

# LEX**N**AVARRA

## **ORDEN FORAL DE 22 DE NOVIEMBRE DE 1999, DEL CONSEJERO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN POR LA QUE SE PROCEDE A LA PUBLICACIÓN DE LA APROBACIÓN DEL CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS DE NAVARRA**

(Publicada en el Boletín Oficial de Navarra de 13 de diciembre de 1999; corr. err., Boletín Oficial de Navarra de 11 de febrero de 2000)

## ÍNDICE

<u>Preámbulo</u> .....	3
<u>Primero</u> .....	3
<u>Segundo</u> .....	3
<u>Tercero</u> .....	3

## **Preámbulo**

Mediante Orden Foral de 17 de febrero de 1997, se aprobó el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Foral de Navarra, dando así cumplimiento al artículo 5 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Este Código de Buenas Prácticas Agrarias persigue la reducción del riesgo de contaminación derivada de los nitratos de origen agrario, a través de su puesta en práctica por los agricultores y ganaderos. Hasta el momento se han publicado 1.500 ejemplares en la colección Serie Agraria del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación y en versión resumida, 17.000 ejemplares en Navarra Agraria, revista técnica de este mismo Departamento.

Con el fin de dar a conocer a terceros interesados la aprobación de este Código de Buenas Prácticas Agrarias y favorecer con ello la difusión de su contenido, procede publicar dicha aprobación en el BOLETÍN OFICIAL de Navarra.

En consecuencia, ordeno:

### **Primero**

Disponer la publicación del acto de aprobación del Código de Buenas Prácticas Agrarias de Navarra, llevado a cabo por Orden Foral de 17 de febrero de 1997, a efectos de su general conocimiento.

### **Segundo**

Publicar esta Orden Foral en el BOLETÍN OFICIAL de Navarra.

### **Tercero**

Trasladar esta Orden Foral al Servicio de Agricultura y Financiación Agraria, al Servicio de Calidad Ambiental del Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, a la Dirección General de Agricultura del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y al Instituto Técnico y de Gestión Agrícola, a los efectos oportunos.

# **CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS**

**← Abrir Marcadores**

# 1. Introducción

El presente documento representa el Código de Buenas Prácticas Agrarias que responde a las exigencias comunitarias recogidas en la Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

Así mismo y de conformidad con el Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, que incorpora al ordenamiento jurídico español la directiva anterior, constituye el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Foral de Navarra.

La diversidad de condiciones climáticas, edafológicas y de prácticas culturales de la agricultura navarra, representa un grave inconveniente a la hora de establecer, con carácter general, las normas a adoptar por agricultores y ganaderos en cuanto a la fertilización orgánica y mineral se refiere. Por este motivo, el Código de Buenas Prácticas Agrarias, ni puede entrar con detalle en la situación particular de cada explotación, ni debe quedarse en una serie de apreciaciones generales para todo el territorio.

El planteamiento general del Código de Buenas Prácticas Agrarias para la Comunidad Foral de Navarra se organiza de modo que sea capaz de ofrecer la panorámica general de la situación y la descripción de los puntos potencialmente fuentes de contaminación nitrática de las aguas así como de proponer las actuaciones generales en las cuestiones que recoge el Anexo II de la Directiva 91/676/CEE antes citada, para cada situación agroclimática significativa diferente.

El Código de Buenas Prácticas Agrarias no tiene carácter obligatorio, siendo más bien una recopilación de prácticas agrarias concretas que voluntariamente podrán llevar a efecto los agricultores. No obstante, una vez que la Administración designe, en su caso, las zonas vulnerables y establezca para las mismas los programas de acción correspondientes, las medidas contenidas en ellos serán de obligado cumplimiento en dichas zonas.

Por lo tanto, el presente Código de Buenas Prácticas Agrarias servirá como marco de referencia para el desarrollo de una agricultura compatible con el medio ambiente en consonancia con una racional utilización de los fertilizantes nitrogenados y como base para la elaboración de programas de acción mucho más concretos y específicos para cada una de las zonas vulnerables que pudieran designarse.

## 2. Definiciones

A los efectos del presente Código de Buenas Prácticas Agrarias y considerando como referencia la terminología recogida en la Directiva del Consejo 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, se entenderá por:

**a) Contaminación:** La introducción de compuestos nitrogenados de origen agrario en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el ecosistema acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas.

**b) Contaminación difusa por nitratos:** Es el vertido indiscriminado del ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo y consecuentemente en el agua, hasta alcanzar los 50 mg/l de concentración máxima admisible y/o 25 mg/l como nivel guía o recomendado.

**c) Contaminación puntual:** A diferencia de la contaminación difusa, es la causada por agentes conocidos de polución.

**d) Zonas vulnerables:** Superficies conocidas del territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación y las que podrían verse afectadas por la contaminación si no se toman las medidas oportunas.

**e) Aguas subterráneas:** Todas las aguas que estén bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

**f) Agua dulce:** El agua que surge de forma natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada a fin de producir agua potable.

**g) Compuesto nitrogenado:** Cualquier sustancia que contenga nitrógeno, excepto el nitrógeno molecular gaseoso.

**h) Ganado:** Todos los animales criados con fines de aprovechamiento o con fines lucrativos.

**i) Fertilizante (\*):** Cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación. Comprende el estiércol, los purines, los desechos de piscifactorías y los lodos de depuradora.

**j) Fertilizante químico (\*):** Cualquier fertilizante que se fabrique mediante un proceso industrial.

**k) Estiércol:** Los residuos excretados por el ganado o las mezclas de desechos y residuos excretados por el ganado, incluso transformados.

**l) Purines (\*\*):** Son las deyecciones líquidas excretadas por el ganado.

**m) Lisier (\*\*):** Abono producido por ganado vacuno o porcino en alojamientos que no usan mucha paja u otro material para cama. El lisier puede oscilar entre semisólido, con el 12% de materia seca (m.s.), o líquido, con el 3-4% m.s.

**n) Agua sucia:** Es el desecho, generalmente con menos del 3% de materia seca, formado por estiércol, orina, leche u otros productos lácteos o de limpieza. Generalmente se engloba en el lisier.

**ñ) Lodos de depuradora:** Son los lodos residuales salidos de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas o urbanas.

**o) Lodos tratados:** Son los lodos de depuración tratados por una vía biológica, química o térmica y almacenamiento posterior, de manera que se reduzca de forma significativa su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización.

**p) Drenajes de ensilado:** Líquido que escurre de cosechas almacenadas en un recinto cerrado o silo.

**q) Aplicación sobre el terreno:** La incorporación de sustancias al mismo, ya sea extendiéndolas sobre la superficie, inyectándolas en ella, introduciéndolas por debajo de su superficie o mezclándolas con las capas superficiales del suelo.

**r) Eutrofización:** El aumento de la concentración de compuestos de nitrógeno, que provoca un crecimiento acelerado de las algas y las especies vegetales superiores y causa trastornos negativos en el equilibrio de los organismos presentes en el agua y en su propia calidad.

**s) Demanda bioquímica de oxígeno:** Es el oxígeno disuelto requerido por los organismos para la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente en el agua. Los datos usados para los propósitos de esta clasificación deberán medirse a los 20( C y tras un periodo de 5 días (DBO5).

**t) Compactación:** Es el apelmazamiento excesivo de los suelos tanto en superficie como en profundidad producido por la circulación de máquinas pesadas. Esto constituye un obstáculo a la circulación del agua y del aire y aumenta la escorrentía y erosión hídrica.

*(\*) : La aportación de nitrógeno a los cultivos puede obtenerse utilizando **fertilizantes**, que utilizando la terminología que acabamos de exponer englobaría los residuos orgánicos, (zootécnicos y otros) o **fertilizantes químicos**. A pesar de la existencia de esta terminología empleada en la redacción de la Directiva, a efectos de facilidad de comprensión, usaremos la comúnmente utilizada en nuestro entorno y que es en cierto modo más explicativa: Fertilizantes orgánicos o abonos orgánicos para los primeros y fertilizantes químicos para los segundos.*

*(\*\*): La utilización generalizada del término PURIN para designar el «estiércol fluido» o «estiércol líquido», no se corresponde con la definición precisa que hace la Real Academia de la Lengua (PURIN: parte líquida que rezuma del estiércol) ni con lo que se acaba de apuntar en el párrafo l).*

*Algo similar ocurre con el concepto de lisier.*

*Sería preferible y más preciso emplear el término «Efluente de la explotación ganadera» como el conjunto de heces, orina, aguas de lavado, serrín o paja de las camas, residuos de los alimentos, sangre, placentas, etc., que representaría todo aquello que sale de la nave ganadera y que se corresponde con más precisión del producto que nos interesa.*

*No obstante, dado que se emplea popularmente, utilizaremos el término «purín», pero siempre en un sentido amplio como un conjunto que sale de las naves. En este punto conviene advertir que no se hará distinción entre purín y lisier en el presente Código de Buenas Prácticas Agrarias.*

### 3. Tipos de fertilizantes nitrogenados

Dada la expectativa de respuesta productiva y de adaptación ambiental de un cultivo, la elección de un fertilizante nitrogenado depende de la forma química en que el nitrógeno esté presente en el producto. Para justificar dicha elección, es oportuno ilustrar, brevemente, el comportamiento en el terreno y en la nutrición vegetal de las formas químicas del nitrógeno presentes en los fertilizantes.

**a) Fertilizantes químicos con nitrógeno exclusivamente nítrico:** El ion nítrico es de inmediata asimilabilidad por el aparato radical de las plantas y por tanto de buena eficiencia. Es móvil en el suelo y consecuentemente, expuesto a procesos de escorrentía y lixiviación en presencia de excedentes hídricos. El nitrógeno nítrico debe usarse en los momentos de mayor absorción por parte de los cultivos: en cobertera y mejor fraccionando la dosis total a emplear.

Los principales abonos que contienen sólo nitrógeno bajo forma nítrica son el nitrato de calcio (N = 16%) y el nitrato de potasio (N = 15%, K<sub>2</sub>O = 45%).

**b) Fertilizantes químicos con nitrógeno exclusivamente amoniacal:** Los iones amonio, a diferencia de los nítricos, son retenidos por el suelo y por ello no son lixiviables. La mayor parte de las plantas utilizan el nitrógeno amoniacal solamente después de su nitrificación por parte de la biomasa microbiana del suelo.

El nitrógeno amoniacal tiene por tanto una acción más lenta y condicionada a la actividad microbiana. De cualquier forma hay que pensar que no implica un retraso importante en la puesta a disposición de nitrógeno nítrico directamente asimilable por el cultivo. Si hay temperaturas de suelo por encima de los 10 °C y humedad suficiente, este retraso es solamente de unos pocos días. Lo que varía en todo caso es la disponibilidad instantánea.

Los principales abonos conteniendo sólo nitrógeno amoniacal son el amoniaco anhidro (N = 82%), el sulfato amónico (N = 20-21%), las soluciones amoniacales (riqueza mínima: 10% N), los fosfatos amónicos (fosfato diamónico - DAP: 18 - 46 - 0) y el fosfato monoamónico - MAP: 12 - 51 - 0).

**c) Fertilizantes químicos con nitrógeno nítrico y amoniacal:** Estos abonos representan un avance sobre las características de los otros dos tipos precedentes. En función de la relación entre el nitrógeno nítrico y el amoniacal, pueden dar soluciones muy válidas a los diversos problemas de abonado según la fase de cultivo y la problemática de intervención en la parcela.

Los principales productos nítrico-amoniacales son:

- Nitrato amónico: normalmente comercializado en España con riqueza del 33,5% de nitrógeno , mitad nítrico y mitad amoniacal. Últimamente en Navarra se comercializa el nitrato amónico con riqueza de 30,5%.
- Nitrato amónico cálcico: normalmente comercializado en España con riqueza del 26% de nitrógeno , mitad nítrico y mitad amoniacal. Este producto contiene además calcio.
- Nitrosulfato amónico: comercializado en España con el 26% de nitrógeno, del que el 7% es nítrico y el 19% amoniacal.
- Soluciones de nitrato amónico y urea con riqueza mínima de 26% de nitrógeno.

**d) Fertilizantes químicos con nitrógeno ureico:** La forma ureica del nitrógeno no es por sí misma directamente asimilable por la planta. Para poder ser metabolizado por dichas plantas primero debe ser transformada, por obra de la enzima ureasa, en nitrógeno amoniacal y posteriormente, por la acción de los microorganismos del suelo, en nitrógeno nítrico. El nitrógeno ureico tiene por tanto una acción levemente más retardada que el nitrógeno amoniacal sin embargo debemos hacer aquí la misma observación que en el caso de la comparación de las formas amoniacales con las nítricas. El paso de forma ureica a nítrica lleva consigo un retraso en la disponibilidad del nitrógeno pero no tan importante como comúnmente se cree. Lo que varía es la dinámica de la disponibilidad, permitiendo ajustarse relativamente mejor en el tiempo a las necesidades mantenidas del cultivo.

Por otra parte se debe tener en cuenta que la forma ureica es móvil en el suelo y muy soluble en agua y por tanto con mayor riesgo de lixiviación.

El producto más representativo de este tipo es la urea con una riqueza de N = 46%. Es el fertilizante químico comercial sólido de mayor riqueza en nitrógeno.

**e) Fertilizantes químicos con nitrógeno de liberación lenta:** Son abonos de acción retardada cuya característica principal es liberar su nitrógeno lentamente para evitar las pérdidas por lavado y adaptarse así al ritmo de absorción de la planta. Los productos más comunes son la urea-formaldehído con el 36% al menos de nitrógeno, la crotonyldiurea con el 30% de nitrógeno como mínimo y la isobutilendiurea con 30 %.

También pueden integrarse en esta categoría los abonos minerales

revestidos de membranas más o menos permeables.

**f) Inhibidores de la actividad enzimática:** Actúan incorporando a los fertilizantes convencionales sustancias que inhiben los procesos de nitrificación o de desnitrificación. Dan lugar a reacciones bioquímicas que son de por sí lentas y que llegan a paralizar la reacción correspondiente. Aunque no se comercializan en Navarra, se incluyen a título informativo.

Las sustancias más conocidas y experimentadas a nivel agronómico son aquellas que ralentizan la transformación del ion amonio en ion nítrico. Tales sustancias son llamadas inhibidores de la nitrificación. Actualmente hay en el comercio formulados con adición de cantidades calibradas de diciandiamida (DCD).

La adición de inhibidores de la nitrificación ha sido experimentada en Europa, también para los efluentes zootécnicos a fin de retardar la nitrificación de la elevada parte de nitrógeno amoniacal presente en los lisieres y así aumentar su eficacia.

**g) Fertilizantes órgano-minerales con nitrógeno orgánico y mineral:** Son productos que combinan la acción de los tipos orgánico y mineral del nitrógeno. Permiten actuar inmediatamente por el efecto de la parte mineral y a la vez ampliando la acción en el tiempo debido a la parte orgánica. En cantidades adecuadas, actúan sobre las condiciones físicas del suelo.

La combinación de las dos formas de nitrógeno obliga, por cuestiones técnicas de formulación, a manejar grandes volúmenes de producto si se desea aportar cantidades significativas de la forma orgánica. En las condiciones agroclimáticas de Navarra no se comercializan grandes cantidades aunque si están presentes en el mercado.

**h) Abonos orgánicos con nitrógeno exclusivamente en forma orgánica:** En los abonos orgánicos el nitrógeno orgánico está principalmente en forma proteica. La estructura de las proteínas que lo contienen es más o menos complicada (proteínas globulares, generalmente fácilmente hidrolizables y escleroproteínas) y por ello la disponibilidad del nitrógeno para la nutrición de las plantas estará más o menos diferida en el tiempo y podrá ir desde algunas semanas hasta varios meses. Tal disponibilidad depende de la realización de una serie de transformaciones del nitrógeno: de los aminoácidos en nitrógeno amoniacal y después en nitrógeno nítrico. Por ello encuentran su mejor aplicación en el abonado de fondo y en cultivos de ciclo largo.

**i) Efluentes zootécnicos:** La diversidad de los efectos que los efluentes

zootécnicos obran sobre el sistema agroambiental se justifica por la variabilidad de sus composiciones, tanto en cantidad como en calidad. Por lo que respecta al nitrógeno, la comparación entre los diversos materiales debe hacerse no sólo sobre la base del contenido total, sino también sobre su distribución cualitativa.

Este nutriente, de hecho, está presente en la sustancia orgánica de origen zootécnico de varias formas, que pueden ser clasificadas funcionalmente en tres categorías:

- N mineral.
- N orgánico fácilmente mineralizable.
- N orgánico residual ( de efecto lento).

Se pueden así sintetizar las características sobresalientes de los diversos materiales.

**j) Estiércol bovino:** Constituye un material de por sí de difícil confrontación con los otros por razón de la elevada presencia de compuestos de lenta degradabilidad. Su particular maduración ha hecho de él un material altamente polimerizado hasta el punto de resultar parcialmente inatacable por la microflora y de demorarse por eso la descomposición. Su función es en gran parte estructural, contribuyendo a promover la agregación de las partículas terrosas y la estabilidad de los glomérulos formados. El efecto nutritivo, de momento, tiene una importancia relativamente menor, pero se prolonga por más años del de su aplicación. En general, se indica que este efecto nutritivo derivado, puede equivaler, en el primer año de su aportación, hasta el 30% del nitrógeno total presente. El efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se implanten.

En Navarra, suele ser un producto reemplazado en las explotaciones ganaderas de vacuno, sobre todo las ubicadas en la Zona Norte, con base territorial y cultivo de praderas.

**k) Lisier bovino:** Presenta características fuertemente diferenciadas en función del sistema de cría.

Se puede encontrar desde el lisier auténtico con 7% de sustancia seca, hasta la consistencia más o menos pastosa del llamado «liquiestiércol» de 15-20% en sustancia seca cuando se usa cama a razón de 3-4 kg. por cabeza y por día.

El efecto sobre la estructura del suelo es menor que el de estiércoles de

baja degradabilidad. Se estima en un efecto mitad, en términos comparativos.

