los cursos de agua; además esta movilización del nitrógeno fuera de la zona de raíces puede llegar a producir una falta de nitrógeno para el cultivo. Por estas razones para realizar un manejo correcto de la fertilización nitrogenada es necesario al mismo tiempo realizar un manejo correcto del riego en términos de dosis de agua aplicada en cada riego y de intervalos entre riegos.

**Figura 7. Evolución con el tiempo de la concentración y masa de nitrato del agua que percola por debajo de la zona de raíces en un cultivo de maíz. El tratamiento R1 es un riego adecuado a las necesidades del cultivo y el tratamiento R2 se corresponde con un riego excesivo, con fracciones de lavado del 40% (40% del agua aplicada se pierde por percolación) (39).**



No todas las zonas de regadío presentan la misma susceptibilidad al lavado del nitrato:

**Las zonas donde el regadío reviste mas alto riesgo**, presentan al menos una de las siguientes características:

suelos arenosos muy permeables y con una capacidad de retención de agua limitada, presencia de capa freática superficial (a menos de 2 m de profundidad), suelos poco profundos sobre material permeable (sasos), 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 a su vez caracterizadas por:

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.

**Las zonas de bajo riesgo** son aquellas de:

suelos tendiendo a arcillosos, poco permeables y con elevada capacidad de retención de agua, profundos (>60-70cm), con capa freática a mas de 20 m de profundidad y con escasa pendiente.

Un manejo correcto del riego debe tratar de evitar la percolación y la escorrentía superficial consiguiendo además una buena uniformidad de distribución y eficiencia del riego. El volumen máximo de agua aplicado a lo largo de la campaña de riego, no deberá sobrepasar las necesidades de riego de los cultivos corregidas por la necesidad de lavado para tener un balance de sales

favorable en la zona de raíces. El ritmo de aplicación (intervalo entre riegos) debe también ajustarse a la demanda del cultivo. La necesidad de lavado (NL) depende de la concentración salina del agua de riego, la tolerancia de cada cultivo a la salinidad y la frecuencia del riego.

Las necesidades de lavado para los cultivos más importantes de Aragón se presentan en el **cuadro nº 29** para riego convencional y riego frecuente, estos valores han sido estimados bajo la condición de que no se admiten pérdidas por percolación superiores al 30% del volumen de agua aplicado, es decir no se admiten necesidades de lavado superiores a 0.3, a partir de este valor es necesario asumir un descenso en el rendimiento del cultivo que viene también indicado en el **cuadro 29**.

La utilización de volúmenes de riego superiores a los requerimientos del cultivo provoca un aumento del lavado de nitrato como puede observarse claramente en la **figura 7** donde la masa de nitrato lavada es menor para un cultivo de maíz bien regado (línea azul discontinua) que cuando el 40% del agua de riego aplicada se pierde por percolación (línea roja discontinua). También puede observarse como las pérdidas de nitrato por lixiviación no se producen homogéneamente a lo largo del ciclo del cultivo, sino que son más altas tras los riegos posteriores a la aplicación del abonado y cuando el cultivo presenta escaso desarrollo, debido a la extracción de una menor cantidad de nitrógeno y agua.

En sistemas de riego por inundación con dosis e intervalos entre riegos fijos es difícil ajustarse a los valores teóricos mientras no cambien las infraestructuras y el manejo del sistema. Es por ello absolutamente necesario para una buena gestión de la fertilización la modernización de los regadíos tradicionales, renovación de las infraestructuras y construcción de balsas de regulación, que permitan el ejercicio de un riego a la demanda de los cultivos y suelos.

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) definidas en el **cuadro 29**. EL volumen máximo de agua que se aplicará a un cultivo se calculará como:

$$\text{Volumen de agua} = \frac{NHN}{(1 - NL)}$$

donde NHN son las necesidades hídricas netas desde el último riego y NL la necesidad de lavado.

Las necesidades hídricas semanales para los cultivos más importantes se facilitan por comarcas en la página Web del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón (<http://www.aragob.es/agri/ama/ama.htm>) o en las respectivas oficinas comarcales agroambientales. Al utilizar los valores de necesidades de riego que se dan en esa hoja informativa hay que tener en cuenta que en todos los casos se ha considerado una eficiencia del riego del 75% es decir los volúmenes de agua están calculados según la ecuación anterior para valores de NL=0.25.

Además hay que tener en cuenta que la cantidad de agua aplicada en cada riego no puede sobrepasar la capacidad de retención de agua disponible del suelo (CRAD) corregida por las necesidades de lavado según la ecuación,