Por contra, puede considerarse que estará disponible durante el primer año, procedente de la mineralización, hasta el 60 % del nitrógeno total.

En general, se trata de un abono de eficiencia media en el curso del primer año y de buen efecto residual, no obstante, la gran variabilidad del material puede hacer alejar mucho los comportamientos funcionales reales de las medias antes indicadas. En particular, la presencia mayor de cama aproximará su comportamiento al del estiércol, mientras que los sistemas de separación y de almacenaje influirán en el grado de maduración y de estabilización.

En Navarra, también suele ser un producto reemplazado en las explotaciones ganaderas.

**l) Lisier o purín de porcino:** Consideraremos lo mismo a nivel práctico lisier y purín.

Se trata de un producto también muy variable en su composición. No obstante aún con esta inevitable variabilidad, en función del tipo de manejo y del tratamiento de las deyecciones, resulta más fácil estimar la composición y el valor fertilizante.

A nivel de Navarra, aunque hay abundancia de producción, no debe suponer un grave problema su gestión puesto que la densidad de cabezas por km<sup>2</sup> está muy lejos de la de otras Comunidades Autónomas y mucho más de la determinados países de la U.E. considerados como auténticamente productores de porcino.

Es un material que puede llegar a ofrecer disponibilidades de nitrógeno mineral asimilable del 70% de su contenido total. Es evidente, entonces, que el efecto residual puede ser sólo limitado, así como su contribución a la mejora de la estabilidad estructural del suelo.

Estas altas disponibilidades de nitrógeno el primer año, no deben confundirse con los índices de eficiencia, los cuales pueden llegar a ser sorprendentemente bajos. Cuando estos productos se dejan aplicados sobre la superficie, en condiciones de sol, viento y temperatura moderadas o altas, las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden alcanzar el 80% del nitrógeno mineral total.

**m) Estiércol de ovino:** Sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riqueza más elevada en nitrógeno y potasio de todos.

El efecto sobre la estructura del suelo es mediano.

La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo año y el 15% el tercer año.

Es un producto muy apreciado en hortofruticultura con buenas respuestas agronómicas y sin apenas problemas de gestión. La forma de uso es como enmienda orgánica.

Se utiliza en cantidades prudentes porque aunque se trata de un producto de calidad, el coste final, incluyendo el reparto y transporte, es elevado.

**n) Gallinaza:** En este caso la casi totalidad del nitrógeno está presente en forma disponible ya en el primer año de suministro. Resulta por ello un abono de eficacia inmediata, parecida a los de síntesis.

También en este caso, el efecto residual puede ser considerado débil y el estructural prácticamente insignificante. Es un material muy difícil de utilizar correctamente porque no está estabilizado, es de difícil distribución, sujeto a fuertes pérdidas por volatilización y con problemas de olores desagradables.

Tales inconvenientes pueden ser, sin embargo, considerablemente reducidos o eliminados, utilizando sistemas de tratamiento como la desecación o el compostaje que permiten revalorizar las propiedades nutritivas y estructurales.

En Navarra no existe actualmente una oferta significativa de este tipo de producto.

**ñ) Compost:** Los composts son productos obtenidos mediante un proceso de transformación biológica aerobia de materias orgánicas de diversa procedencia. Es de particular interés para las fincas que puedan disponer de deyecciones zootécnicas y materiales ligno-celulósicos de desecho (pajas, tallos, residuos culturales diversos) que son mezclados con las deyecciones, directamente o previo tratamiento.

A esta gran variabilidad de las materias originales se añaden las del sistema de compostaje, en relación con las condiciones físicas y los tiempos de maduración.

Por lo anterior, es difícil generalizar el comportamiento agronómico de los

composts pero se puede recordar que el resultado medio de un proceso de compostaje, correctamente manejado durante un tiempo suficiente y con materiales típicos de una finca agrícola, es un fertilizante análogo al estiércol. Estará por ello caracterizado por una baja eficiencia en el curso del primer año, compensada por un efecto más prolongado; también las propiedades enmendantes pueden ser asimiladas a las del estiércol.

Como puede deducirse del comentario anterior, se utilizan normalmente como enmiendas orgánicas.

Siempre teniendo en cuenta la heterogeneidad de la procedencia de las materias orgánicas compostables, el empleo del compost debe hacerse con particular cautela a causa de la posible presencia de contaminantes (principalmente metales pesados en caso de utilización de compost de residuos urbanos) que pueden supeditar el empleo a ciertas dosis, dictadas por el análisis del suelo y del compost a utilizar, sobre la base de cuanto disponga la normativa vigente.

**o) Lodos de depuradora:** Es posible el empleo como abonos de los lodos de procesos de depuración de aguas residuales urbanas u otras que tengan características suficientes para justificar un uso agronómico (adecuado contenido en elementos fertilizantes, de materia orgánica, presencia de contaminantes dentro de límites establecidos, etc.). El nitrógeno contenido en los lodos de depuración es extremadamente variable.

Los lodos obtenidos en la depuradora de Arazuri (Comarca de Pamplona), que es la principal fuente de este tipo de producto obtenido en Navarra, arrojan valores medios del 2% sobre substancia seca (similar al estiércol de bovino).

La utilización agronómica de los lodos de depuradora, para los cuales valen precauciones análogas a las expresadas anteriormente para los composts, está regulada por el R.D. 1310/1990, de 29 de octubre. Este decreto define los lodos y su análisis así como las concentraciones de metales pesados en los lodos destinados a su utilización agraria y en los suelos que se abonan con ellos.

En Navarra se produce una cantidad de lodos importante, que va a aumentar significativamente en la planta de Arazuri, cuando entren en funcionamiento los procesos de depuración biológica.

En nuestra comunidad la utilización de estos lodos se orienta en dos

direcciones:

- Como lodos digeridos hacia cultivos extensivos.
- Como productos de compostaje orientado a jardinería, substratos, viveros, semilleros, recuperaciones ornamentadas, etc.

Un dato característico de los lodos producidos en la planta de Arazuri es su bajísimo contenido en metales pesados. Muy por debajo de los límites marcados por la mas restrictiva de las legislaciones de los países europeos.

## 4. El ciclo del nitrógeno en los suelos agrícolas

El nitrógeno en el suelo está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que se denomina «ciclo del nitrógeno». En los gráficos adjuntos se presentan los principales componentes y procesos del ciclo, diferenciando los aportes, las reservas y las extracciones o pérdidas.

Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema, para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción de los cultivos, es necesario conocer cómo influyen las prácticas agrícolas, los itinerarios técnicos y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo. Los principales elementos del ciclo del nitrógeno en los suelos que conviene considerar son:

**Absorción de nitrógeno por la planta:** La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del nitrógeno en los suelos agrícolas. Esta absorción es la que el agricultor debe optimizar para conseguir una buena producción y un beneficio económico.

**Extracción por la cosecha:** Del nitrógeno absorbido por la planta, una parte vuelve al suelo después de la cosecha en forma de residuos (raíces, tallos y hojas) y puede ser aprovechado por los cultivos siguientes; otra parte se extrae del campo con la cosecha. Existen datos de la extracción aproximada de nitrógeno por las cosechas, pero estos valores no pueden emplearse directamente para el cálculo del abonado necesario para cada cultivo sin conocer la eficiencia de utilización del nitrógeno fertilizante en cada caso; esta eficiencia es variable en diferentes situaciones. La extracción de nitrógeno por la cosecha sólo da una idea de las necesidades mínimas de nitrógeno que tiene el cultivo.

**Mineralización e inmovilización:** La mineralización es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mediante la acción de los microorganismos del suelo. La inmovilización es el proceso contrario. Como ambos actúan en sentido opuesto, su balance se denomina mineralización neta. La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende de muchos factores, tales como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1-2% del nitrógeno total, y esto supone una producción de nitrógeno mineral de unos 40 a 150 kg./ha, en los primeros 30 cm del suelo.

Un factor importante a considerar en la mineralización de la materia orgánica que se añade al suelo es su relación C/N, que indica la proporción de carbono (C) a nitrógeno (N). Generalmente, cuando se añade materia orgánica al suelo con una relación de 20-25 o menor, se produce una mineralización neta, mientras que si los valores de este cociente son más altos, entonces los microbios que degradan esta materia orgánica consumen más amonio que el que se produce en la descomposición, y el resultado es una inmovilización neta de nitrógeno (esta regla es solamente aproximada). La relación C/N de la capa arable en los suelos agrícolas suele estar entre 10-12.

**Aminificación:** Los compuestos proteicos y otros similares, que son los constitutivos en mayor medida de la materia nitrogenada aportada al suelo, son de poco valor para las plantas superiores de cara a la utilización directa. Sin embargo son fácilmente utilizados por ciertos microorganismos del suelo pertenecientes tanto al reino vegetal como al animal. A consecuencia de la digestión enzimática realizada por estos organismos, dichos compuestos se degradan a compuestos aminados como proteosas, peptonas y al final a aminoácidos. Por ello, el proceso se llama aminificación o aminización.

Esquemáticamente estos procesos pueden representarse de la forma siguiente:



**Amonificación:** Al realizarse la digestión enzimática, el nitrógeno puede seguir dos direcciones posibles:

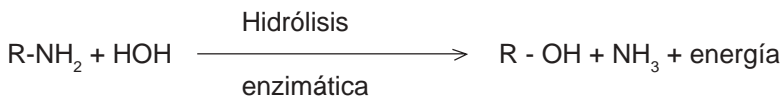
a) incorporarse en las estructuras celulares de los microorganismos del suelo y formar parte de nuevo del complejo proteico;

b) ser transformado en productos simples que aparecen casi siempre en forma amónica. A este proceso en concreto se le llama amonificación.

Los microorganismos, fundamentalmente heterótrofos, son capaces de usar las formas amónicas de nitrógeno en condiciones de escasez de dicho nutriente. Por contra, los vegetales superiores esporádicamente recurren a esta posibilidad a pesar de estar capacitados para ello.

En general, los mismos microorganismos que controlan la aminización, promueven la amonización. De esta manera provocan la aparición de varias fuentes de energía y se apropian del nitrógeno adyacente.

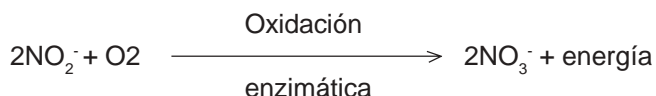
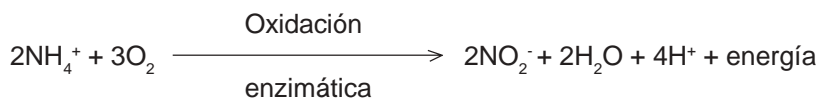
El proceso de forma simplificada puede representarse como sigue:



**Nitrificación:** En este proceso, el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se transforma primero en nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), y éste en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo.

El proceso se lleva a cabo en dos etapas coordinadas, controlada cada una por diferentes grupos de bacterias. Globalmente se las llama nitrobacterias. Al grupo responsable de la conversión de compuestos amoniacales en nitritos se les llama Nitrosomonas. El grupo encargado de la oxidación de los nitritos a nitratos recibe el nombre de Nitrobacter.

El esquema de las transformaciones es el que sigue:



Debido a que normalmente el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato.

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kg. N/ha y día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables.

En ocasiones, debido a que la nitrificación es bastante más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio).

**Desnitrificación:** La 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 mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración.

**Fijación biológica:** La fijación biológica de nitrógeno consiste en la incorporación del nitrógeno gaseoso de la atmósfera a las plantas gracias a algunos microorganismos del suelo, principalmente bacterias. Uno de los grupos más importantes de bacterias que fijan nitrógeno atmosférico es el Rhizobium, que forma nódulos en las raíces de las leguminosas.

**Aportaciones por lluvia:** La lluvia contiene cantidades variables de nitrógeno en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, y constituye una fuente importante de nitrógeno en los sistemas naturales. Este aporte oscila entre 5 y 15 kg. N/ha/año. y por tanto para los sistemas agrícolas es pequeño en comparación con el de los fertilizantes.

**Lixiviación:** La lixiviación o lavado del nitrato es el arrastre del mismo por el agua del suelo que percola más abajo de la zona radicular. Este proceso es el que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato, ya que, en general, una vez que éste deja de estar al alcance de las raíces, continúa su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.

**Arrastre por escorrentía:** La escorrentía de agua en los suelos agrícolas es el flujo del agua sobre la superficie del suelo, de modo que no se infiltra, sino que fluye normalmente hacia terrenos más bajos o cursos superficiales de agua. Se produce como consecuencia de lluvias o riegos excesivos y puede arrastrar cantidades variables de nitrógeno. En general, estas pérdidas de nitrógeno del suelo son pequeñas, excepto cuando la escorrentía se produce poco después de un fuerte abonado nitrogenado.

**Volatilización:** Se denomina volatilización a la emisión de amoníaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Aunque puede haber pérdidas importantes de nitrógeno por volatilización cuando se abona con amoníaco anhidro, resultan más frecuentes aquéllas que ocurren cuando se emplean abonos nitrogenados en forma amónica en suelos alcalinos, sobre todo si el pH es mayor que ocho. La urea puede experimentar también pérdidas variables por volatilización después de transformarse en amonio en el suelo. Los estiércoles, si no se incorporan al suelo, pueden perder del 10 al 60 % de su nitrógeno por volatilización, debido que una parte importante puede estar en forma amónica. Como hemos dicho anteriormente, los purines todavía tienen pérdidas mas importantes por este proceso, pudiendo llegar hasta el 80%.

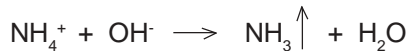
En el suelo, sin aportaciones exteriores, las pérdidas por desnitrificación dependen de las condiciones de aireación del medio y del contenido en materia orgánica como se desprende de la tabla siguiente.

**PERDIDAS DE NITROGENO (%) POR DESNITRIFICACION EN FUNCION DEL CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA Y EL TIPO DE DRENAJE**

Contenido en materia orgánica	Drenaje	
	Bueno	Malo
Menos del 2%	2-4	10-30
Entre el 2 y el 5%	5-10	20-50

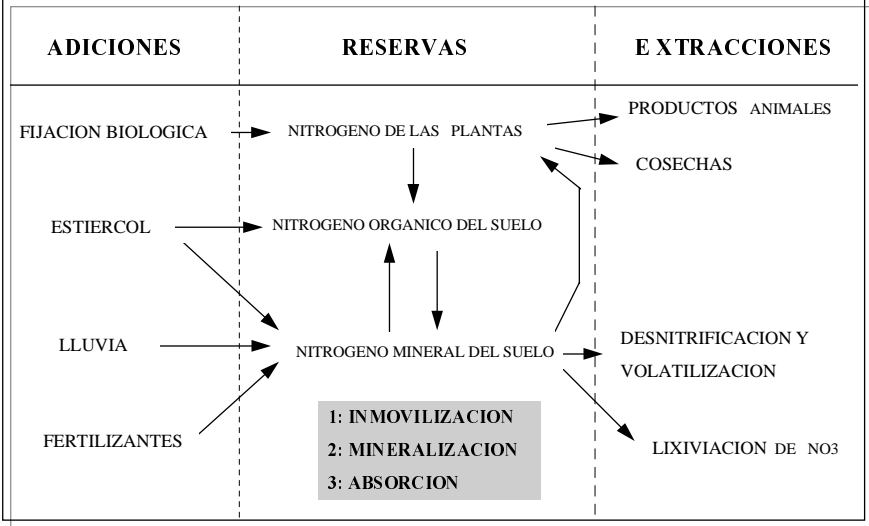
*Fuente: Ramos, C y Ocio, J.A., (1992)*

La volatilización del nitrógeno se produce en suelos básicos, en los que el nitrógeno presente en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) reacciona con los  $\text{OH}^-$  del suelo, transformándose en gas amoníaco  $\text{NH}_3$ , que es volátil:

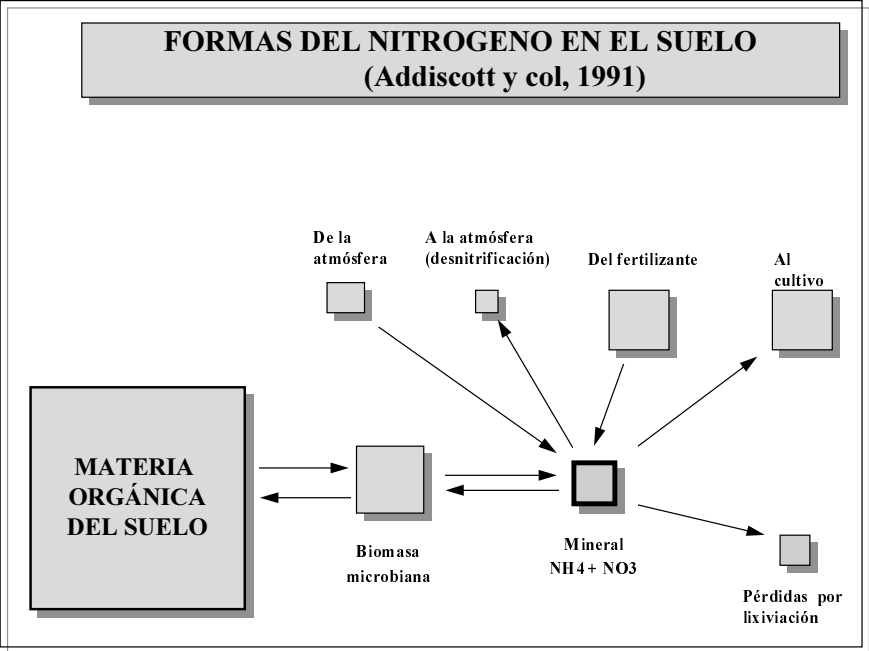


Este es un proceso de importancia a tener en cuenta al evaluar los riesgos de contaminación nítrica de las aguas pues en realidad supone una clara disminución del mismo.