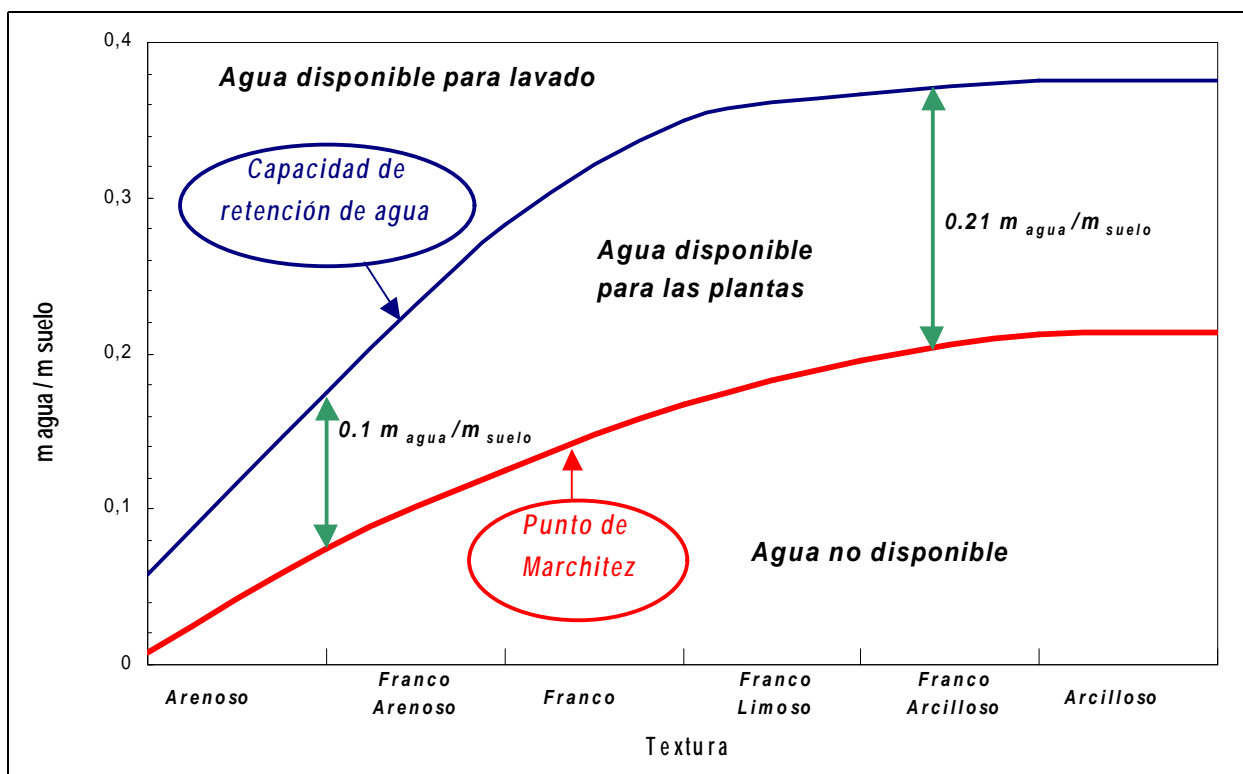
$$\text{Volumen de agua} = \frac{CRAD}{(1 - NL)}$$

La “capacidad de retención de agua disponible” (CRAD) del suelo es la diferencia entre la capacidad de retención de agua del suelo, o contenido de humedad por encima del cual se produce percolación, y el contenido de humedad del suelo a punto de marchitez, o contenido de humedad por debajo del cual las plantas no pueden extraer más agua (**figura 8**). El CRAD de un suelo está fuertemente influenciado por dos factores, la textura del suelo, ya que de ella dependen tanto la capacidad de retención de agua (línea azul en la figura 8) como el punto de marchitez (línea roja en la figura 8), y la profundidad del suelo.

El CRAD de un suelo (en m de agua) se puede calcular, en una primera aproximación, multiplicando el valor obtenido en la figura 8 según la textura del suelo (magua/msuelo) por la profundidad del suelo (m). Así para un suelo arenoso de profundidad 0.5 m el CRAD será de 0.05 m o 500 m<sup>3</sup>/ha (para convertir m de agua en m<sup>3</sup>/ha hay que multiplicar por 10000).

En los suelos de textura ligera (arenosos) y los 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 del riego. Dado el riesgo que en estos suelos supone las pérdidas de fertilizantes es recomendable fraccionar lo mas posible las dosis de éstos.

**Figura 8. Capacidad de retención de agua, contenido de agua a punto de marchitez y capacidad de retención de agua disponible (agua disponible para las plantas) según la textura del suelo.**



En caso de riego por aspersión el diseño del sistema deberá ser el correcto para obtener elevadas uniformidades de distribución del agua. La pluviometría de los aspersores nunca será superior a la velocidad de infiltración del agua en el suelo para evitar pérdidas por escorrentía. 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 de raíces y evitar pérdidas gaseosas, sin producir percolación.

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 terminarse cuando se haya aplicado entre el 75 y el 90% del volumen total de agua.

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 envoltura que separa la zona húmeda de la seca. Para corregir estas zonas de alta concentración, que también afectan a la distribución del nitrógeno en el suelo, es conveniente variar periódicamente los caudales y los tiempos de riego.



**Cuadro n° 29. Necesidades de lavado máximas (NL) y rendimientos (Rend., %) para distintos cultivos y salinidad del agua de riego (CE, dS/m).**

Cultivos	Salinidad del agua de riego (CE, dS/m)											
	0.3		0.5		1		1.5		2		2.5	
	NL	Rend.	NL	Rend.	NL	Rend.	NL	Rend.	NL	Rend.	NL	Rend.
<b>RIEGO CONVENCIONAL</b>												
Maíz grano	0.10		0.10		0.15		0.25		0.25	>90%	0.30	90%
Maíz forraj.	0.10		0.10		0.15		0.25		0.25	>90%	0.25	>90%
Girasol	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	100%	0.10	100%
Alfalfa	0.10		0.10		0.10		0.20		0.30	100%	0.30	>90%
Trigo	0.10	100%	0.10	100%	0.10	100%	0.10	100%	0.10	100%	0.10	100%
Cebada	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	100%	0.10	100%
Patata	0.10		0.10		0.15		0.25		0.25	90%	0.30	90%
Olivo	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	100%	0.15	100%
Lino	0.10		0.10		0.15		0.25		0.25	90%	0.30	90%
<b>RIEGO FRECUENTE</b>												
Maíz grano	0.10		0.10		0.10		0.15		0.30	100%	0.20	90%
Maíz forraj.	0.10		0.10		0.10		0.10		0.25	100%	0.10	90%
Manzano	0.10		0.10		0.10		0.15		0.30	100%	0.30	90%
Peral	0.10	100%	0.10	100%	0.10	100%	0.15	100%	0.30	100%	0.30	90%
Melocotón	0.10		0.10		0.10		0.15		0.30	100%	0.30	90%
Olivo	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	100%	0.10	100%
Viña	0.10		0.10		0.10		0.20		0.20	>90%	0.20	>90%

## 8. Cálculo de las necesidades de fertilización nitrogenada.

Debe quedar claro que los excesos en fertilización nitrogenada son tanto o más negativos que las deficiencias. Una dosis excesiva produce una vegetación excesiva que resulta más vulnerable a plagas y enfermedades, cosechas de inferior calidad y difícil conservación; además, resulta económicamente más caro y puede producir contaminación de los freáticos.

Son pues múltiples las razones por las que debe ajustarse lo más posible el aporte fertilizante nitrogenado a las necesidades reales del cultivo, y no solo desde un punto de vista social (contaminación), sino también por interés particular (rentabilidad económica).

Las necesidades de nitrógeno de un cultivo determinado pueden calcularse a partir de la producción que esperamos obtener, utilizando para ello el **cuadro n° 21**. A partir de allí deberemos calcular que parte de esas necesidades deben suministrarse a través de la fertilización, que será la diferencia entre las necesidades y las existencias en el suelo.

Disponemos de un sistema para “calcular” las necesidades de fertilización: El método del balance de nitrógeno, con dos modalidades:

1. El clásicamente utilizado, con estimaciones para “ajustar” lo más posible la cantidad de nitrógeno presente en el suelo.
2. Mediante análisis, cuantificando el nitrógeno mineral presente en la zona de raíces.

### 8.1. Balance tradicional de nitrógeno.

El balance se basa en el cálculo de todas las entradas y salidas de nitrógeno para poder compensar las diferencias mediante fertilizantes.

De una forma sencilla (podemos fijarnos en la **figura n° 3**), debemos considerar las siguientes entradas y salidas, para finalmente “cuadrar” el balance con la parte que podemos controlar, los fertilizantes.

Entradas:	E1 Mineralización de la materia orgánica del suelo.
	E2 Aportes orgánicos.
	E3 Aportes mediante el agua de riego.
	E4 Aportes a través del agua de lluvia.
	E5 Residuo nitrogenado del cultivo precedente.
	E6 Fertilizantes minerales.
Salidas:	S1 Consumo por el cultivo.
	S2 Retrogradación del nitrógeno a formas orgánicas.
	S3 Volatilización y desnitrificación.
	S4 Lavado.

Proponemos que siga la siguiente guía en el proceso de cálculo:

### 8.1.1. Entradas:

#### ***E1. Mineralización de la materia orgánica.***

¿Cuanta materia orgánica contiene el suelo y que textura tiene?

Utilizar los cuadros nº 24 y 26 para calcular el aporte por este concepto.

Si no hay datos, un nivel medio de materia orgánica (1,5 %) en textura media puede liberar como mínimo unos 25 kg de N al año.

#### ***E2. De aportes orgánicos realizados en los 3 años anteriores.***

¿Qué tipo de residuos orgánicos se han aportado?

a) Si es un purín, gallinaza, estiércol sin cama, en general cualquier desecho de origen animal sin componente de “cama vegetal”.

La mineralización será una parte importante del contenido en el año de aplicación (ver cuadros nº 11, 12 y 13).

b) Si se aplicó un estiércol con cama de origen vegetal. Atender a su contenido de nitrógeno (cuadro), y distribuir su liberación de acuerdo con los cuadros nº 11, 12 y 13.

Si los aportes son todos los años, lógicamente habrá que sumar la parte correspondiente al aporte del año más el residuo del año, o años, anteriores (cuadro nº 12).

#### ***E3. Del agua de riego.***

Si el agua de riego procede de acuífero subterráneo (pozo) lo más probable es que contenga una cantidad apreciable de nitrógeno. Para conocerla es imprescindible realizar un análisis químico del agua.

Utilizar el cuadro nº 27 para calcular el aporte de nitrógeno por esta vía.