# COMPONENTES Y PROCESOS DEL CICLO DEL NITROGENO

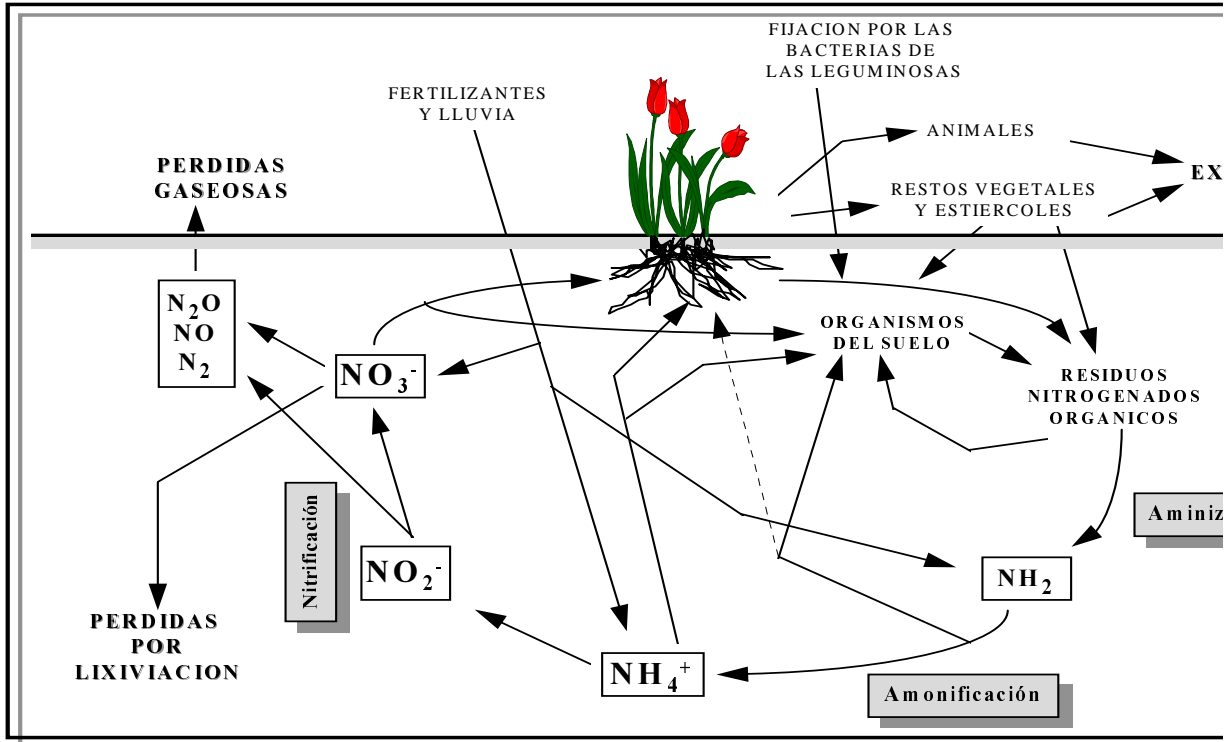


(Hoja Divulgadora nº 7/92 HD-MAPA)



# PARTE PRINCIPAL DEL CICLO DEL NITROGENO

(Adaptado de BUCKMAN Y BRADY - Naturaleza y propiedades de los suelos)



## **Efecto de la materia orgánica del suelo**

La materia orgánica participa activamente en todos los procesos físico-químicos que se desarrollan en el suelo e interviene además muy directamente en el ciclo del nitrógeno como acabamos de ver. Por ello queremos incidir especialmente en este componente del suelo porque de su evolución depende enormemente el incremento o disminución del riesgo de contaminación nitríca por lixiviación.

Los factores de abonado y riego no son la causa exclusiva de la contaminación por nitratos de las aguas. Aunque no se aplique nada de fertilizante nitrogenado, se lixivia algo de nitrógeno.

En zonas húmedas con sistemas de producción agrícola no intensiva, la principal aportación de nitrato a la contaminación de las aguas procede de la descomposición de la materia orgánica del suelo, que constituye la reserva más importante de nitrógeno en los suelos de pradera y forestales.

El nitrógeno orgánico es muy estable en el tiempo. A pesar de su estabilidad, pequeños cambios en el contenido en nitrógeno orgánico del suelo pueden suponer la liberación de cantidades elevadas de nitrógeno mineral. Se ha calculado (Ramos, 1990) que una variación de tan sólo el 5% en el contenido en nitrógeno orgánico de la capa superior de 30 cm de un suelo medio supondría la liberación de 180 kg. de N/ha, lo que representa una cifra importante frente a las dosis de abonado de muchos cultivos.

Según algunos investigadores (Addiscott y col., 1991), una parte importante de los nitratos lavados no procede de los fertilizantes, que suelen aplicarse a finales del invierno y en primavera (cuando el cultivo se halla en plena fase de desarrollo y es capaz de absorberlo), sino de la mineralización de la materia orgánica que se produce en otoño, en condiciones de temperatura y humedad favorables para la acción de los microorganismos del suelo.

En un suelo con un contenido medio de nitrógeno del 0,20%, habrá unos 5.000 kg. de nitrógeno por hectárea en los 25 cm. superiores de la capa arable. Esto representa más de 20 t/ha de nitratos. En ausencia de un cultivo capaz de extraer los nitratos producidos, éstos se acumulan en el suelo y son lixiviados con las lluvias de invierno; el proceso se acentúa en suelos ligeros o que tengan instalados sistemas de drenaje.

Por tanto, cualquier factor que aumente el contenido en materia orgánica descompuesta o estimule la actividad de los microorganismos del suelo, contribuirá a facilitar la transformación del nitrógeno orgánico en nitrato. Así, la roturación de praderas permanentes, que acumulan cantidades importantes de materia orgánica, puede ser una causa importante de liberación de nitrato, ya que la aireación de los suelos activa la descomposición microbiana de la materia orgánica.

## 5. Visión general de la fertilización nitrogenada en la agricultura de la Comunidad Foral de Navarra

Desde 1980, el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (empresa pública adscrita al Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra), viene desarrollando en la Comunidad Foral de Navarra un Plan de Racionalización de la Fertilización cuyo objetivo final es el transmitir a los agricultores recomendaciones de fertilización que supongan la optimización económica de la utilización del nitrógeno como medio de producción, así como la integración en este concepto de los criterios de protección medioambiental.

El objetivo final es que recurriendo a la fertilización nitrogenada como herramienta de productividad y rentabilidad se limiten al máximo las pérdidas de dicho nutriente sobre todo vía lixiviación y escorrentía, susceptibles ambas de provocar contaminación de las aguas superficiales o subterráneas.

El Plan de Fertilización ha generado hasta la fecha más de 2.200 ensayos en los diversos cultivos, sobre todo en los extensivos y está basado en un Plan de Experimentación a corto y medio plazo que ha permitido alcanzar un grado de fiabilidad verdaderamente notable.

El Plan de Experimentación desarrollado aborda el estudio exhaustivo de los tres macronutrientes principales (N, P y K ) y contempla además diversos aspectos de algunos de los macronutrientes secundarios (S y Mg) y de micronutrientes ( Cu, Zn, Fe etc.). Así mismo, se han acometido temas concretos sobre la utilización de basuras compostadas, lodos digeridos de estaciones depuradoras y de otros tipos de materias orgánicas.

Para llegar a confeccionar las recomendaciones con suficiente nivel de precisión, se planteó una amplia red experimental donde se contemplaban y servían de elementos diferenciadores los siguientes factores:

### **Cultivo**

- Area climática ( 7 Areas)
- Subárea
- Tipo de suelo
- Cultivo precedente.

Para cada situación se analiza la dosis de nutriente y en el caso del nitrógeno, la forma y época de reparto (fraccionamiento).

Además, en el caso del nitrógeno, se han analizado el comportamiento de las diferentes formas de nitrógeno en los parámetros de eficiencia según dosis aplicada.

Actualmente, para los cereales, se dispone de las últimas recomendaciones publicadas en un cuaderno técnico distribuido a los agricultores.

Para hortofruticultura, aunque existen recomendaciones estables y divulgadas entre los agricultores, no están recopiladas en una publicación.

Estas normas sirven de base documental para diseñar la estrategia de fertilización para cada parcela. Cada año y en función de la cosecha habida, evolución de la climatología y estado fenológico del cultivo se modulan las cifras reflejadas como medias óptimas y se ajustan para acomodarlas a la situación real.

Esta labor de modulación la puede hacer el agricultor por sí mismo o bien siguiendo las pautas que se establecen regularmente en las cooperativas mediante las labores de asesoramiento de los técnicos del I T G Agrícola.

El alcance de las recomendaciones del ITG Agrícola supone el 90% de los empresarios agrícolas, lo que equivale a decir que la mayor parte del territorio de Navarra dedicado a cultivos, en cuanto a fertilización se refiere, está bajo el planteamiento de la **racionalidad**.

Aparte de que las recomendaciones estén ya publicadas, el ITG Agrícola mantiene vigente y en plena operatividad una red experimental de «comprobación de dosis de nitrógeno» con objeto de aplicar y captar sobre el terreno nuevas necesidades de estudio y nuevas tendencias en las respuestas.

Puesto que gran parte de las líneas de actuación que se introducen en el presente Código de Buenas Prácticas Agrarias se derivan de los resultados del Plan de Experimentación desarrollado, se adjunta como anejo la publicación que recoge las recomendaciones de fertilización en cereales así como otras recomendaciones actualmente vigentes para el resto de cultivos. (Anejos I, II, III y IV).

Los trabajos de experimentación e investigación se desarrollan, como se acaba de comentar, teniendo en cuenta los tipos de suelo y sus potencialidades agronómicas.

En la misma línea de lo expuesto en referencia a los trabajos del I.T.G. Agrícola, el I.T.G. Ganadero y la Estación de Viticultura y Enología disponen de la equivalente base experimental para emitir recomendaciones de fertilización nitrogenada en praderas y vid respectivamente.

Así como existe una estrecha relación entre tipo de suelo y potencial productivo, existe una clara correlación entre tipo de suelo y riesgo de contaminación por percolación del nitrógeno. A este respecto, se presenta la tabla siguiente, que ilustra ampliamente sobre el tema y sirve de orientación sobre los puntos más sensibles que se abordarán posteriormente.

**CARACTERISTICAS DEL SUELO QUE CONDICIONAN EL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS POR NITRATOS.**

CONDICIONANTES	RIESGO		
	Bajo	Medio	Alto
Capacidad de retención de agua disponible para las plantas (tm <sup>3</sup> /ha)	>500	500-250	<250
Profundidad efectiva (cm)	>100	100-50	<50
Profundidad al nivel freático	>90	90-45	<45
Conductividad hidráulica en un espesor de 0 a 150 cm (cm/hora)	<5	5-15	>15
Materia orgánica	<2	2-4	>4
Precipitación - ETP en invierno en mm.	<150	150-300	>300
Inundación	no	ocasional	frecuente
Pendiente (%)	<8	8-15	>15
Elementos gruesos (%)	<15	15-35	>35
Factor erosión (Factor K x % pendiente)	<3	3-7	>7
SAR (entre 0 y 50 cm)	-	-	>12
CE dS/m a 25 °C	<4	4-8	>8

*(Según Danés y cols 1993, cit. Porta 1994)*

## 6. Características climáticas y orientaciones productivas de la Comunidad Foral de Navarra

Navarra es una Comunidad con poca base territorial, poco más de 1.000.000 de hectáreas, pero sujeta a múltiples influencias que en conjunto configuran un panorama climático diverso.

La gran variedad geográfica del territorio, que presenta altitudes de 2.000 metros en el Pirineo frente a los menos de 350 metros del Valle del Ebro, influye enormemente en los efectos de las masas de aire y vientos que llegan a la Comunidad. En la parte Norte, la accidentada orografía distorsiona los frentes y vientos que la alcanzan. La conjunción de influencia marítima (mar Cantábrico), la altitud de zonas próximas al Pirineo y los caracteres de continentalidad de las zonas del Valle del Ebro propician en un territorio de superficie tan escasa, la presencia de los climas más variados.

Atendiendo a los valores de pluviometría como factor determinante de la potencialidad y de las orientaciones de la actividad agraria, nos encontramos que de Norte a Sur, dichos valores oscilan desde cerca de 2.000 l/m<sup>2</sup> y año, hasta menos de 350 l/m<sup>2</sup> y año.

Complementando el parámetro de pluviometría con las temperaturas y el relieve, se define un territorio diversificado y variado en paisaje, orientaciones productivas, actividades agrarias, potencialidades y condiciones socioeconómicas.

Esquemáticamente podemos dividir el territorio de Navarra en tres grandes bloques:

**La Parte Norte o Zonas de Alta Montaña:** La zona de alta montaña se caracteriza por una abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes en forma líquida o de nieve, con vientos húmedos del Noroeste asociados al paso de frentes fríos del Cantábrico. Está muy influenciada por masas de aire atlánticas y la temperatura media anual oscila entre 7 y 9°C., con una precipitación del orden de 1.200 a 2.000 mm. de promedio anual, una insolación de unas 1.200 horas y con más de 120 días cubiertos al año. Más hacia el Este en las estribaciones del Pirineo y Prepirineo la influencia marítima disminuye sensiblemente y el clima presenta un carácter más continental.

La actividad agraria se fundamenta en la ganadería (vacuno y ovino con praderas) y en lo forestal. Hay cierta actividad agrícola pero insignificante comparada con los otros subsectores.

**La Parte Central o Zonas de Media Montaña :** En esta zona la nubosidad es también abundante y las lluvias son producidas por vientos templados y húmedos del Oeste y Suroeste asociados a frentes cálidos de borrascas atlánticas. La oscilación térmica anual es acusada, con una temperatura media anual entre 10 y 13°C., una precipitación media entre 700 y 900 mm./año, unas 2.100 horas de sol despejado y unos 80 días cubiertos al año como promedio.

Relieve mucho menos accidentado que el de la zona anterior, refleja una

actividad agraria basada en cultivos extensivos de secano, fundamentalmente cereales, con ligera presencia de cultivos alternativos (girasol, leguminosas y forrajeras). Es también normal encontrar algunas parcelas de viña, olivo y espárrago. Existe además una elevada actividad ganadera centrada en vacuno, porcino y ovino fundamentalmente.

**La Parte Sur o zonas del Valle del Ebro (Ribera):** En las zonas del Valle del Ebro la influencia mediterránea es patente y por tanto el clima seco. Las lluvias que llegan aquí proceden de los infrecuentes temporales mediterráneos asociados a vientos del Sureste y de las tormentas de verano. La temperatura media anual varía entre 13 y 14°C. La precipitación es de unos 400 mm./año como media, registrándose en las áreas mas meridionales medias históricas inferiores a los 350 mm al año. Dispone de unas 2.500 horas de sol brillante y con abundancia de días despejados por la influencia del viento racheado del Noroeste («cierzo») que barre las nubes.

Las condiciones de aridez del secano se ven compensadas por la existencia de un regadío de alto potencial gracias a los recursos hídricos proporcionados por el río Ebro y sus afluentes de Navarra ( Ega, Arga y Aragón fundamentalmente).

La actividad agraria se basa en cultivos extensivos de secano y de regadío, hortofruticultura de regadío, ganadería (ovino, porcino y vacuno estabulado) y agroindustria.

Respecto a la ocupación, es importante resaltar que la mayor parte de la superficie de estas zonas del Valle del Ebro es de secano donde se desarrolla una agricultura con esquema fijo de cereal y barbecho, de potencial productivo reducido y variable que se mueve dentro del intervalo de 1.500 a 3.500 kg./ha.el año que se cosecha. También hay una parte significativa dedicada a viña para vinificación, almendro y olivo. En cualquier caso, se trata siempre de orientaciones típicas de condiciones áridas o semiáridas.

En la superficie correspondiente al regadío, como se verá en capítulos próximos, se diseña otro concepto de agricultura con alto grado de diversificación y con niveles de actividad y productividad muchísimo mas elevados.

Estas tres grandes áreas a su vez se subdividen en zonas para definir unidades de mayor homogeneidad.

De esta forma, desde el punto de vista climático, Navarra queda definida en una serie de zonas que a efectos de análisis técnico y económico se convierten en unidades de estudio y a las cuales se hará referencia frecuentemente. Estas unidades se representan gráficamente en el mapa del capítulo siguiente, si bien hay que advertir que no coinciden con las divisiones oficiales de la Comarcalización Agraria de Navarra.

## 7. Régimen de lluvias y temperaturas en las zonas agrícolas más significativas de Navarra

Desde el punto de vista de la influencia de la climatología en el riesgo de provocación de contaminación nitrítica en las aguas superficiales y freáticas, interesa conocer no solo los parámetros medios anuales sino su distribución a lo largo del año.

A este respecto presentamos las siguientes tablas y gráficos que reflejan fielmente la situación para tres situaciones representativas de las zonas centro y sur de Navarra.

Previamente, se incorpora el mapa con las zonas climáticas de Navarra que se utilizarán para establecer las grandes unidades de estudio y de comparación. Se recuerda que este no es el mapa oficial de Comarcalización Agraria de Navarra pero resulta de gran validez para uniformar criterios en áreas homogéneas. A este nivel de representación las isoyetas están situadas de forma aproximada.

### Pluviometría: Noain 1955-1994

<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
<b>1955</b>	108	63	10	5	19	106	27	8	30	128	29	91	<b>622</b>
<b>1956</b>	77	54	57	58	62	66	24	47	50	55	79	26	<b>655</b>
<b>1957</b>	36	40	20	86	102	91	4	14	33	33	61	20	<b>538</b>
<b>1958</b>	85	18	117	120	30	75	35	17	32	17	90	202	<b>838</b>
<b>1959</b>	54	30	125	56	89	22	58	22	133	169	136	159	<b>1053</b>
<b>1960</b>	65	35	65	18	33	12	25	41	66	150	112	338	<b>959</b>
<b>1961</b>	139	41	6	180	44	17	5	43	115	154	192	45	<b>980</b>
<b>1962</b>	60	114	56	101	44	40	37	11	86	75	168	72	<b>865</b>
<b>1963</b>	95	62	139	60	28	148	27	126	99	31	73	85	<b>972</b>
<b>1964</b>	10	68	78	55	28	15	19	21	50	113	91	125	<b>672</b>
<b>1965</b>	117	46	62	70	30	27	0	41	118	77	114	120	<b>822</b>
<b>1966</b>	67	129	63	84	93	61	25	10	29	153	184	85	<b>984</b>
<b>1967</b>	61	22	24	76	44	21	34	26	36	99	228	153	<b>824</b>
<b>1968</b>	77	122	106	93	106	61	125	89	18	7	124	114	<b>1041</b>
<b>1969</b>	37	55	102	124	63	107	16	8	127	25	44	151	<b>859</b>
<b>1970</b>	140	135	25	29	52	80	6	64	5	54	53	46	<b>686</b>
<b>1971</b>	80	77	117	122	138	55	54	10		35	137	59	<b>884</b>
<b>1972</b>	203	104	53	83	102	83	6	119	110	50	99	100	<b>1113</b>
<b>1973</b>	83	100	33	68	69	98	50	59	63	31	27	35	<b>714</b>
<b>1974</b>	45	93	94	54	39	40	105	31	70	210	110	17	<b>906</b>
<b>1975</b>	51	43	140	70	140	5	7	42	85	37	213	46	<b>880</b>
<b>1976</b>	133	77	47	108	59	2	10	8	40	32	64	64	<b>644</b>
<b>1977</b>	64	51	36	49	135	115	65	83	3	93	34	50	<b>777</b>
<b>1978</b>	180	58	92	112	66	70	2	9	43	29	50	64	<b>775</b>
<b>1979</b>	200	121	86	97	102	31	58	29	54	136	134	82	<b>1128</b>
<b>1980</b>	41	46	138	26	31	70	32	8	17	152	120	111	<b>791</b>
<b>1981</b>	67	71	54	85	71	44	39	19	36	77	7	151	<b>720</b>
<b>1982</b>	74	101	81	19	21	36	58	29	46	150	97	149	<b>858</b>
<b>1983</b>	3	116	86	100	40	16	71	148	1	12	65	76	<b>735</b>
<b>1984</b>	150	69	51	55	113	44	13	49	53	101	203	62	<b>963</b>
<b>1985</b>	72	49	83	44	138	41	41	14	0	42	76	37	<b>637</b>
<b>1986</b>	151	59	47	108	59	2	10	8	40	32	64	64	<b>644</b>
<b>1987</b>	98	82	44	41	48	68	30	10	12	139	106	52	<b>730</b>
<b>1988</b>	130	80	78	115	98	116	77	13	29		12	53	<b>801</b>
<b>1989</b>	21	55	18	166	23	12	29	155	8	6	95	17	<b>605</b>
<b>1990</b>	31	27	9	121	121	77	20	36	22	77	50	103	<b>693</b>
<b>1991</b>	31	25	32	151	59	42	28	5	94	106	119	11	<b>704</b>
<b>1992</b>	3	17	98	66	43	111	19	95	69	213	39	131	<b>903</b>
<b>1993</b>	1	14	13	80	101	47	5	60	87	102	36	138	<b>684</b>
<b>1994</b>	47	40	6	102	53	38	0	0	0	66	61	76	<b>487</b>
<b>MEDIA</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>81</b>	<b>68</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>41</b>	<b>51</b>	<b>84</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>804</b>

## Pluviometría: Olite 1955-1995

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1955	99,9	43	15,4	28,4	18	77,3	62,9	8,2	9,6	105	21,8	74	564
1956	101	21,3	68,5	40,9	71	4,9	0	22,9	66,6	14,1	51,7	18	480,7
1957	8,8	16,6	33,3	31,9	91,7	141	0	18,7	13,4	18,8	7,3	6,2	388,1
1958	82,8	44,7	54,7	22,6	58,8	56,5	10,5	8,7	16	19,8	32,4	112	519,1
1959	13,9	28,4	89,5	47,1	127	34,6	62,3	41,7	141,7	127	128	68	908,2
1960	61,9	33	91,9	2,3	46,9	25	65,5	0	49,6	120	37,5	77	609,6
1961	41,8	0	9	72,1	57,6	15,8	33,8	26,6	120,2	51,1	156	26	610,3
1962	43,1	78,7	51,3	58	58,4	14,2	9,8	3	67,2	45,2	79,7	34	543
1963	77	41,7	35,2	79,3	6	82,8	19,6	67,7	22,8	15	43,5	28	518,1
1964	5,5	68,4	53,3	76,5	19,6	56,3	31,5	11,5	76,7	70,5	46,2	46	561,8
1965	73,3	30,3	69,2	9	20	18,7	3,1	2	58,1	111	76,9	43	515,1
1966	63,1	74,6	26,5	79,4	47,4	44	36,2	17,7	23,9	90,1	99,3	22	623,9
1967	66	28,2	22,8	45	37,1	10,2	22	46,7	26,5	61,1	242	40	646,6
1968	7,2	44,1	57,7	69,2	65,4	26	31,3	80	12,2	5,6	132	44	574,5
1969	22,4	17,2	79,1	130	77,1	63,5	42,2	5,7	76,5	38,6	19,9	62	634,2
1970	92,3	57,9	7,8	3,3	32,7	39,5	11,8	34,9	2,3	31,3	52	22	387,8
1971	55,5	9,7	25,6	111	141	44,7	20,3	36,3	40,7	17,5	38,9	25	565,6
1972	75,8	58,3	19,4	8,5	75,5	29,7	33,9	30,2	67,3	27,5	64,4	30	520,4
1973	29	24,5	11,5	31,5	71,7	76,4	34,5	20,2	3	15,4	29,4	19	366,2
1974	23,3	43,6	66,5	31,2	16,8	33,1	19	28,9	16	52,4	60	6,5	397,3
1975	20,4	59,8	66,2	78,1	103	45,9	6,9	35,4	94,5	5,4	133	61	709,5
1976	13,9	76,4	28,2	64,8	28,5	0	40	53,2	47	63,3	28	73	516,3
1977	70,1	26,9	33,1	23,2	90,9	144	28,2	18,4	6,3	68,6	22,6	35	567
1978	105	34,4	47,6	81,7	16,8	21,2	2,7	12,9	23,2	7,4	29,4	50	432,4
1979	93,6	46,1	24,8	41,2	58,1	28,9	40,9	11,6	18,4	64,6	44,9	46	519,3
1980	17	31,7	72	32	70,5	39	8	18,4	13,5	69,9	82,9	45	499,9
1981	14,3	16,9	22,3	76,3	38,4	36,6	19	36,9	19,8	20	1,9	95	397,1
1982	51,7	38,4	14,8	10,8	44,4	11,2	21,4	33,3	37,9	61,4	51,5	100	476,7
1983	0,3	54,6	45,1	116	13	89,5	56,8	104,8	0	6,8	66,1	30	582,6
1984	46,1	25	56,5	28,7	77,7	41	9,3	13,5	12,6	54,4	217	23	605
1985	24,4	31	64,3	32,7	112	6,1	40,9	0,5	0	32,5	35,9	27	407,2
1986	42	40,8	28,7	64,6	35,5	5,5	4,8	2,3	36,9	44,4	35,2	31	371,6
1987	57,1	48,1	38,3	47,5	23,5	16,5	21	16,8	11,8	122	32	52	486
1988	66,2	18,9	15	106	76	116	47,5	10,1	5,5	38	20,5	8,5	527,2
1989	10,7	37,8	15,5	108	12,3	2,8	7,7	55,2	44	2	52	7	355,3
1990	34,8	5	1	52,4	68	82,9	7,5	40	65,5	60,8	43,4	26	487,3
1991	12,5	32,5	30,6	107	9,3	12,4	21,4	5	71,5	99	81,5	4	486,3
1992	1,2	5,3	58,6	21,8	27,7	68,7	6	83	72	107	12,6	48	511,4
1993	0,5	6,4	11,5	73	79,5	32	2,2	12,3	36,8	66	23,5	57	400,2
1994	22,5	23	6	42,7	78,7	14	15,7	0	0	77	57	58	394,5
1995	55,8	36,2	31,2	15,7	23,3	5	6,2	26	20,4	14	44,9	49	327,8
<b>MEDIA</b>	<b>44</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>26,9</b>	<b>37,8</b>	<b>52</b>	<b>62</b>	<b>42</b>	<b>512</b>

## Pluviometría: Cadreita 1955-1995

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1955	47	36,5	5,5	25	12,5	45,5	44	10	18,5	76,5	5,5	45	372
1956	36	18	79,5	19,5	80,5	6	0	24,5	31	5	39	11	350
1957	4	10	24	42	59	129	1	4	33,5	14,5	0	3	324
1958	57,08	30,81	37,71	15,57	40,53	38,94	7,24	6	11,03	13,66	22,33	76,94	358
1959	6	17	60	15,5	74,5	60	42	19	100,5	75	53	47	570
1960	25	17,5	50	0	27,5	34	27	0	21	122,5	13	24	362
1961	30,5	3	7	49,68	94	11	8	16	113	46	138	14	530
1962	42	38	35	56	34	32	2	0	83	30	30	12	394
1963	26,5	21	0	78	2	64	16	20	25	10	34	46	343
1964	1	71	33	77	8	9	17	4	60	15	65	26	386
1965	22	28	57	4	15	11	0	0	44	83	39	31	334
1966	27	56	13	65	27	26	8	34	0	58	106	1	421
1967	25	26	1	33	24	24	22	0	27	43	211	10	446
1968	4	43	83	65	37	4	15	11	18	0	81	28,2	389
1969	10	41	68	138	46	54	13	0	73	36	14	24	519
1970	121	24	10	0	11	54	0	34	2	12	25	32	325
1971	36	12	11	82	101	73	35	8	33	9	41	19	460
1972	27	38	27	3	27	24	18	14	70	41	48	38	373
1973	10	16	9	9	63	44	33	17	8	13	41	28	290
1974	8	31	132	51	25	14	33	59	32	28	44	1	459
1975	15	63	46	78	144	14	31	52	74	3	79	99	699
1976	8	56	30	74	25	60	44	38	18	44	18	80	495
1977	61	29	20	18	111	82	43	32	5	28	16	44	489
1978	56	34	13	51	32	28	2	0	30	5	11	32	295
1979	61	34	13	34	49	0	0	0	20	57	23	21	312
1980	10	63	55	24	66	58	19	16	26	35	28	17	417
1981	7	32	9	70	32	17	8	7	8	7	0	57	253
1982	27	59	14	32	33	22	40	9	25	43	21	36	360
1983	0	21	7	52	11	14	44	50	0	1	60	6	268
1984	19	27	37	20	81	42	1	4	18	22	117	14	402
1985	12	14	29	17	54	22	16	1	0	11	35	25	234
1986	12	39	37	54	33	16	6	0	25	31	20	0	273
1987	43	35	25	19	23	24	21	2	7	103	43	69	412
1988	56	10	9	166	61	110	41	22	2	44	27	6	554
1989	8	43	20	73	48	5	18	63	12	7	60	26	381
1990	28	2	1	49	65	96	9	14	43	51	27	21	404
1991	14	87	45	80	8	15	28	0	96	58	18	6	455
1992	2	10	25	14	31	164	10	30	73	86	3	20	467
1993	0	6	22	32	60	47	4	28	35	48	24	25	330
1994	10	5	2	14	62	5	11	6	41	65	38	22	279
1995	28	26	14	18	20	8	10	15	17	2	25	94	277
<b>MEDIA</b>	<b>25,4</b>	<b>31</b>	<b>29,6</b>	<b>44,3</b>	<b>45,3</b>	<b>39,2</b>	<b>18,2</b>	<b>16,3</b>	<b>33,6</b>	<b>36,1</b>	<b>42,5</b>	<b>30,1</b>	<b>392</b>

8. Periodos en los que es recomendable la aplicación de fertilizantes a las tierras

La fertilización nitrogenada con fertilizantes minerales es una práctica adoptada para todos los cultivos excepto para las leguminosas, en las que, no obstante, pueden llegar a ser recomendables pequeñas aportaciones de nitrógeno en determinadas circunstancias.

A fin de realizar una fertilización racional, es preciso suministrar los abonos nitrogenados lo más próximo posible en el tiempo al momento de su máxima absorción por la planta. Esta es una medida eficaz para reducir el peligro de que el nitrógeno sea lixiviado en el periodo que media entre la aplicación y la asimilación por el cultivo. Así mismo, es necesario recordar también lo referido en el Capítulo 7 respecto a riesgo potencial de cada zona en función de la pluviometría media.

La aplicación de todos los nutrientes, pero sobre todo del nitrógeno, debe basarse sobre el principio de optimizar la eficiencia de la utilización por parte del cultivo y complementariamente minimizar las pérdidas por lavado.

Por su trascendencia y sensibilización a nivel comunitario, se hace referencia específica a los fertilizantes orgánicos procedentes de la ganadería, considerados más como efluentes zootécnicos que hay que gestionar con criterios de manejo de residuos presuntamente contaminantes que como recursos de materia orgánica y elementos nutritivos para los cultivos.

En el caso de Navarra, donde la densidad ganadera no es equiparable a la de otras comunidades autónomas españolas y mucho menos a los países «ganaderos» de la Unión Europea, la gestión de dichos efluentes no debe revestir ningún problema y no debiera ser objeto de puesta en cuestión su utilización racional. No obstante y en tanto que su manejo inadecuado puede ser fuente de riesgo, aunque dicho riesgo no alcance los niveles de otras áreas, desde un punto de vista previsor, se incluirán en este Código de Buenas Prácticas Agrarias orientaciones concretas sobre estos productos.

En el caso que se utilicen estos efluentes zootécnicos, es importante recordar que la disponibilidad del nitrógeno para las plantas depende de la presencia de las diversas formas químicas (orgánica, ureica, amoniacal y nítrica). Las fracciones prontamente disponibles son la nítrica y la amoniacal; las otras formas serán asimilables tras los correspondientes procesos de mineralización de la fracción orgánica.

De una manera simplificada, una parte del nitrógeno se liberará poco después del reparto. Son lo que se pueden llamar aportaciones por efecto directo. Estarán compuestas por las formas amoniacal y nítrica y las orgánicas rápidamente mineralizables. El purín y el estiércol de aves tienen una gran proporción de nitrógeno en forma amoniacal y por tanto un efecto directo muy pronunciado, al contrario que el estiércol de vacuno o de oveja. Otra parte del nitrógeno se almacenará en el suelo en forma de humus. Este humus se irá mineralizando progresivamente y liberará el nitrógeno retenido. Es lo que se llaman aportaciones de nitrógeno por efecto posterior.

Otros factores que influyen en la disponibilidad del nitrógeno de origen zootécnico son las concentraciones y las relaciones entre los compuestos de nitrógeno presentes, las dosis suministradas, los métodos y la época de aplicación, el tipo de cultivo, las condiciones del suelo y el clima.

En confrontación con los abonos minerales, la eficiencia del nitrógeno total de los lisieres en el año de aplicación se estima entre el 50 y 70%, con valores crecientes para el lisier vacuno, porcino, avícola y de terneros; en los años sucesivos, la mineralización de la parte residual compensa parcialmente las citadas diferencias.

Las dos formas del nitrógeno en los productos orgánicos promueven un gran número de vías del ciclo del nitrógeno que se analizó en el Capítulo 4.: volatilización amoniacal, nitrificación del amoníaco, mineralización de la fracción orgánica e inmovilización de la fracción mineral.

Estos procesos se desarrollan a la vez y según cinéticas muy diferentes: muy corto plazo para la volatilización (diez días), varias semanas par la nitrificación, de uno a varios años para la mineralización e inmovilización orgánica. (T. Morvan, 1992).

Todas las transformaciones, procesos, dinámicas, etc. se conocen en sus aspectos globales, pero hasta el momento están poco cuantificados dado que las mediciones son muy difíciles de realizar. Esto provoca que a pesar de que haya una abundante teoría y literatura al respecto, ante situaciones concretas (edáficas, climáticas, de prácticas de cultivo, etc.), sea prácticamente imposible evaluar con suficiente grado de exactitud el alcance de cada uno de dichos procesos y el resultado final del conjunto.

La eficiencia del nitrógeno total del lisier, respecto a los abonos minerales, varía notablemente para cada cultivo en relación a la época de distribución, reduciéndose además al aumentar la dosis.

Tal eficiencia a veces aumenta en relación a la textura del suelo, con el aumento de porosidad.

En la tabla siguiente se presentan los coeficientes de equivalencia de diferentes residuos de explotaciones ganaderas respecto a un fertilizante nitrogenado

Estos coeficientes de equivalencia representan la parte del nitrógeno total del producto orgánico que tendría el mismo efecto sobre el cultivo que un fertilizante mineral de referencia (nitrato amónico).

Como puede observarse por los autores, están obtenidos en áreas de condiciones agroclimáticas muy diferentes a las nuestras. Se aportan por tanto como información orientativa y deberán ser utilizados con las consiguientes reservas.

### Coeficientes de equivalencia a fertilizante nitrógenado

EFECTO DIRECTO						
Cultivo	Cereales		Maíz		Praderas	
Epoca de reparto	Otoño	Primav.	Otoño	Primav.	Otoño	Primav.
A	0,15	0,15	0,20	0,30	0,20	0,23
B	0,20	0,30	0,30	0,45	0,35	0,40
C	0,20	0,40	0,30	0,60	0,35	0,45
EFECTO POSTERIOR						
A	0,35		0,50		0,60	
B	0,20		0,32		0,40	
C	0,13		0,20		0,25	

SLUIJSMANS (Holanda)  
D. ZIEGLER (1991. Engrais de ferme)

#### Tipo de producto:

A: *Estiércol de vacuno, ovino, caprino, caballar*

B: *Purín de vacuno, estiércol de cerdos, estiércol de aves*

C: *Purín de cerdos, aves, estiércol de aves pobres en materia seca, purines*

#### Actuaciones

Al objeto de limitar la contaminación de las aguas por nitratos, a continuación se detallan las épocas más aconsejables para la fertilización en diferentes cultivos, atendiendo a su estado fenológico y al tipo de abono.