Un efecto muy parecido, aunque difícil de cuantificar se dará en caso de que aparezcan filtraciones laterales de aguas procedentes de otras zonas de cultivo.

#### ***E4. Aporte en el agua de lluvia.***

El suelo puede recibir nitrógeno desde la atmósfera a través del agua de lluvia, o incluso fijado directamente del aire a la superficie del suelo. Este aporte se produce en formas amoniacales principalmente, aunque también en formas nítricas, o incluso de pequeñas partículas orgánicas.

Salvo en el entorno de zonas industriales, en las que se pueda arrastrar nitrógeno de la contaminación, las cantidades aportadas por el agua de lluvia son muy pequeñas, entre 2 y 20 kg/ha cada año.

#### ***E5. Residuo del cultivo precedente.***

¿Qué cultivo hubo en la parcela el año anterior?

Si fue una leguminosa (alfalfa, veza, esparceta, garbanzos, yeros..) contabilizar entre 60 y 150 kg de nitrógeno según la permanencia y desarrollo alcanzado por el cultivo.

Si no fue una leguminosa, el residuo procedente del cultivo anterior estará formado por restos del abonado nitrogenado, u otros aporte del año anterior, que no fueron absorbidos por el cultivo. Su permanencia en el suelo depende de la pluviometría desde el final del cultivo anterior hasta la implantación del actual.

Si la fertilización nitrogenada fue alta para la producción obtenida (cuadro nº21), considerar un residuo que será proporcional al descenso de cosecha respecto de la prevista. Sobre esa cantidad aplicar una reducción en función de la pluviometría.

Si fue barbecho blanco, considerar la cantidad de nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica durante el año anterior (aproximadamente igual a la calculada para el año actual en ese apartado).

#### **E6. Aporte con fertilizantes minerales.**

Frecuentemente ha sido la entrada más importante.

La utilizaremos al final para “cuadrar el balance” ya que podemos graduar el aporte con facilidad.

### **8.1.2. Salidas:**

#### **S1. Extracción o consumo por el cultivo.**

Debería ser la salida más importante.

¿De qué cultivo se trata? y ¿Qué producción podemos esperar?.

Las extracciones de cada cultivo según la producción podemos obtenerla del cuadro nº 21.

#### **S2. Retrogradación del nitrógeno a formas orgánicas.**

Cuando se aporten al suelo restos orgánicos con una relación carbono / nitrógeno (C/N) muy alta, frecuentemente restos exclusiva o mayoritariamente vegetales, la materia orgánica (humus) formada tendrá un contenido de nitrógeno superior al aportado en los propios restos. La diferencia ha sido “retrogradada” desde el nitrógeno mineral a forma orgánica.

La importancia de esta retrogradación depende del tipo de residuo. En todo caso es una retrogradación que, aunque resta nitrógeno al cultivo en curso, es temporal, ya que al mineralizarse nuevamente el humus cederá el nitrógeno otra vez.

#### **S3. Volatilización y desnitrificación de nitrógeno.**

La volatilización es importante en aplicaciones de formas uréicas o amoniacales sobre suelos básicos y sin enterrado. Algunos datos indican que las pérdidas, por ejemplo en un sulfato amónico, pueden alcanzar el 30 %, o el 10 % en un nitrato amónico (47).

Se debe tratar de que esta pérdida sea mínima:

- Localizando el abono.
- Aportandolo con algo de humedad o dando un riego posterior.
- Dando una labor, aunque sea mínima (pase de rodillo), después del aporte.

La desnitrificación es importante en suelos encharcados (arroz), en los que debe evitarse que las formas nítricas lleguen a la zona sin oxígeno, siendo recomendable utilizar formas amoniacales aplicadas en superficie.

#### **S4. Lavado.**

Se debe tratar de que esta pérdida sea nula.

### **8.1.3. Balance.**

Finalmente, una vez obtenemos con la mayor aproximación posible todos los componentes, sólo queda “cuadrar” el balance a través de nuestra intervención con fertilizantes minerales.

Para ello, sumamos por una parte las entradas, sin tener en cuenta las correspondientes a los fertilizantes, y por otra, las salidas previstas.

La diferencia entre salidas previstas y las entradas (no fertilizantes) con que razonablemente podamos contar será la cantidad suplementaria de nitrógeno a aportar mediante fertilizantes químicos.

Salidas (S) - Entradas sin fertilizantes (E1+E2+E3+E4+E5) = Nitrógeno total a aportar con fertilizante (E6).

## 8.2. Balance por cuantificación del nitrógeno mineral en el suelo.

El análisis de nitrógeno en forma mineral en el suelo en un momento dado equivale con mayor exactitud al cálculo de las entradas de N que se han producido hasta ese momento. Si disponemos del dato del análisis, el cálculo del nitrógeno a aportar mediante fertilizantes se hace como sigue:

Salidas previstas (S) - Aportes esperados (agua de riego, mineralización, M.O.) - N mineral presente en el suelo = N a aportar por fertilizantes.

Los aportes esperados por agua de riego, por mineralización de materia orgánica se pueden cuantificar como ya se ha visto anteriormente.