Además, en cada cultivo, se aporta información complementaria para facilitar la evaluación de la problemática particular.

## 1. Cereales de otoño-invierno

Teniendo en cuenta los resultados de la experimentación propia y las conclusiones de los estudios de otros técnicos nacionales y comunitarios, se evitará en lo posible, considerando las condiciones climáticas coincidentes con los primeros estadios de estos cultivos, el abonado nitrogenado en la sementera. Se efectuará en cobertera en los momentos de máxima necesidad, principalmente durante el inicio del ahijado y principio de encañado (estado de espiga 1 cm de la base del tallo).

Según zonas climáticas y disponibilidad de riego o no, se aplicará el nitrógeno en una o dos coberteras. Cuanto más seca sea la zona de cultivo, mayor razón para la aplicación de una sola cobertera. Desde el punto de vista de la contaminación agroambiental, en las condiciones agroclimáticas de Navarra, no tiene ninguna razón el fraccionamiento del nitrógeno en tres coberteras. La última de las aportaciones se retrasaría en exceso corriendo el riesgo de que la ausencia de lluvias hasta el otoño, favoreciera inclusive el lixiviado del nitrógeno en esta época. En regadío puede preconizarse esta tercera aplicación, ajustando la dosis total, sobre todo cuando se intenten lograr mayores niveles de contenido proteico en el trigo (mayor calidad).

Para todo lo referente a la distribución de la dosis total en las diferentes coberteras, según zona de cultivo, tipo de suelo o precedente consultar el Anejo I sobre recomendaciones de fertilización de cereales.

Por lo que respecta a la forma química del nitrógeno en el fertilizante, según la experimentación desarrollada, en nuestras condiciones, no tiene incidencia significativa en los rendimientos del cereal ni apenas en la calidad. Normalmente, la forma ureica resulta ventajosa desde el punto de vista económico. Medioambientalmente su incidencia dependerá de las oportunidades instantáneas que tenga de ser lixiviada puesto que es muy soluble. Por otra parte, en condiciones adecuadas de humedad y temperatura en el suelo, es rápidamente transformada a la forma amoniacal que como se sabe es fuertemente retenida por el complejo arcillo-húmico del suelo.

Si desde el punto de vista medioambiental se debe aplicar el criterio de limitar al máximo las pérdidas por lixiviación, se deducen las siguientes recomendaciones:

- **Nitrógeno Nítrico:** En el encañado y en el espigado.
- **Nitrógeno Amoniacal:** En el ahijado y encañado.
- **Nitrógeno Nítrico - amoniacal:** En el ahijado y encañado.
- **Nitrógeno Ureico:** En el ahijado y hasta inicio de encañado.
- **Purines y estiércoles:** Las parcelas con cultivo de cereales se prestan perfectamente a recibir aportaciones de purines y estiércoles. Por la problemática específica de estos productos, se analizan independientemente a continuación.

La utilización de purines en los cereales debe estar orientada bajo una serie de premisas:

- a) Racionalidad en la aportación de nutrientes al cultivo receptor.
- b) Coste de transporte y reparto.
- c) Riesgo de contaminaciones nítricas de las aguas.

La combinación de todos estos factores en cada una de las distintas zonas agroclimáticas obliga a crear una tabla de decisión para poder establecer, aunque sea de modo aproximado, operativas de uso lógicas.

En la página siguiente se presenta en forma de gráfico de simple interpretación la tabla de decisión referida al cultivo de cereales de otoño-invierno. Las características climatológicas de cada campaña deberán matizar y ajustar la información contenida en dicho gráfico.

Además es necesario hacer las siguientes consideraciones técnicas a los periodos destacados como «recomendables»:

□– Adelantar las aportaciones tratando de que el cereal esté en el estado fenológico de pleno ahijamiento.

– Homogeneizar todo lo posible el producto y reparto. A este respecto es importante señalar la importancia de los reglajes y regulaciones de los equipos de distribución.

– Determinar con la mayor exactitud posible la riqueza en nitrógeno del producto. Es necesario tener siempre presente que lo que importa son las unidades fertilizantes que se reparten, no los metros cúbicos.

Estas precauciones son debidas a que en todas las zonas y sobre todo en las más secas, existe un riesgo elevado de que tras la aplicación de purines sobre el cereal, se produzcan periodos prolongados sin precipitaciones, con el consiguiente daño para el cultivo. Estos daños pueden ser de cierta importancia sobre todo si el reparto se ha hecho de forma irregular o demasiado tarde (equivalente a lo que puede suceder cuando se aplican soluciones nitrogenadas a partir de inicio de encañado).



## **2. Colza**

Este cultivo ha perdido importancia en Navarra pero sigue habiendo posibilidades técnicas para su aprovechamiento.

Aún con las diferencias de matiz correspondientes, la filosofía de fertilización nitrogenada en lo concerniente al fraccionamiento, reparto, épocas, etc., es la misma que para los cereales de otoño-invierno.

Este cultivo queda circunscrito a los secanos de las zonas de Baja Montaña, Zona Media y con muchos más limitantes a la Zona Intermedia. En regadío no alcanza niveles de rentabilidad que lo hagan interesante.

Serán de aplicación, por tanto, las mismas consideraciones que se hicieron para los cereales en estas zonas, tanto en lo relativo a los fertilizantes minerales como a los productos orgánicos.

## **3. Maíz grano y maíz forrajero**

Este es un cultivo importante en los regadíos de Navarra. En los secanos, sólo aparece en las condiciones más húmedas de la zona Norte; su presencia es mínima y siempre ligado a las explotaciones ganaderas.

Es un cultivo de verano cuya recolección se realizará normalmente a final del año o en los dos primeros meses de año siguiente. Este ciclo vegetativo condicionará la estrategia de fertilización que básicamente ha de consistir en lo que se propone a continuación:

En presembrado se aplicará 1/5 de la dosis total del nitrógeno en forma amoniacal, nítrico-amoniacal o ureica. En cobertera, se aplicarán los 4/5 restantes.

La cobertera se hará normalmente en una sola aplicación. No obstante, se deberá fraccionar este aporte cuando el cultivo se lleve a cabo en terrenos muy filtrantes (arenosos o terrazo y glacis). La forma del nitrógeno a utilizar será nítrico, nítrico-amoniacal o ureico. En el caso de una sola aplicación en cobertera se realizará cuando las necesidades del cultivo empiezan a ser crecientes, es decir a partir de que la planta tiene como media 6 a 8 hojas.

En el caso de riegos de maíz por aspersión, el sistema permite controlar mucho mejor el consumo de nitrógeno y por lo tanto se fraccionarán los aportes en tres veces como mínimo, situando el último de ellos antes de la floración masculina.

En estos cultivos son factibles las aplicaciones de purines desde mediados de febrero hasta la siembra de los mismos (fin de abril a mediados de junio). Igualmente, son susceptibles de recibir aplicaciones en cobertera siempre y cuando se disponga de medios para realizar un reparto uniforme.

Diapositiva nº 9

*El maíz en regadío se comporta como uno de los cultivos más exigentes en nitrógeno. Es necesario ajustar perfectamente las aportaciones y momento de aplicación para evitar pérdidas por lixiviación sobre todo en terrenos muy ligeros.*

#### **4. Arroz**

Este cultivo se localiza en zonas especiales del regadío. Actualmente, en Navarra, las superficies han alcanzado una cierta importancia superando la cifra de las 1.500 ha.

Se trata de otro cereal de verano pero con peculiaridades muy especiales al cultivarse durante la casi totalidad de su ciclo vegetativo en condiciones de inundación de la parcela.

Según los datos de la experimentación, en nuestras condiciones, se muestra más eficiente la aportación de la dosis total inmediatamente antes de la siembra y antes de meter el agua, por lo tanto, la única fertilización recomendada es en fondo.

Puesto que en Navarra, el cultivo se desarrolla en situación de lámina de agua no circulante, las formas de nitrógeno recomendadas son la amoniacal y la ureica.

En casos de necesidad del cultivo, puede recurrirse a una ligera aportación de cobertera, que deberá hacerse en estado de inicio de ahijamiento y con formas amoniacales o nítrico-amoniacales.

## **5. Remolacha**

Aportar 1/3 de la dosis antes de la siembra con el nitrógeno en forma amoniacal, nítrico-amoniacal o ureica.

Los dos tercios restantes de la dosis total se aplicarán, uno en el aclareo y otro un mes después, aproximadamente. Las formas recomendadas son nítrica y nítrico-amoniacal.

La remolacha podrá recibir perfectamente, cuando en la rotación sea cabeza de alternativa, una dosis importante de abono orgánico, bien hecho y con bastante anticipación a la siembra. Estos productos orgánicos podrán ser estiércoles, lisieres, gallinaza, compost o lodos digeridos de depuradora.

## **6. Patata**

Este cultivo, en Navarra, tiene dos zonas de producción muy diferenciadas. Una en la zona Norte orientada a la producción de patata de siembra y otra en los regadíos del Sur orientada a la producción de patata de consumo.

La producción de patata de siembra afecta a una superficie muy pequeña, de menos de 400 ha, que por tipología de cultivo y la proporción en la zona no implica riesgos de contaminación nítrica.

En regadío se produce patata temprana, de media estación y tardía y por tanto se trata de un cultivo de desarrollo a finales de primavera y verano.

Suele ir en cabeza de alternativa y agradece mucho el abonado orgánico. Las aplicaciones de productos orgánicos (estiércoles, compost, gallinaza o purines) se realizarán antes de la siembra y se enterrarán con las labores de preparación del suelo.

Las aplicaciones de fertilizantes minerales que se realicen antes de la siembra serán a base de productos con nitrógeno en forma amoniacal o ureico.

En cobertera, se aplicarán los fertilizantes nitrogenados en dos veces: en la bina y quince días después, ya que absorbido demasiado tarde alarga la vegetación a costa de la formación de tubérculos. Las formas químicas de estos productos serán nítricas o nítrico-amoniacales.

## **7. Tabaco**

Este cultivo tiene en Navarra una presencia testimonial de aproximadamente 100 ha.

En plantación se aplicarán 2/3 de la dosis total de nitrógeno bajo las formas amoniacales, nítrico-amoniacales o ureica.

La cobertera consistirá en la aplicación del tercio de nitrógeno restante en forma nítrica.

Admite la aportación de productos orgánicos, (estiércoles, gallinaza, purines etc.) a condición de que estén bien hechos. Estos productos se aplicarán con suficiente antelación a la plantación huyendo de las épocas de mayores riesgos de pérdidas por lixiviación.

## **8. Girasol**

Este cultivo se desarrolla en los secanos de la Baja Montaña, Zona Media y Zona Intermedia y en los regadíos. En este caso como cultivo extensivo dedicado a los enclaves de menor potencial agronómico.

Es un cultivo con pocos requerimientos en cuanto a aportaciones de fertilizantes. En los secanos, al ser un cultivo de verano, el limitante fundamental será la disponibilidad de recursos hídricos. Previendo la escasez de precipitaciones, se recomienda una sola aportación y relativamente reducida, previa a la siembra. En regadío se aportará igualmente una dosis reducida, normalmente en una sola vez con antelación a la siembra. En ambos casos la forma química del nitrógeno será amoniacal, nítrico-amoniacal o ureica.

Admite perfectamente la aplicación de efluentes zootécnicos aplicados con anterioridad a la siembra. El periodo de aportes posibles será desde salida de invierno hasta las referidas fechas de siembra.

En el caso de este cultivo, que rentabiliza mal las aportaciones de fertilizantes del año, si se hacen aportaciones de productos orgánicos, se pueden suprimir perfectamente las aportaciones de fertilizantes químicos.

## **9. Hortalizas**

Bajo este concepto incluimos una amplísima gama de cultivos caracterizados por desarrollarse bajo un mayor grado de intensificación del sistema productivo. Mayor inversión en materias primas, energía, especialización, mano de obra, etc. Prácticamente todas las especies, con la excepción del espárrago, se producen en condiciones de regadío.

En Navarra se cultivan normalmente en explotaciones de mediana o reducida dimensión, parcelas pequeñas, riego a manta y con clara vocación hacia la agroindustria.

Las dos características vertidas anteriormente de riego y vocación productiva, están evolucionando hacia riegos localizados y ampliando significativamente la oferta al mercado en fresco.

En suma, este panorama da idea de que en esta Comunidad, a pesar de la existencia de un sector hortícola relativamente importante, no se llega a los grados de intensificación de otras zonas españolas de la costa mediterránea o andaluza.



Diapositiva nº 10

*La horticultura entraña un alto grado de intensificación y por tanto se corren mayores riesgos de aportaciones excedentarias de nitrógeno.*

Esta menor intensificación de los cultivos hortícolas se traduce por consiguiente en un menor empleo de fertilizantes de todo tipo (nitrogenados incluidos), en alternativas menos exigentes y por tanto en menores riesgos de contaminación nítrica de las aguas freáticas y superficiales.

De cualquier forma, esto no evita la necesidad de aplicar criterios de racionalidad de fertilización nitrogenada en estos cultivos que aunque superficialmente no representan una parte importante de la Superficie Agrícola Util del territorio navarro, sí introducen un nivel de riesgo mayor que otros de carácter más extensivo.

Por otra parte, en los enclaves en los que se alcanza un grado de intensificación más elevado será necesario orientar con mayor rigor las prácticas de abonado nitrogenado, acordes con la limitación del riesgo de contaminación.

Con estos cultivos se puede hacer dos grandes grupos a pesar de que algunos sean difíciles de encajar y otros puedan estar en ambos grupos:

Hortícolas de inicio de cultivo primaveral y ciclo estival: tomate, pimiento, espárrago, patata, berenjena, cebolla, calabacín, pepino, melón, judía verde etc.

Cultivos de implantación de fin de verano-otoño o salida de invierno, cuyo ciclo se va a desarrollar en periodos mas fríos, de otoño e invierno: lechuga, escarola, coliflor, brócoli, cardo, alcachofa, puerro, etc. El caso de la alcachofa es un poco especial pues en nuestras condiciones, plantada en agosto, aún en el caso de un cultivo anual, aguanta en el terreno hasta el mes de junio del año siguiente.

Cada uno de estos grupos, por las diferentes condiciones climáticas con que van a coincidir durante su desarrollo, debieran tener diferentes políticas de abonado tanto por lo que respecta a la optimización de los resultados técnicos como por lo que atañe a la reducción del riesgo de la contaminación nítrica.

No obstante, se considera que en estos cultivos, para lograr los mejores resultados en ambos objetivos, no es trascendental la organización de las épocas de aporte de los fertilizantes.

El hecho de producirse en los regadíos de la zona Sur, implica baja pluviometría en cualquier época del año y por lo tanto poca incidencia de este factor en los procesos de lavado. Por ello, los aspectos mas importantes que se debieran controlar son:

- Gestión y manejo del riego.
- Organización de la alternativa.
- Dosis total de nitrógeno por cultivo y en la alternativa.

Estos aspectos serán analizados en posteriores apartados. A pesar de ello, se aportan las siguientes orientaciones para ambos grupos de cultivos en cuanto a épocas de aplicación, fraccionamiento y formas químicas del nitrógeno más convenientes:

CONCEPTO	CULTIVOS ESTIVALES	CULTIVOS INVERNALES
Fraccionamiento de nitrógeno	En preplantación (presiembr) y en cobertera	En replantación (presiembr) y en cobertera
Proporción en preplantación	1/3 a 1/2 de la dosis total	1/3 de la dosis total
Formas de nitrógeno en preplantación	Ureica, amoniacal y nitrico-amoniacal	Amoniacal, nitrico-amoniacal y ureica.
Cobertera	2 ó 3 aportaciones y la mayor antes de los momentos de máximas necesidades, evitando aplicaciones masivas con riesgo de lixiviación.	1 a 3 aportaciones y la mayor antes de los momentos de máximas necesidades, evitando aplicaciones masivas con riesgos de lixiviación.
Formas del nitrógeno de cobertera.	Ureico, amoniacal y nitrico-amoniacal	Nítrico, y nítrico-amoniacal
Aportación de estiércoles y purines	Con la mayor antelación posible a la plantación, utilizando productos muy hechos y teniendo en cuenta rebajar dosis de fertilizantes minerales	Con la mayor antelación posible a la plantación, utilizando productos muy hechos y teniendo en cuenta rebajar dosis fertilizantes minerales.
Epocas posibles de aplicación de estiércoles y purines	Cualquiera, evitando: - las aplicaciones en suelos con exceso de humedad durante posibles periodos de lluvia. - dar riegos copiosos tras el reparto	Cualquiera, evitando: - las aplicaciones en suelos con exceso de humedad durante posibles periodos de lluvia. - dar riegos copiosos tras el reparto.

Las recomendaciones prácticas de abonado, aún cuando se precisen con mayor exactitud a nivel local, se basarán en las que se incluyen en el Anejo III

## 10. Fruticultura de regadío

Se hará referencia fundamentalmente en este epígrafe a los cultivos de manzano, peral, melocotonero, cerezo y ciruelo. Entre todos ellos ocupan en los regadíos de Navarra una superficie de unas 2.600 ha.

Existen también algunas plantaciones, normalmente pequeñas y diseminadas, en los secanos más húmedos de la zona Norte. En conjunto no superan las 200 ha. por lo que no nos centraremos en ellas.

En estos cultivos no se presenta la misma problemática que en las hortalizas puesto que en este caso se trata de un cultivo plurianual. No obstante, tienen en común la dosificación total y el manejo del riego como elementos claves en la definición del riesgo de contaminación nítrica de las aguas.

A nivel de Navarra, tanto para riego por inundación como en riego localizado (fertirrigación), están definidas las estrategias de fertilización racional para cada cultivo y situación.

En este apartado no nos vamos a centrar en la dosificación de nutrientes sino en la forma de realizar los repartos. A continuación se presentan un conjunto de orientaciones en forma de tabla:

CONCEPTO	RIEGO POR INUNDACION	RIEGO LOCALIZADO
Estercolado de plantación	No superar las 60 t/ha. de estiércol de ovino o el equivalente de otras especies. Serán 40 t/ha. si se localiza en la fila de plantación.	No superar las 70 t/ha. de ovino o equivalente de otras especies. Serán 40 t/ha. si se localiza en la fila de plantación.
Fraccionamiento de nitrógeno	Repartir en 2 ó 3 veces según ciclo de la variedad.	Fraccionar las aportaciones a lo largo de todo el ciclo ajustando la dosificación a las necesidades del cultivo.
Dosificación del fraccionamiento del nitrógeno en preplantación	1/3 previo inicio actividad vegetativa y resto ajustando a la evolución de exigencias nutritivas.	No aportar hasta comienzo de actividad vegetativa. Después, actuar según punto anterior.
Formas de nitrógeno	<b>1ª aportación:</b> Ureica, amoniacal y nítrico-amoniacal. <b>Posteriores aportaciones:</b> amoniacal y nítrico-amoniacal.	Los adecuados para fertirrigación
Cobertera	2 ó 3 aportaciones y la mayor antes de los momentos de máximas necesidades, evitando aplicaciones masivas con riesgo de lixiviación.	1 a 3 aportaciones y la mayor antes de los momentos de máximas necesidades, evitando aplicaciones masivas con riesgo de lixiviación.
Aportación de estiércol y purines	Es factible la aplicación de purines, dirigidos a las calles, siempre en ausencia de fruta.	Idem caso anterior pero reduciendo la dosis de un 10 a un 20%.
Epocas posibles de aplicación de estiércoles y purines	Desaconsejado: Dic. a 15 de febrero en caso de calles sin cubierta vegetal. Posible el resto del año evitando: - las aplicaciones en suelos con exceso de humedad durante posibles periodos de lluvia. - dar riegos copiosos tras el reparto.	Desaconsejado: Nov. a 15 de febrero. Posible el resto del año evitando: - las aplicaciones en suelos con exceso de humedad durante posibles periodos de lluvia. - controlando los riegos
Calles con cubierta vegetal	Recomendable a partir del 2º - 3º año de cultivo.	Recomendable a partir del 2º año de cultivo pero factible según tipo de riego.

Las recomendaciones de fertilización en cuanto a dosis totales de nitrógeno, aún cuando se precisen localmente se basarán en las que se incluyen en el Anejo IV.

## **11. Almendro**

Este cultivo tiene en Navarra, como en el resto de las regiones españolas, un marcado carácter de marginalidad.

Se le dedican en nuestra comunidad alrededor de 4.200 ha, de las cuales unas 900 figuran como de regadío pero deben considerarse de regadío eventual con muy escasa dotación de agua. A nuestros efectos, se considerarán en la totalidad como de secano.

Por sus características de cultivo marginal, es un cultivo de bajos inputs destacando claramente las restricciones en fertilización.

Cuando se realicen aportaciones, se harán a la salida de invierno, aprovechando la posibilidad de lluvias que permitan poner el nutriente al alcance de las raíces

La formas a utilizar serán ureica, amoniacal o nítrico-amoniacal.

Es también un cultivo susceptible de recibir aportaciones de purines con las restricciones pertinentes de evitar aplicaciones en los periodos de lluvias importantes y de extremar las precauciones con la consiguiente reducción de dosis en terrenos muy filtrantes y con pendientes elevadas.

## **12. Olivo**

La situación de marginalidad de este cultivo en Navarra está evolucionando para pasar a ser considerado en la actualidad un cultivo con posibilidades.

La superficie dedicada al olivo es de unas 2.300 ha la mayor parte de ellas en secano.

Es uno de los cultivos donde la fertilización representa menor riesgo de contaminación nítrica por lo reducido de las dosis empleadas.

La aportaciones se concentran además al inicio de la actividad vegetativa lo que supone que el nitrógeno disponible será absorbido por el propio cultivo. La formas químicas del nitrógeno serán ureica, amoniacal o nítrico-amoniacal.

Las aportaciones de purines, estarán sujetas a las mismas consideraciones que las comentadas para el almendro.

### **13. Viña**

Este es un cultivo importante en Navarra al que se dedican unas 20.000 ha. Ocupa superficies considerables en las zonas Media, Intermedia, Semiárida, Árida y algo en Baja Montaña. Se encuentra mayoritariamente en condiciones de secano, si bien, se van incrementando las superficies de regadío.

La fertilización nitrogenada se restringe a dosis mínimas aplicadas a finales de enero y febrero, localizada en las calles con reja localizadora.

Las formas químicas del nitrógeno de los fertilizantes serán ureica, amoniacal o nítrico-amoniacal

La aplicación de residuos ganaderos suele consistir en una estercoladura previa a la plantación y enterrada con las labores de preparación. Esta aportación no superará las 50 t/ha.

Agronómicamente no se está recomendando la aportación de efluentes ganaderos sobre la superficie cultivada salvo casos muy especiales.

Las recomendaciones de fertilización nitrogenada, como para el resto de los cultivos, se presenta de forma resumida en el Anejo IV

### **14. Alfalfa**

Este cultivo es tradicional en los regadíos de la Ribera de Navarra. Ocupa actualmente unas 7.200 ha fundamentalmente en condiciones de riego por inundación.

Por su condición de leguminosa, las aportaciones de fertilizantes nitrogenados son prácticamente nulas. Únicamente se recomienda la aportación de nitrógeno a parcelas con cultivo en condiciones problemáticas y en cualquier caso no se debe pasar de las 40 - 50 UF de N/ha.

Cara a la problemática de contaminación nítrica, el riesgo se incrementa en el momento de levantar el cultivo. En este caso se recomienda la implantación a continuación de otro cultivo exigente que pueda aprovechar el nitrógeno nítrico liberado o que se vaya liberando.

La restricción de mínimos aportes nitrogenados a este cultivo descarta la posibilidad de utilizarlo de forma eficiente para recibir aplicaciones de residuos ganaderos salvo que dichas aplicaciones consistan en dosis mínimas. En este caso se recurrirá a una aplicación al comienzo de la actividad vegetativa (marzo-abril).

Es un cultivo recomendable en la alternativa por su capacidad de absorber nitrógeno de las capas profundas del suelo. Estudios recientes demuestran que en alfalfa, las pérdidas de nitrógeno por lixiviación, son muy inferiores a las de otras leguminosas anuales de enraizamiento más superficial y de mucha mayor degradabilidad.

## **15. Praderas temporales (siega), permanentes y pastizales**

Desde el punto de vista estadístico, en Navarra, bajo el concepto de praderas y pastizales se integra una parte importante de la superficie territorial. Concretamente mas de 35.000 has. No obstante, hay que matizar que este agrupamiento integra pastizales de muy diverso uso y potencialidad, con problemáticas de gestión medioambiental totalmente diferentes.

Por la dedicación de superficie y por la importancia como base territorial de las explotaciones ganaderas, en este apartado se hará una amplia referencia a estas orientaciones productivas teniendo en cuenta que así como en lo concerniente a cultivos (herbáceos o leñosos), el ITG Agrícola dispone de una amplia base de referencias técnicas que le capacita para la emisión de recomendaciones de fertilización, este papel en cuanto a praderas y pastizales, lo desempeña el Instituto Técnico y de Gestión Ganadero (ITG Ganadero).

### **Praderas temporales**

Por praderas temporales se designa a las praderas diseñadas como un cultivo clásico, fundamentalmente a base de gramíneas en pureza o casi pureza, de ray-grass inglés, ray-grass italiano, dactilo, festuca etc, que se dedican a la siega y con un aprovechamiento en turno corto o muy corto (2-3 años como máximo). Se pueden presentar tanto en regadío como en secanos húmedos.

En este cultivo, se aplicará nitrógeno nítrico, amoniacal o nítrico-amoniacal después de cada corte. No obstante, serán las necesidades del propio cultivo de forraje las que marquen el momento de aplicación del nutriente.

Al final del invierno se aplicará nitrógeno amoniacal o nítrico-amoniacal.

El nitrógeno ureico es menos eficaz en praderas que las demás formas de nitrógeno.

En el inicio del otoño, para favorecer el ahijado de las gramíneas, se aplicará nitrógeno en forma nítrico-amoniacal.

Los estiércoles y lisieres se aplicarán en la época de salida de invierno-primavera o inicio de otoño, fuera de las épocas de comienzo y actuación de los efectos del drenaje.

## **Praderas permanentes**

Con el nombre de praderas permanentes se definen las superficies cubiertas por una amplia gama de especies botánicas, con predominio de las familias de gramíneas y leguminosas que por su capacidad de rebrote tras la eliminación de su parte aérea, son capaces de permanecer sobre el terreno a lo largo de varios años sin necesidad de siembras o resiembras anuales. Su sistema de explotación es semi-intensivo, con uno o dos aprovechamientos por siega (ensilado y/o henificado) y el resto de aprovechamientos «a diente».

Son propias de secanos frescos de las áreas de influencia atlántica. Vegetan bajo climas de invierno suave y húmedo, con veranos poco rigurosos de temperaturas medias menores de 30 °C y cierto nivel de pluviometría, con lo que el periodo estival de déficit hídrico es corto.

Se asientan sobre suelos de toda gama de texturas, generalmente ácidos, con contenidos bajos de fósforo y medio-altos en potasio. El nivel de materia orgánica es alto como consecuencia de las aportaciones de deyecciones del ganado.

En cuanto a la fertilización nitrogenada, se van a contemplar por separado las tres posibilidades:

### **a) Fertilización nitrogenada mineral**

La norma práctica para elegir la fecha del primer aporte de nitrógeno es la de T-200 (integral térmica 200°C) contada a partir del 1 de enero.

En estos momentos las pluviometrías suelen ser altas, las temperaturas bajas y la actividad vegetativa de las plantas ralentizada. Por lo tanto, no se recomienda utilizar nitrógeno nítrico ni ureico para evitar riesgos de escorrentía y lixiviación. Se utilizará nitrógeno en forma amoniacal de acción mas retardada y con menores riesgos de volatilización dado el pH ácido de los suelos.

Si el primer aprovechamiento se hace «a diente», es suficiente con 40 UF de N/ha. Si el primer aprovechamiento es por siega, se debería completar el aporte anterior con otras 20-40 UF de N/ha bajo forma nítrica o nítrico-amoniacal ya en periodo de crecimiento activo de la pradera y no mas tarde de los 50-60 días antes de la fecha de siega prevista. Si no hubiera que realizar aportaciones de fósforo y potasio, se podría aportar todo el nitrógeno (50-60 UF de N/ha) de una sola vez en este momento y evitar el aporte inicial.

Tras cada aprovechamiento (siega o diente), el nitrógeno que se aporte será en forma nítrico o nítrico-amoniacal. La dosis oscilará entre 40 UF de N/ha si el siguiente aprovechamiento es a diente y 60-80 UFde N/ha si es por siega. Lógicamente se aplicarán estas dosis si son de esperar buenas condiciones para un crecimiento activo de la pradera.

En los meses de verano no se harán aportes de nitrógeno para favorecer el desarrollo de las leguminosas.

En otoño, el aporte que se haga para posibilitar un aprovechamiento a diente y favorecer el ahijado de las gramíneas, será en forma nítrica o nítrico-amoniaco, normalmente sin pasar de 40 UF de N/ha.

### **b) Fertilización nitrogenada orgánica**

A través de las deyecciones del ganado que pasta una pradera, se aporta sobre ella una cantidad importante de nitrógeno en diversas formas químicas.

Un nitrógeno de acción fertilizante rápida con efecto nutritivo inmediato a su incorporación, procedente en su mayor parte de las deyecciones líquidas, y otro nitrógeno de acción fertilizante retardada a los años siguientes a su incorporación al terreno, procedente en su mayor parte de la fracción sólida de las deyecciones sumadas a los restos vegetales no digeridos de la ración forrajera de los animales (celulosa, ligninas, etc. de las paredes celulares) y los propios restos vegetales no consumidos por el ganado.

Dependiendo de la carga ganadera y de las extracciones (siegas), la mineralización de nitrógeno neta anual puede ser superior o inferior al nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable aportado anualmente por pastoreo, con lo que se pueden presentar déficits o acumulaciones de nitrógeno que obligarán a variar el calendario de fertilización de estas praderas.

Las deyecciones del ganado en pastoreo también tienen un efecto notable sobre la estructura del suelo, mejorándola y facilitando la circulación de aire y agua por su interior y por tanto el desarrollo y penetración de las raíces. Esto en definitiva, mejora el poder interceptor de nitrógeno por parte de la vegetación.

Al contrario, el pisoteo del ganado y el paso de los tractores y aperos agrícolas, compacta estos suelos, dado que son cultivos en los que no hay trabajo de la tierra durante bastantes años.

### **c) Fertilización biológica**

Dado que en la composición botánica de estas praderas figuran plantas de la familia de las leguminosas, también se da una fijación biológica del nitrógeno atmosférico, dependiendo su importancia de la presencia relativa de dichas leguminosas frente a otras especies.

Al igual que en las praderas temporales, la aplicación de los estiércoles y purines se hará en la época de salida de invierno-primavera o inicio de otoño, fuera de los periodos de comienzo y actuación de los efectos del drenaje. En todo caso se tendrán en cuenta estos aportes para reajustar la fertilización mineral.

## **Pastizales**

En principio vale la misma definición que la dada para praderas permanentes, con la salvedad de que su aprovechamiento es solamente a diente y por tanto, dependiendo de la carga ganadera, habrá un mayor o menor aporte de nitrógeno orgánico, pudiendo llegar incluso a una acumulación neta anual de humus.

La mayor o menor productividad de estos pastizales depende de otros factores ajenos a la gestión de la fertilización nitrogenada (climatología, carga ganadera, tipo de pastoreo, características edáficas del terreno, etc.) por los que en general, no serán necesarios aportes de nitrógeno exterior, ni orgánico ni mineral. Previo a todo, deberá estar la corrección de los factores externos.

## 9. La aplicación de fertilizantes a terrenos inclinados y escarpados

Al objeto de identificar y clasificar los terrenos de cultivo por su pendiente se presenta el siguiente cuadro:

<b>CLASIFICACION DE PENDIENTES</b>	<b>%</b>
Pendientes muy suaves y suaves .....	menos del 8%
Pendientes suaves y medias .....	de 8% a 15-20%
Pendientes medias y fuertes .....	15-20% a 40%
Pendientes fuertes y muy fuertes .....	más del 40%

En general los suelos con pendientes uniformes inferiores al 3% se consideran llanos y no es necesario adoptar medidas particulares para controlar la erosión.

Los suelos con pendientes uniformes que no superan el 10% en un mismo plano, se consideran como de pendientes suaves.

Pendientes uniformes entre el 10 y 20 % se consideran pendientes moderadas. El valor de 20% se considera que marca aproximadamente el límite a partir del cual los sistemas agrícolas con laboreo permanente pueden presentar serios problemas.

Aparte de que la escorrentía no se produce de la misma manera según que la pendiente sea uniforme o que existan rupturas, no puede ser definido a priori un límite de pendiente para la distribución de abonos pues los riesgos de escorrentía dependen además de los siguientes factores:

- de la naturaleza y del sentido de implantación de la cubierta vegetal.
- de la naturaleza del suelo.
- de la forma de la parcela, del tipo y sentido del trabajo del suelo.
- de la naturaleza y del tipo de fertilizante.
- del clima.

### ***Naturaleza de la cobertura vegetal***

Conviene distinguir los suelos desnudos de los enteramente cubiertos de vegetación. Como norma general, la cubierta vegetal disminuye los riesgos de escorrentía de forma sensible.

En lo que concierne a los cultivos perennes en línea (plantaciones leñosas), la técnica de cubrir con hierba las calles es una buena práctica para limitar los riesgos de escorrentía. La limitación a esta práctica está en las disponibilidades hídricas. En el caso de los secanos de las zonas del sur en cultivos como almendro, olivo, espárrago y vid, habría una clara competencia entre el cultivo y la cubierta vegetal por un recurso muy escaso.

Para evitar la posible escorrentía en caso de lluvias instantáneas importantes (tormentas), debiera optarse por soluciones que arranquen desde la instalación del cultivo y condicionen la ubicación de barreras estructurales (surcos, caballones etc.) según las curvas de nivel.

### ***Naturaleza del suelo***

⇒ **Textura:** La escorrentía se ve favorecida en los suelos de textura fina (tipo arcilloso o arcillo-limoso). Por el contrario, los suelos muy filtrantes (tipo arenoso), la limitan.

⇒ **Estructura:** Los suelos de estructura desfavorable (debido a fenómenos de compactación, apelmazamiento, etc.), favorecen la escorrentía. Por el contrario, los suelos de buena estructura la limitan. La mejora de la estructura del suelo puede ser realizada por el agricultor implantando ciertas prácticas culturales (laboreo oportuno del suelo, manejo de la materia orgánica, rotaciones, uso de materiales adecuados, etc.).

⇒ **Profundidad del horizonte impermeable:** La escorrentía puede estar condicionada por la presencia en el perfil cultural de un horizonte menos permeable o de una capa de similares características, creada artificialmente por el tipo de prácticas culturales. Esta capa puede ser muy superficial (ej. costra superficial), o más profunda (ej. suela de labor).

### ***Forma de la parcela y trabajo del suelo***

La forma de la parcela puede tener alguna influencia sobre la escorrentía. El trabajo del suelo debe realizarse de forma que se limiten las pérdidas de abonos líquidos (minerales y estiércoles).

Es recomendable que las labores de trabajo de suelo se realicen en el sentido adecuado para favorecer la retención del agua. Como detalle particular, en caso de reparto de purines y estiércoles, se deberá circular en sentido perpendicular a la pendiente para evitar la posible escorrentía por las rodadas de la maquinaria.