La muestra para análisis debe tomarse de la zona del suelo de donde las raíces podrán extraer el nitrógeno. Esto depende del cultivo y de las prácticas de manejo. Por ejemplo, en cereal se requiere una muestra de los 60 cm superiores del suelo, mientras que en frutales en riego por goteo se requerirá una muestra del bulbo mojado.

## 8.3. Dosificación del Nitrógeno.

Tan importante como suministrar una cantidad de nitrógeno ajustada a las necesidades del cultivo, es acompasar ese suministro al ritmo en que el cultivo lo extrae. De este modo, el nitrógeno estará disponible en los momentos en que sea requerido.

El ritmo de extracciones va paralelo a la evolución vegetativa. Al principio del ciclo, las necesidades son pequeñas, y cuando la vegetación se incrementa más rápidamente (coincidiendo con aumento de temperaturas) crece mucho la demanda de nitrógeno. Por esta razón, para evitar pérdidas por lavado, es común practicar un primer aporte en “fondo”, al inicio del ciclo, que se hace coincidir con el abonado fosfo-potásico (menos móvil en el suelo), y posteriormente una o varias “coberteras”, inmediatamente antes de los momentos de más extracción.

Las formas de nitrógeno suministradas deben elegirse en función del momento de aplicación, según el siguiente criterio:

- **Formas orgánicas:** disponibilidad muy lenta, al ritmo de la mineralización, y, por tanto, condicionada por la temperatura, humedad, y aireación del suelo, y por las características de la sustancia orgánica. Aplicar con mucha antelación (meses) al momento de su absorción.

Es importante hacer distinción entre sustancias orgánicas según su relación carbono/nitrógeno: Los aportes orgánicos de alta relación, C/N mayor de 20 (paja de cereales, restos de poda, estiércol poco hecho y con mucha cama, etc..) se mineralizan muy lentamente.

Los aportes de baja relación, C/N menor de 20 (purín, estiércol sin cama, etc..) se mineralizan rápidamente, tanto más cuanto más baja sea la relación.

- **Formas uréicas o amoniacales:** disponibilidad rápida pero requieren cierta transformación (ver ciclo del nitrógeno), que se produce más rápidamente con temperaturas altas (primavera y verano). Se aplican con cierta antelación, especialmente si la temperatura es baja. Son idóneas para “fondo” y también para “coberteras”, con la precaución de adelantarlas algunos días.

Dado que la forma amoniacal es retenida temporalmente en el suelo, estas formas permiten una acción prologada con pérdidas reducidas.

- **Formas nítricas:** son las de acción más rápida. No requieren transformación. Debe aplicarse sólo en los momentos de máxima absorción (coberteras).

En el cuadro nº 30 se presentan las recomendaciones de dosificación para diferentes cultivos.