### ***Naturaleza y tipo del fertilizante***

Los riesgos de arrastre en suelos en pendiente son mayores para las formas líquidas (abonos líquidos, purines, lisieres) y menores para las formas sólidas (abonos sólidos, estiércoles).

Independientemente del tipo de fertilizante sólido o líquido, influirá además la coincidencia del aporte con la aparición de lluvias importantes o en caso de riego por aspersión, la dosis de agua aplicada.

En suelos desnudos, con fuerte pendiente, se aconseja el enterramiento de los fertilizantes.

### ***Clima***

En consonancia con lo comentado en el punto anterior, las distribuciones de abonos en periodos en que la pluviometría sea elevada, aumentan los riesgos de contaminación nitrogenada de las aguas por escorrentía.

### **Actuaciones**

Para limitar el aumento de los riesgos de transporte de nitrógeno, propiciado por la pendiente, se recomienda realizar la aplicación de los fertilizantes de tal forma que se haya asegurado previamente, en la medida de lo posible, que se suprime la escorrentía. Como recursos más significativos a tener en cuenta están:

- Cobertura vegetal.
- La elección de los sistemas de laboreo (épocas, máquinas, tipo de labor, dirección, profundidad etc), más adecuados según la naturaleza del suelo.
- Cultivos de protección y siembra entre líneas.
- Cultivo siguiendo las curvas de nivel.
- Cultivo en fajas.
- Sistemas de terrazas.
- Instalaciones de infraestructura diversa.
- La forma de la parcela.
- Elección del tipo de fertilizante.
- Elección de las épocas de aplicación de los fertilizantes.
- Aumento del contenido en materia orgánica.

De otra parte, se recomienda no utilizar ciertos equipos de distribución, como por ejemplo los cañones de aspersión con presión alta (superior a 3 bares en el aspersor), cuando se pretendan repartir los fertilizantes líquidos.

Se recomienda, además, mantener con hierba ciertos desagües, setos y taludes, así como los fondos de laderas.

Es necesario precisar estas recomendaciones, todo lo que sea posible, teniendo en cuenta el contexto local. A este respecto se incluye el siguiente cuadro orientativo sobre el problema de erosión por pendientes que concierne a Navarra.

### Leyenda del Mapa de erosión actual en Navarra.

	<b>UNIDAD</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>%</b>
1	Areas cultivadas con erosión ligera o nula. Se dan otros procesos de degradación.	132.043	12,66%
2	Areas cultivadas con cierta pendiente y erosión hídrica moderada.	123.769	11,87%
3	Areas cultivadas con bastante pendiente que sufren erosión hídrica fuerte.	162.473	15,58%
Resto	Areas no agrícolas ( forestales, pastizales, infraestructura, etc.)	624.431	59,89%
	<b>TOTAL NAVARRA</b>	<b>1.042.716</b>	<b>100%</b>

Como puede apreciarse, es un porcentaje importante sobre la superficie agraria útil, de la suficiente entidad como para tenerlo en consideración a la hora de establecer itinerarios técnicos sobre producciones implantadas en terrenos de estas características.

10. La aplicación de fertilizantes en terrenos muy saturados, inundados, helados o cubiertos de nieve

Se trata de evitar las aplicaciones de fertilizantes bajo condiciones climáticas que agraven ulteriormente la infiltración o la escorrentía, teniendo en cuenta especialmente los tipos de abonos y las condiciones climáticas. Conviene por otra parte ser particularmente vigilantes cuando el suelo está en pendiente.

Aunque la forma química del fertilizante pueda tener cierta influencia en la aparición de riesgos de contaminación en terrenos con la problemática enunciada, se va a prescindir de este aspecto porque puede resultar muy secundario comparado con la propia condición del suelo.

Se consideran las cuatro situaciones siguientes:

- **Suelos helados únicamente en superficie, alternando el hielo y deshielo a lo largo del día.**
- **Suelos completamente helados.**
- **Suelos nevados.**
- **Suelos inundados o encharcados.**

**Suelos helados únicamente en superficie, alternando el hielo y deshielo a lo largo del día.**

En suelos helados únicamente en superficie y deshelados durante el día, la distribución de abonos es posible cualquiera que sea la naturaleza del fertilizante incluidos estiércoles y purines.

#### **Suelos completamente helados**

No se deshuelan durante el día, por lo que hay riesgos de escorrentía en caso de precipitaciones o de deshielo. Sin embargo, el riesgo se mide en función de la frecuencia y de la duración del periodo de hielo. Bajo esta situación, se desaconseja la aplicación de los estiércoles de bovino y ovino, gallinazas, compost, lodos de depuradora y purines de cualquier tipo.

En cuanto a los fertilizantes minerales, solamente se recurrirá a una aplicación en estas condiciones de suelo, siempre en terrenos llanos y si no son de prever lluvias en fechas próximas, cuando se estime que habrá que esperar mucho para entrar en la parcela una vez que se produzca el deshielo.

## **En suelos nevados**

Los riesgos de escorrentía son importantes durante el deshielo de la nieve. Por ello, las distribuciones de purines estiércoles y fertilizantes minerales son desaconsejados.

La distribución es desaconsejable en razón de los riesgos importantes de infiltración y de escorrentía. Además está raramente aconsejada en el plano agronómico, por la incapacidad de la planta para absorber el nitrógeno en estas condiciones.

Suelo inundado o empapado: Por razones lógicas se desaconseja todo tipo de aporte.



Diapositiva nº 13

*Sobre terreno nevado los riesgos de pérdida de nitrógeno aumentan por los movimientos que se producirán cuando se funda la nieve.*

## **Actuaciones**

El cuadro de la página siguiente precisa en qué condiciones son posibles las distribuciones de fertilizantes en suelos helados, inundados, encharcados o nevados. La naturaleza del suelo y notablemente su pendiente deben ser tomadas en consideración.

## CONDICIONES DE DISTRIBUCION

Tipo de fertilizante	Suelo helado superficialmente alternando el hielo y el deshielo a lo largo del día	Suelo completamente helado	Suelo nevado	Suelo inundado o empapado *
<b>Minerales</b>	Posible	En casos límite **	No aconsejable	Desaconsejado
<b>Estiércoles, compost. y lodos</b>	Posible	Desaconsejado	Desaconsejado	Desaconsejado
<b>Purines</b>	Posible	Desaconsejado	Desaconsejado	Desaconsejado

\* Excepto cultivos en medio acuático (arroz).

\*\* La decisión se tomará en función del clima y especialmente de la frecuencia y duración de las condiciones climáticas en cuestión, así como de la naturaleza del suelo y su pendiente.

## 11. Condiciones de aplicación de fertilizantes en tierras cercanas a cursos de agua

Con independencia de la contaminación indirecta de las aguas por infiltración y drenaje debido a la utilización de fertilizantes, existe el peligro de afectar las aguas superficiales de forma mucho más directa como consecuencia de la aplicación de dichos fertilizantes en las proximidades de cursos de agua a los cuales pueden ir a parar durante la propia aplicación o inmediatamente a ella si no se guardan las debidas precauciones.

Antes de aportar fertilizantes del tipo que sean (orgánicos o minerales), conviene delimitar bien el terreno donde no deben aplicarse nunca.

Se deberán atender los siguientes condicionantes:

### ***Naturaleza de la orilla***

La topografía y la vegetación pueden, según los casos, favorecer o limitar las proyecciones o la escorrentía dependiendo de :

- Presencia o no, de taludes (altura, distancia a la orilla, etc.)
- Pendiente más o menos acentuada de la margen.
- Presencia y naturaleza de la vegetación (bosques en galería, prados, setos).

### ***Zonas inundables***

Deben considerarse ciertos casos particulares:

- Las orillas inundables de los cursos de agua.
- Las orillas de las corrientes de agua costeras sometidas al régimen de mareas (no aplicable al caso de Navarra).

### ***Naturaleza y forma del fertilizante***

Los riesgos de arrastre por proyección o escorrentía pueden ser tanto más importantes cuanto que los abonos se presenten en forma de elementos finos (ejemplo: gotitas de abonos líquidos, gránulos de abonos minerales de poca masa) y que las condiciones climáticas sean favorables (viento, lluvia).

### ***Equipo de aplicación***

Ciertos equipos de aplicación pueden favorecer las proyecciones (distribuidores centrífugos, esparcidores de estiércol, cañones aspersores); otros, la escorrentía en caso de paradas del equipo (barra para abonos líquidos, cuba de purín, etc.).

Igualmente, la regulación del equipo así como el jalonamiento de las parcelas son dos aspectos determinantes a considerar para asegurar la precisión de la aplicación.

### ***Caso de los ganados pastoreando***

El pastoreo al borde de los cursos de agua no parece acarrear riesgos importantes de proyección o escorrentía.

El abrevamiento concentrado de los animales directamente en las corrientes de agua debe evitarse en la medida de lo posible.

### **Actuaciones**

Dejar una franja de entre 2 y 3 metros de ancho sin abonar, junto a todos los cursos de agua. Los sistemas de fertirrigación en riego por aspersión trabajarán de modo que no haya goteo o pulverización a menos de 3 a 5 m. de distancia a un curso de agua, o asegurar que la deriva no pueda alcanzar dicho curso.

Para reducir el riesgo de contaminar aguas subterráneas, los efluentes y desechos orgánicos no deben aplicarse a menos de 50 m de una fuente, pozo o perforación que suministre agua para el consumo humano o se vaya a usar en salas de ordeño. En algunos casos se puede necesitar una distancia mayor.

Se recomienda mantener las orillas o márgenes con hierba y vegetación.

En los equipos de reparto, abonadoras, remolques esparcidores de estiércol o cubas de purines, mantener en perfecto estado de funcionamiento los sistemas de orientación y regulación a fin de que en la pasada por las proximidades al curso de agua o punto a proteger, puede reorientarse la proyección y evitar que los productos fertilizantes sobrepasen la distancia límite marcada.

12. Capacidad y diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, y medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados como el forraje ensilado

Es importante evitar que en las instalaciones ganaderas y anexos, se produzca la evacuación directa en el entorno de líquidos que contengan deyecciones animales o efluentes de origen vegetal, de forma que se pueda prevenir la contaminación de las aguas subterráneas o superficiales por escorrentía o por infiltración en el suelo.

Deben considerarse tres puntos esenciales:

- La evaluación de los volúmenes a almacenar.
- El sistema de recogida.
- El sistema de almacenaje.

### ***Volumen a almacenar***

#### **Aguas sucias ( del lavado, desperdicios de abrevaderos, deyecciones diluidas)**

Para evitar el tratar con volúmenes importantes, la producción de estas aguas debe limitarse al mínimo. Es preciso evitar que estas aguas sean vertidas directamente al entorno. Deben ir dirigidas preferentemente hacia instalaciones de tratamiento adecuadas (filtraciones, decantación, fosas, embalses, etc.). Si no hay tratamiento, deben recogerse en un depósito de almacenaje propio para ellas, o en su defecto, en el de las deyecciones.

### **Las deyecciones**

El volumen de almacenaje debería permitir contener, como mínimo, los efluentes del ganado producidos durante el período en que su distribución es desaconsejable y si el foso no está cubierto, incluyendo las aguas de lluvia y aguas sucias ocasionales.

Sin embargo, para un período dado, este volumen varía en función de numerosos parámetros: tipo de animales, modo de alimentación, manejo del ganado, etc. Se hace necesario, pues, calcular bien las cantidades producidas, dando un margen de seguridad para evitar desbordamientos eventuales. En el cuadro siguiente se indican las cantidades de deyecciones sólidas y líquidas, así como su composición.

## Deyecciones animales: Producción y composición

Animales	Deyecciones anuales (kg.)		Composición Tipo de deyección	%		
	Sólidas	Líquidas		N	P205	K20
<b>Vacuno:</b>						
Animales jóvenes	3.650-4.348	1.825	Vacuno :			
Animales de 500 kg.	5.840	2.555	Excrementos sólidos	0,35	0,28	0,22
Vacas lecheras	9.125	5.475	Orina	0,70	0,01	1,5-2
<b>Equino:</b>			Equino:			
Caballos 500 kg.	6.205	1.551	Excrementos sólidos	0,50	0,35	0,30
Caballos 700 kg.	9.125	2.737	Orina	1,20	-	1,50
<b>Porcino:</b>			Porcino:			
Cerdos de 40 kg.	365	255	Excrementos sólidos	0,60	0,45	0,50
Cerdos de 80-90 kg.	912	657	Orina	0,30	0,12	0,20
<b>Ovino:</b>			Ovino:			
Corderos de 25 a 30 kg.	219	219	Excrementos sólidos	0,75	0,60	0,30
Ovejas de 40 kg.	365	328	Orina	1,40	0,05	1,9
Ovejas de 60 kg.	547	438				
<b>Aves:</b>			Aves:			
Gallinas	58	-	Deyecciones de gallina	1,40	1,00	0,60
Patos	84	-	Deyecciones de patos	0,80	0,50	0,70

### ***Sistemas de recogida***

Se trata de controlar, en el conjunto de la explotación, la recogida de efluentes de origen animal (deyecciones líquidas o sólidas, aguas sucias) y el rezume del ensilaje. El control debe ejercerse esencialmente sobre dos parámetros: la estanqueidad y la dilución.

#### **Estanqueidad**

Las áreas de ejercicio y de espera y sus redes de alcantarillado deben ser estancas.

#### **Dilución**

Las diluciones (por las aguas de lluvia o las aguas de lavado) deben evitarse (techados). Las aguas de lluvia no contaminadas pueden ser vertidas directamente al entorno.

### ***Sistemas de almacenaje***

En todos los casos, las obras de almacenaje deben ser estancas, de forma que se eviten los vertidos directos en el medio natural. El lugar de implantación y el tipo de almacenaje dependen de numerosos factores (relieve del terreno, naturaleza del suelo, condiciones climáticas, etc.). De cualquier manera, el emplazamiento estará alejado como mínimo 25 metros de los cursos de agua (rios, riachuelos y barrancos).

#### **Almacenaje de los productos líquidos**

Las fosas de almacenaje deben ser estancas.

#### **Almacenaje de productos sólidos**

Los depósitos de almacenaje de los estiércoles y ensilajes deben tener un punto bajo de recogida de los líquidos rezumados ( purines, jugos de ensilajes). Estos últimos pueden ser luego dirigidos hacia la instalación de almacenaje de los líquidos.

La peligrosidad de tales líquidos viene medida por la DBO.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) medida en mg/l de una serie de productos residuales de las explotaciones ganaderas se presenta en la tabla siguiente:

## DBO SEGUN PRODUCTOS RESIDUALES GANADEROS

PRODUCTO	DBO mg/l
Agua sucia ..... (de sala de ordeño y corrales)	1.000 - 2.000
Lisier de bovinos .....	10.000 - 20.000
Lisier de porcinos .....	20.000 - 30.000
Efluente de ensilaje .....	30.000 - 80.000
Leche .....	140.000

En todo caso es necesario tener presente que el problema de sustancias con alta DBO es realmente grave cuando se vierten o entran en contacto directo con las aguas libres. Por contra, si se vierten a las fosas de almacenamiento para su posterior reparto al suelo de cultivo, este problema desaparece como tal en cuanto que se integran en la dinámica de la materia orgánica del suelo.

### Casos particulares de los animales en el exterior

Se evitará la permanencia de los animales, en densidades importantes, sobre superficies no estancas.

En periodos de invernada al aire libre es deseable, en caso necesario, desplazar regularmente el área de alimentación. Si la alimentación se realiza permanentemente en el mismo sitio, el suelo debe estar estabilizado.

### Actuaciones

En la medida de lo posible y allí donde sea necesario, se recomienda que se mantengan impermeables todas las áreas de espera y de ejercicio, en especial las exteriores, accesibles a los animales y todas las instalaciones de evacuación o de almacenaje de los efluentes del ganado.

La pendiente de los suelos de las instalaciones donde permanezcan los animales debe permitir la evacuación de los efluentes. Estos últimos serán evacuados hacia los contenedores de almacenaje.

Se recomienda recolectar las aguas de limpieza en una red estanca y dirigir las hacia las instalaciones de almacenaje (específicas si es posible) o de tratamiento de los efluentes.

Se recomienda almacenar las deyecciones sólidas en una superficie estanca dotada de un punto bajo, de modo que se recojan los líquidos de rezume y se evacuen hacia las instalaciones de almacenaje o de tratamiento de los efluentes.

Además de respetar la reglamentación, se recomienda disponer, como mínimo, de una capacidad de almacenaje suficiente para cubrir los periodos en que la distribución está desaconsejada. Este punto será precisado localmente.

Se aconseja recoger por separado las aguas de lluvia de los tejados y evacuarlos directamente en el medio natural.

13. Aplicación de fertilizantes químicos y estiércoles a las tierras para controlar las pérdidas de nutrientes hacia las aguas

A fin de controlar y evitar el escape de elementos nutritivos hacia las aguas, en este apartado del Código de Buenas Prácticas Agrarias se hace hincapié sobre las dosis a aplicar y sobre las modalidades de distribución.

### ***Dosis de aplicación***

La determinación de la dosis de fertilizante a aplicar sobre una parcela, debe tener como primera referencia, las necesidades del cultivo. Dicha determinación, si está hecha de forma correcta, evitará los excesos en la fertilización y por consecuencia el riesgo de lavado que se origina.

Par poder determinar la dosis de abonado de la forma más exacta posible, conviene asegurar un equilibrio entre las necesidades de los cultivos y los suministrado por el suelo y la fertilización.

Los posibles desequilibrios puede proceder por diferentes factores de entre los que destacamos los siguientes:

#### **a) La sobreestimación del rendimiento calculado**

Conviene evaluar bien el objetivo de rendimiento del cultivo, teniendo en cuenta las potencialidades del medio y el historial de cada parcela. Esto permite precisar las necesidades en nitrógeno para un cultivo dado. Previsiones demasiado optimistas o estrategias excesivamente conservadoras, conducen a errores por sobreestimación por encima de los límites admisibles.