**Cuadro nº 30. Extracciones, fraccionamiento y momentos recomendados de aplicación de N.**

CULTIVOS	Extracción (kg N/tm)	Refº	FONDO	1ª COBERTERA	2ª COBERTERA
TRIGO	27	(24)	Máximo 1/3 del total, hasta 0-30 kg/ha.	Ahijado,	Espiga a 1cm.
CEBADA	23	(24)		El resto. Salvo que se quiera hacer otra cobertera	Solo en muy alta producción
AVENA	30	(25)			La mitad de la cobertera total
CENTENO	27	*			
ARROZ **	22	(25)	Hasta 3/4 del total.	Inicio encañado (1/2 de la cob.)	Pleno encañado (resto)**.
MAIZ	28	*	Máximo 1/3 del total,	Unas 8 hojas (40 cm) (1/3 a 2/3)	Solo suelos ligeros (a 80 cm) (1/3)
SORGO	35	(25)			
JUDIAS SECAS	50	(25)	Únicamente, en producciones altas, una pequeña aportación en fondo (hasta 30 kg/ha)		
HABAS SECAS	52	(25)	NO SE REQUIERE MAS NITROGENO		
GARBANZOS	52				
LENTEJAS	52				
GUISANTES SECOS	50	*			
VEZA	50	*			
YEROS	50	*			
PATATA TEMPRANA	7,5	(25)			
PATATA MEDIA EST.	4,5				
PATATA TARDIA	4,5				
REMOLACHA AZUC.	4,5	(25)	1/2 a 2/3	Al aclareo (resto)	
LINO TEXTIL	26	(25)	1/2 a todo	Resto al iniciode crecimiento de tallos.	
LINO OLEAGINOSO	26	*			
GIRASOL	50	(25)	1/2 a todo	En regadio, con cuatro hojas (1/2)	
SOJA	80		Únicamente, en producciones altas, una pequeña aportación en fondo (hasta 30 kg/ha)		
COLZA	44		En torno a 1/4	Salida de invierno (resto)	
MAIZ FORRAJERO	3	(25)	Todo en fondo		
ALFALFA	4,5	(25)	Únicamente pequeña aportación en fondo (hasta 30 kg/ha), si nivel materia orgánica es bajo.		
VEZA FORRAJE	4,5	(25)	NO SE REQUIERE MAS NITROGENO		
COL	5	(26)	De 1/3 a 1/2	Antes de la formación de la cabeza en una o dos coberteras (resto)	
ESPARRAGO	25	(26)	Fin de la recolección (1/2)	Resto en plena vegetación.	
LECHUGA	1,85	(26)	Hasta la mitad	En una o dos coberteras a partir de la 3ª semana.(resto)	
FRESON	5	*	Hasta la mitad	Resto distribuído tras el inicio de floración.	
SANDIA	5	*	Aproximadamente 1/3	Resto distribuído con los riegos	
MELON	5	(26)			
TOMATE	2,2	(26)	50 kg.	El resto en varias coberteras, con los riegos. Primera a inicio cuajado.	
TOMATE CONSERVA	2,5	(26)			
PIMIENTO CONSERVA	3,6	(26)	Aproximadamente 1/3	Inicio del cuajado (1/3)	Resto a inicio de engorde del fruto
ALCACHOFA	8	(26)	Primera labor (1/4)	Resto desde la aparición de cabezas, en dos o mas coberteras.	
COLIFLOR	4	(25)	De 1/3 a 1/2	Antes de la formación de la cabeza en una o dos coberteras	
AJO	12	(26)	Aproximadamente 1/2	Salida de invierno (resto)	
CEBOLLA G ORO	3,9	(26)			
CEBOLLA BABOSA	3,9	(26)	Entre 1/3 y 1/2	Resto al inicio de la bulbificación	
OTRAS CEBOLLAS	3,9	(26)			
JUDIA VERDE	21	(26)			
GUISANTE VERDE	12,5	(26)	Únicamente una parte del nitrogeno, en fondo (hasta 50 kg/ha).		
HABA VERDE	21	*			
MANZANO	2,5	(25)	Salida de invierno 1/4	Resto distribuido en tres veces a lo largo del ciclo vegetativo.	
PERAL	2,4	(25)			
ALBARICOQUERO	3,5	(25)			
CEREZO Y GUINDO	5	(25)			
MELOCOTONERO	3,5	(25)	Salida de invierno 1/3	Resto dividido entre engrosamiento del fruto e inicio maduración.	
CIRUELO	3,5	*			
ALMENDRO (Cáscara)	5	*			
UVA VINIFICACION	7		Salida invierno (1/2-todo)	En regadio o disponibilidad de agua, hasta 1/2 despues de floración	
ACEITUNA MESA	15	(25)	Salida invierno (1/2-todo)	Con dosis altas, 1/4 tras cuajado.	Resto en otoño.
ACEITUNA ALMAZARA	15	(25)			

Fuentes: (24) Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D.; Soil Fertility and Fertilizers. 1985

(25) Domínguez Vivancos, A.; Tratado de Fertilización. 1984

\* ELABORACIÓN PROPIA

(26) Zuang, H. La Fertilisation des Cultures Legumieres" Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Legumes. C.T.I.F.

\*\* Preferir amoniacales o uréicos.

## 8.4. Cálculo de la cantidad de fertilizante.

En los fertilizantes nitrogenados, como en los fosfóricos y potásicos, el contenido del elemento fertilizante viene indicado como porcentaje, de modo que debe transformarse la necesidad de nitrógeno (expresada como N elemento) a cantidad de fertilizante, que sólo tendrá un determinado porcentaje de ese elemento.

Para el cálculo puede utilizarse la siguiente transformación:

$$\frac{\text{Cantidad de N x 100}}{\text{Riqueza del abono (\% N)}} = \text{Cantidad de abono}$$

Utilizar el **Cuadro nº 31**, preparado para facilitar el cálculo de la cantidad de cada fertilizante de uso común, que será necesaria para aportar una cantidad determinada de nitrógeno.

Por ejemplo, para añadir 26 U.F. (o lo que es lo mismo, 26 kg/ha) de nitrógeno, con un nitrato amónico del 26 % N, serán necesarios 100 kg de fertilizante por hectárea.

**Cuadro nº 31. Cantidad de fertilizante (en kg) necesaria para aportar una determinada cantidad de N**

Fertilizante	CONTENIDO N (%)	CANTIDAD PARA APORTAR		
		25 kg de N	50 kg de N	100 kg de N
8-24-8	8	312	625	-
12-24-12	12	156	312	-
18-46-0	18	137	275	-
Sulfato amónico	21	119	238	476
Nitrato amónico cálcico	26	96	192	384
Nitrato amónico	33.5	75	149	299
Urea	46	54	108	217

## 9. Referencias Bibliográficas:

- (1) Global Environment Outlook 2.000. UNITED NATIONS ENVIRONNEMENT PROGRAMME. 1999.
- (2) Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. VITOUSEK P.M., ABER J.D., HOWARTH R.W., et al. Ecological Applications, 7 (3). 1997, pp 737-750
- (3) Orientaciones para las siembras de otoño-invierno. CAMBRA J.A., PÉREZ M., Y TABUENCA J.M. Inform. Técnica DGA Nº 3 / 1992.
- (4) Unidad de Cultivos Herbáceos. C.T.A. Dpto. Agricultura-DGA. PEREZ M. Comunicación personal.
- (5) 1ª Jornada técnica sobre el Estiercol fluido porcino ("purín"). QUILEZ D. y DAUDEN A. Información Técnica DGA, Nº 31 / 1997
- (6) SOLTNER. 1988, citado en "La gestión de la fertilidad de los suelos". Saña, J. et al. 1996. MAPA.
- (7) 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 nitratos procedentes de fuentes agrarias (B.O.A. nº 66, de 11 de junio).
- (8) Censo de la ganadería española. Ministerio de Agricultura. 1955
- (9) Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Dirección Gral. De Ganadería. Secretaría General Técnica. 1964.
- (10) Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Mº de Agricultura. Secretaría General Técnica. 1970.
- (11) Anuario de estadística agraria. M.A.P.A. 1980
- (12) Anuario de estadística agraria. M.A.P.A. 1990.
- (13) Anuario estadístico agrario de Aragón. D.G.A. 1997
- (14) Anuario de estadística agraria. M.A.P.A. 1997.

- (15) Boletín mensual de Estadística Agraria. M.A.P.A.(--), y de Oct.2000.
- (16) Anuario Estadístico de Aragón. DGA. 1999
- (17) Anuario de Estadística Agroalimentaria. M.A.P.A. 1999
- (18) Determinación de formas nitrogenadas en estiércol fluido de porcino (EFP) por distintos métodos analíticos. FERRER M, ORUS F. y MONGE E. Rev. Anaporc, Nº 205, Nov. 2000, 86-101
- (19) Abonos: Guía práctica de la fertilización. GROS A. Edit. Mundi Prensa. 1981
- (20) Fertilisation organique. Nos connaissances a ce jour. HEDUIT M. Rev Techni-porc. Jul-agost.1985 (Inf. Técnica DGA. Nº 3 / 1993)
- (21) Engrais de ferme. Valeur fertilisante, gestion, environnement. ZIEGLER D. Y HEDUIT M., Edition 1991.
- (22) Macromagnitudes del sector agrario aragonés. D.G.A. 1993-1997
- (23) Anuario estadístico agrario de Aragón. DGA. 1996-1997.
- (24) Soil fertility and fertilizers. TISDALE S.L., NELSON W.L., Y BEATON J.D. 1985
- (25) Tratado de fertilización. DOMINGUEZ VIVANCOS A. 1984
- (26) La fertilisation des cultures legumieres. C.T.I.F.L. (Centre technique professionnel des Fruits et Legumes). ZUANG H.
- (27) Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. (BOE, nº 58, de 8 de marzo del 2000).
- (28) Real Decreto 3483/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. (BOE, nº 11, de 12 de enero del 2001)
- (29) Decreto 200/1997, de 9 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueban las Directrices Parciales Sectoriales sobre Actividades e Instalaciones Ganaderas. (BOA , Nº 147, de 22 de diciembre).
- (30) Influence of housing and livestock on ammonia release from buildings. HARTUNG J. Odour and ammonia emissions from livestock farming. Elsevier Science Publishers.1991
- (31) La agricultura y la contaminación de las aguas por nitrato. RAMOS C. y OCIO J.A. M.A.P.A. Hoja divulgadora 7/92.1992.
- (32) Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. FOLLET R.F., KEENEY D.R., CRUISE R.M. (eds). Soil Science Society of America, Inc Madison, Wisconsin, USA, 1991
- (33) Water balance and nitrate leaching in an irrigated maize crop in SW Spain. MORENO F., CAYUELA J.A., FERNANDEZ J.E., FERNANDEZ-BOY E.et al. Agricultural Water Management 32: 71-38. 1996.
- (34) Measurement of nitrogen mineralization and immobilization fluxes in soil as means of predicting net mineralization. MARY R. y RECOUS S. European Journal of Agronomie 3: 291-300. 1994
- (35) Field measurements of water and nitrogen losses under irrigated maize. KENGNI L., VACHAUD J.L., THONY J.L., LATY R., GARINO B., et al. Journal of Hydrology 162: 23-46. 1994
- (36) The role of legumes in agricultural production in Cyprus. PAPASTILYANU I. En Nitrogen fixation by legumes in Mediterranean agriculture. Eds,D.P. Peck y L.A. Materon. MartinusNijhoff Publishers. Proceedings of a workshop on biological nitrogen fixation on Mediterranean agriculture. ICARDA, Syria. 1988.
- (37) Soil Microbiology. TATE III R.L. John Wiley &sons, Inc., New York 398 pp. 1995.
- (38) The nitrogen dynamics of 1-,2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. KELNER D.J., VESSEY J.K., and ENTZ M.H. Agriculture, Ecosystems and Environnement, 64: 1-10. 1997
- (39) The effect of fertilization amount and irrigation on nitrate leaching in maize. SAAD J. Tesis doctoral Universidad de Lérida. 141 pp. 1999
- (40) Impacto del regadío sobre la calidad de las aguas del barranco de la Violada (Huesca): Salinidad y nitratos. ISIDORO D. Tesis doctoral Universidad de Lérida.1999
- (41) Confederación Hidrográfica del Ebro
- (42) Nitrous oxide emission through plants. CHANG C., JANZEN H.H., CHO C.M., NAKONECHNY E.M. Soil Science Society of America Journal 62: 35-38. 1998.
- (43) Immobilization and uptake of nitrogen applied to corns as starter fertilizer. FRANCIS D.D., DORANJ.W., OLRV R.D. Soil Science Society of America Journal 57: 1023-1026. 1993.
- (44) Apparent atmospheric nitrogen loss from hydroponically grown corn. SHARPE R.R., and HARPER L.A. Agronomy Journal 89: 605-609.
- (45) Minimizing gaseous losses of nitrogen. GOPL M.B., FRENEY J.R., and MOISIER A.R. Nitrogen fertilisation in the environnement. Editor by P.Edward. Usa.1995.
- (46) Agriculture et environnement aux Pays Bas. JEHANNO L. Rev. Techniporc 13.6 1990 (recopilado en la Información Técnica DGA nº 5 / 1993)

**In Memoriam:**

El pasado 3 de agosto falleció, a causa de su grave afección cardíaca, nuestro compañero y Jefe de Servicio, **D. Juan Manuel Prol Cirujeda**. Al finalizar el año y recordar su desaparición, nos viene a la memoria una frase de un autor francés que le gustaba repetir, y que probablemente resuma en breves palabras, su talante siempre conciliador: "Dejad hacer, dejad pasar,... el mundo funciona por sí mismo". Desde estas mismas páginas que él también utilizó en su labor divulgativa en el campo de la horticultura, el personal del Centro de Técnicas Agrarias quiere rendirle el último homenaje y decirle su último adiós.

Descanse en paz.

## Las Informaciones Técnicas del año 2000.

ID	Nº	TÍTULO / Autores	Ud. Técnica	Especie	Técnica	Pag.
297	80/00	Resultados de Gestión en Cunicultura. Resultados de 1998 y 1999. <i>Gil M, Velilla G. y Picot, A.</i>	Gestión	Conejos	Gestión	9
298	81/00	Evolución de la fertilidad del suelo y respuesta de los cultivos. <i>Betrán J., Pérez M., et al.</i>	Varias	Herbáceos	Fertiliz.	12
299	82/00	Gestión técnico-económica de explotaciones porcinas. Resultados del programa Gestinporc-DGA. Año 1999. Explotaciones de producción. <i>Picot A., Orús F., García L., Lobo J., y Serra A.</i>	Monogástr.	Porcino	Gestión	12
300	83/00	Tecnología postcosecha. Calidad de la manzana Golden producida en Aragón. <i>Oría R. et al.</i>	Varias	Manzana	Det. fact.	24
301	84/00	Resultados de Explotaciones de almendro y cereales en el Somontano de Huesca. Año 1999. <i>Gil M. y Velilla G.</i>	Gestión	Alm/Cere	G.T.E.	12
302	85/00	Orientaciones para las siembras de otoño-invierno. Resultados de los Ensayos. Cosecha 2000. <i>Pérez M., Albalat, Borruy, Gutiérrez, Vega, Villa, Sasot et al.</i>	Herbáceos	Cereales	Varied.	20
303	86/00	Cultivo de la lechuga en verano. <i>Villa F., Borruy A., Vega C., Cotrina, F., Albalat A, Sasot J.A. et al.</i>	Herbáceos	Lechuga	Cul. verano	12
304	87/00	Comportamiento agronómico de patrones de melocotonero en suelos calizos. <i>Espada J.L., Romero J., y Segura J.</i>	Leñosos	Melocot.	Patrones	8
305	88/00	Producción y Gestión del Compost. <i>Negro M.J., Villa F., Aibar J., Alarcón R., Ciria P., Cristóbal M.V. et al.</i>	Varias	Varias		32
306	89/00	Cuadro de cuentas para empresas agropecuarias. <i>Gil M., Velilla G.</i>	Gestión	Agrop.	Contabilidad.	24
307	90/00	Resultado de los ensayos del cultivo de tomate para industria. Campaña 2000. <i>Gutiérrez M.</i>	Herbáceos	Tomate	Varied.	8
308	91/00	Relación paja-grano en los cereales (Una aproximación en condiciones de secano semiárido en Aragón) <i>Vega C.</i>	Herbáceos	Cereales	Prod. paja	8
309	92/00	Resultados de los ensayos de maíz y girasol. Cosecha 2000. <i>Pérez M., Vega, C., Gutiérrez M, Borruy A., Mula J. y Torres A.</i>	Herbáceos	Maiz, girasol	Result.	12
310	93/00	El Código de Buenas Prácticas Agrarias (I). Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos. <i>Orús F., Quílez, D., y Betrán, J.</i>	Varias	Cultivos	Fertilizac.	40

### Información elaborada por:

**Orús, F.**  
Centro Técnicas Agrarias  
Sº Formación y Extensión Agraria. DGA

**Quílez, D.**  
Unidad Suelos y Riegos  
Sº Investigación Agroalimentaria DGA

**Betrán J.**  
Laboratorio Agroambiental  
Sº Transferencia Agroalimentaria DGA

Portada: *Orús F. y Betrán, J.*

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:  
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura de la D.G.A.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TÉCNICAS AGRARIAS:  
Apartado de Correos 727 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 40