No obstante este parámetro es relativamente fácil de cuantificar en regadío o en zonas de pluviometría media y alta. En condiciones de semiaridez o aridez hay que actuar en escenarios probabilísticos puesto que se realizan las aportaciones sin poder tener ninguna garantía de que se dispondrá en el momento adecuado de la suficiente reserva hídrica para hacer frente a las necesidades requeridas en la elaboración del rendimiento.

#### **b) La subestimación de los aportes propios del suelo**

Conviene calcular bien el suministro de nitrógeno por el suelo que varía según el clima y los antecedentes culturales de la parcela. Este es un punto fundamental pero existen verdaderas dificultades para determinar la cifra exacta para cada parcela y en el momento oportuno.

Dicho valor debiera determinarse al menos por unidades de cultivo homogéneas.

### **c) La subestimación de las cantidades de N contenidas en los efluentes del ganado**

Es preciso tener en cuenta dos factores interrelacionados como son la cantidad a distribuir y su valor fertilizante. Un buen conocimiento de los aportes fertilizantes de los efluentes zootécnicos se hace necesario a fin de efectuar una fertilización racional y sin riesgos contaminantes.

Los puntos descritos anteriormente son los teóricamente ideales en la determinación de dosis ajustada para minimizar pérdidas.

No obstante no son los únicos sistemas por los cuales se puede llegar a ajustar las dosis y poder emitir recomendaciones de abonado racionales.

En el caso de Navarra, donde se dispone de una amplísima red de ensayos de fertilización, tanto en cultivos de secano como de regadío, en los cuales figura siempre un tratamiento testigo ( 0 nitrógeno), se ha llegado a la elaboración de un conjunto de recomendaciones por cultivo que suponen una aproximación importantísima a la determinación de la dosis correcta.

En muchos casos esta dosis recomendada acarrea reducciones importantes sobre las prácticas habituales del agricultor. En otros, incorpora nuevas posibilidades de enfoque en cuanto a productos, fechas de aplicación, sistema de reparto etc.

En el caso de nuestra comunidad, se considera que el haber llegado a elaborar dichas recomendaciones (siempre tratando de eliminar la sobrefertilización y de reducir al máximo las pérdidas de nitrógeno por lixiviación), ha supuesto un avance importantísimo en el campo de la protección contra la contaminación difusa por la utilización de fertilizantes nitrogenados y por tanto dichas recomendaciones deberán estar en la base de actuaciones del presente Código de Buenas Prácticas Agrarias para Navarra.

A título de información, como ya se comentó anteriormente, se adjuntan el Anexo I con las recomendaciones de abonado de cereales, el Anexo II que incorpora un resumen con las recomendaciones de fertilización en cultivos alternativos, el Anexo III con las de hortícolas y el Anexo IV con las correspondientes a cultivos leñosos.

### ***Distribución***

#### **a) Uniformidad**

El aspecto de uniformidad de la distribución debe ser considerado como primordial en el control del riesgo de contaminación proveniente tanto de fertilizantes químicos como de residuos de explotaciones ganaderas.

Es evidente que una mala distribución puede hacer inútil cualquier otro esfuerzo realizado en el ajuste de dosis, programación de riegos, etc. Por lo tanto, es necesario que las explotaciones refuercen los controles en este aspecto. Es básico, por la propia dificultad de manejo de los productos, en el caso de estiércoles y purines.

La irregularidad en la distribución puede llevar a una sobrefertilización puntual con riesgos de lixiviaciones que no se hubieran producido en el caso de haber hecho un reparto homogéneo.

### **b) Homogeneidad de los fertilizantes (calidad constante)**

Este aspecto es importante sobre todo en el caso de los residuos de explotaciones ganaderas. Es útil remover los efluentes zootécnicos (purines, lodos, basuras, etc.) antes de aplicarlos para homogeneizar el producto. Esto permite controlar mejor las dosis a distribuir.

### **c) Regulación del equipo de aplicación**

Un equipo de aplicación bien regulado permite controlar mejor la homogeneidad de la distribución y así luchar contra la sobrefertilización.

## **Actuaciones**

### **1. Se recomienda equilibrar:**

Las necesidades previsibles de los cultivos en nitrógeno, teniendo en cuenta el potencial agronómico de las parcelas y los itinerarios técnicos adoptados.

Los suministros de nitrógeno a los cultivos por el suelo y por fertilización, atendiendo fundamentalmente los puntos que se destacan a continuación:

- ⇒ A las cantidades de nitrógeno presentes en el suelo en el momento en que el cultivo comienza a utilizarlas de manera importante.
- ⇒ A la entrega de nitrógeno por la mineralización de las reservas del suelo durante el desarrollo del cultivo.
- ⇒ A los aportes de nutrientes de los efluentes zootécnicos.
- ⇒ A los aportes de abonos minerales.

**Hasta que no se disponga de la base de conocimientos y de las referencias técnicas suficientes para adoptar este sistema de definición de dosis, la recomendación en este punto del Código de Buenas Prácticas Agrarias será la aplicación de las Recomendaciones de Fertilización emitidas por el I.T.G. Agrícola, I.T.G. Ganadero y Estación de Viticultura y Enología (E.V.E.N.A.).**

2.- Habiendo fijado la dosis, se recomienda fraccionar las aportaciones para responder mejor a las necesidades de los cultivos en función de sus diferentes estados fenológicos y, al mismo tiempo, para revisar a la baja las dosis si el objetivo de producción marcado no puede alcanzarse por causa del estado de los cultivos (limitaciones climáticas, enfermedades, plagas, encamado, etc.)

3.- Para una correcta aplicación de los fertilizantes hay que procurar que las máquinas distribuidoras y enterradoras estén bien reguladas y hayan sido sometidas a un control previo a su comercialización en un centro acreditado, a fin de asegurar unas prestaciones mínimas de uniformidad en el reparto de dichos fertilizantes.

4.- En cultivos en línea, donde sea posible la mecanización de la operación, se recomiendan las aplicaciones localizadas en dicha línea de siembra o plantación. Esto supone una reducción de dosis y mejor aprovechamiento del nutriente por el cultivo y puesto que se produce una desaceleración del proceso de nitrificación, en definitiva, una tasa mínima de lixiviación de nitratos.

14. Gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos y a la proporción de las superficies dedicadas a cultivos permanentes en relación con cultivos anuales.

Mantenimiento durante periodos lluviosos de un manto mínimo de vegetación que absorba el n del suelo, que de lo contrario podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos

En el contexto global de gestión de las tierras agrícolas, se debe contemplar el riesgo de contaminación de las aguas por nitratos procedentes de las tierras de la propia finca tanto a escala de explotación como a escala de la parcela. Esta contaminación está ligada a la presencia de nitrógeno bajo forma mineral susceptible de ser lixiviado hacia las capas freáticas o bajo formas mineral y orgánica, ser arrastradas por escorrentía hacia las aguas superficiales o subterráneas. Se trata, por tanto, de concretar las soluciones técnicas a adoptar a fin de limitar el riesgo de contaminación del agua por los nitratos.

A este respecto, la aplicación de la dosis de fertilizante ajustada es esencial y debe ser considerada como punto de partida.

Las otras soluciones técnicas van a consistir en adoptar itinerarios técnicos específicos para cada cultivo, en el contexto suelo-clima dentro de cada explotación y en función de la rotación de cultivos que se establezca en dicha explotación.

En función del nivel de pluviometría y temperaturas, todo sistema agrícola que deje el suelo desnudo en invierno constituye un factor de riesgo importante.

Teniendo en cuenta que una alternativa se basa en la ubicación de los cultivos en la parcela y la rotación de cultivos, en su sucesión, en el tiempo, la combinación de los dos factores (espacio y tiempo) debería permitir el limitar la superficie desnuda en invierno.

La gestión de un cultivo dentro de una alternativa y en un contexto concreto de suelo y clima puede ser más o menos fuente de contaminación, dependiendo del intervalo de tiempo entre el cultivo que le precede o que le sigue y de la naturaleza, cantidad y tratamiento de los residuos de cada cosecha en particular.

### **Distribución de la superficie agrícola en Navarra**

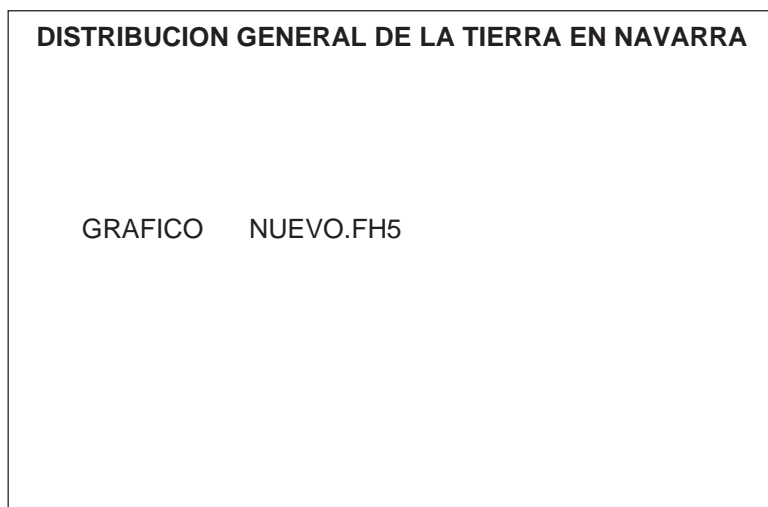
Antes de analizar el tipo de alternativas que con mayor frecuencia se dan en Navarra, se presenta el siguiente análisis sobre la distribución de la superficie agrícola que en muchos casos será causa explicativa de la realización de aquellas.

**Distribución general de la tierra (ha.)  
Total Navarra**

APROVECHAMIENTO	SECANO	REGADIO	TOTAL
<b>Tierras de cultivo</b>			
Tierras ocupadas por cultivos herbáceos	204.227	54.835	259.062
Barbechos y otras tierras no ocupadas	66.595	8.390	74.985
Tierras ocupadas por cultivos leñosos	22.385	10.038	32.423
<b>Total</b>	<b>293.207</b>	<b>73.263</b>	<b>366.470</b>
<b>Prados y pastizales</b>			
Prados naturales	35.968	51	36.019
Pastizales	219.587	251	219.838
<b>Total</b>	<b>255.555</b>	<b>302</b>	<b>255.857</b>
<b>Terreno forestal</b>			
Monte maderable	249.296	185	249.481
Monte abierto	167		167
Monte leñoso	60.355		60.355
<b>Total</b>	<b>309.818</b>	<b>185</b>	<b>310.003</b>
<b>Otras superficies</b>			
Erial a pastos	55.433		55.433
Terreno improductivo	4.207		4.207
Superficie no agrícola	17.665		17.665
Ríos y lagos	29.500		29.500
<b>Total</b>	<b>106.805</b>		<b>106.805</b>
<b>Total Superficie Provincial</b>	<b>965.385</b>	<b>73.750</b>	<b>1.039.135</b>

*Fuente: Negociado de Estadística Agraria (Informe Sectorial 128 A). Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación.*

Para facilitar la interpretación de los valores que figuran en la tabla anterior, se presenta el siguiente gráfico, con los porcentajes correspondientes, integrando conjuntamente el secano y el regadío.



Del apartado **Tierras de Cultivo**, se presenta a continuación la distribución porcentual los diferentes cultivos.

**% de superficies por grupos de cultivos (ha.)**

<b>GRUPOS DE CULTIVOS</b>	<b>%</b>
Cereales grano	56,40
Leguminosas grano	0,33
Tubérculos	0,45
Cultivos industriales	4,05
Cultivos forrajeros	5,80
Hortalizas	4,57
Flores y plantas ornamentales	0,00
<b>Total Cultivos Herbáceos</b>	<b>71,60</b>
Frutales	2,44
Viñedo (cultivo único)	5,70
Olivar	0,63
Otros cultivos leñosos	0,00
Viveros	0,07
<b>Total Cultivos Leñosos</b>	<b>8,84</b>
<b>Barbechos</b>	<b>19,56</b>
<b>Total Cultivos</b>	<b>100,00</b>

*Fuente: Negociado de Estadística Agraria. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación.*

## La rotación de cultivos en el riesgo de lixiviación de nitratos.

Como se ha comentado anteriormente, de cara a controlar el riesgo de contaminación por nitratos, tan importante como la fertilización nitrogenada de un cultivo, es el orden de sucesión (rotación) de las especies.

Este tipo de hechos, confirmados experimentalmente, han llevado a diferentes autores a proponer una clasificación de los diferentes tipos de actividad agrícola.

A título de ejemplo se presenta la siguiente tabla:

### TIPOS DE OCUPACION DEL SUELO Y RIESGO DE LIXIVIACION DE NITRATOS



*Adaptado de Vetter, 1981 in Owen et al, 1986.*

Dada la trascendencia de este tema, se considera necesario establecer una serie de premisas para situar cada uno de los aspectos en su verdadero nivel de importancia:

⇒ En los países europeos existe una alta correlación entre la evolución al alza en el consumo de fertilizantes nitrogenados y los incrementos en los contenidos en nitratos de las aguas superficiales y freáticas.

⇒ Así mismo, se comprueba, que hay una correlación directa entre los sistemas de cultivo y la lixiviación de nitratos, de forma que a mayor intensificación corresponde mayor nivel de contaminación.

⇒ Por otra parte, también se demuestra experimentalmente que la proporción de nitrógeno en los lixiviados procedente directamente de los fertilizantes es baja en general, estando mucho más correlacionada con la evolución de la materia orgánica. No obstante e independientemente del origen, es posible limitar las pérdidas a niveles mínimos mediante una correcta aplicación de las técnicas de cultivo apropiadas.

Según los cuadros anteriores, a nivel de Navarra, más del 93% de la superficie total de Tierras de Cultivo se dedican a cultivos con técnicas de manejo extensivas o muy extensivas. Si bajo esta idea de extensificación agrupamos Tierras de Cultivo más Praderas y Pastizales, resulta que la cifra anterior se eleva a más del 96%. Esto quiere decir que en esta comunidad, la mayor parte del territorio está sujeta a prácticas agrarias que están manejadas con criterios extensivos.

Por el amplio alcance del sistema, inexcusablemente se deben definir actuaciones para este ámbito, a sabiendas de que en este caso, los riesgos de contaminación derivados de un desajuste de la dosificación son en sí mismos proporcionalmente bajos.

El 4 - 5% de superficie agrícola restante, donde se da un nivel de intensificación mayor, representa la parte dedicada a hortofruticultura, fundamentalmente en condiciones de regadío. En estas áreas los riesgos son más altos debido a la mayor tendencia a la sobrefertilización continuada y se impone por tanto una mayor disciplina en es respeto a las recomendaciones técnicas. No obstante, volverán a ser las técnicas de cultivo las que definirán el verdadero potencial de riesgo y en definitiva el control de la lixiviación. Habrá que tener presente además que en estos sistemas desaparecen los barbechos y se reduce enormemente la superficie de suelo desnudo en la época de otoño-invierno. También resulta mucho más fácil la implantación de rotaciones complejas donde se intercalan cultivos de raíces profundas que recuperan gran parte del nitrógeno sub-superficial.

Con toda esta exposición se quiere resaltar que si la contaminación nítrica es un hecho incontestable ligado a la actividad agraria y a la fertilización, en última instancia y en nuestras condiciones, dependerá más de las técnicas de cultivo puestas en juego que de las dosis empleadas siempre y cuando éstas se muevan dentro de un intervalo lógico.

La simple reducción de utilización de fertilizantes nitrogenados no resolverá el problema. Otra cuestión es que resulte más fácil el control de los movimientos de los productos fertilizantes que el de la aplicación de unos u otros itinerarios técnicos de cultivo.

### **Alternativas más frecuentes en la agricultura navarra**

En nuestra comunidad, secano y regadío representan dos escenarios agrarios absolutamente diferentes.

En secano, la aplicación de la reforma de la Política Agrícola Común, en los últimos años, ha llevado a una disminución significativa de la superficie ocupada por cultivos diferente a los cereales. Es frecuente encontrar sistemas cercanos al monocultivo de cereal, con la intervención única de los barbechos.

Los cultivos alternativos al cereal, más frecuentes, son girasol, colza, guisante y forrajes a base de leguminosas (veza y guisante forrajero). Se insiste, no obstante, que la superficie que ocupan es mínima en comparación con el cereal (ver tablas anteriores).

A continuación, a título orientativo, se describen las alternativas más generalizadas en Navarra y totalmente dependiente de los avatares de la PAC.

#### **Alternativa año y vez**

La rotación de cultivos con un año de cereal y un barbecho blanco de catorce meses de duración, es la clásica de nuestra agricultura de «año y vez». El segundo año se siembra la soja que se barbechó el primer año y se barbecha la soja que llevó el cereal el año anterior. La intensidad de cultivo que presenta la alternativa que practica esta rotación es 1/2.

El barbecho no se labra hasta la primavera, cuando hay humedad en el suelo y se facilita el laboreo del suelo. El barbecho, hasta que se laborea, es aprovechado por el ganado ovino que consume los restos del cultivo y toda la vegetación espontánea que se desarrolla.

Este tipo de alternativa se practica en las zonas de mas baja pluviometría ( Zonas Árida y Semiárida) y por tanto no plantea problemas serios de lavado de nitratos. Por otra parte, los restos vegetales del cultivo quedan sobre la parcela limitando los riesgos de erosión los cuales pueden aparecer una vez hechas las labores a causa de tormentas con precipitaciones instantáneas altas.

### **Sistemas agrícolas con rotaciones cereal/barbecho sembrado**

Esta es una opción interesante para los barbechos (obligatorios por la PAC) de las zonas húmedas especialmente (Zona de Baja Montaña y Zona Media)

La mejora de los sistemas agrícolas es patente cuando se incluyen barbechos que se siembran con especies de leguminosas. Esta práctica ha de realizarse con las consiguientes precauciones, sobre todo por que la leguminosa no debe representar una restricción del consumo de agua para el cultivo subsiguiente. Para ello, su desarrollo debe producirse durante los meses del año en que suele existir un buen nivel de reservas hídricas en el suelo.

Las leguminosas forrajeras, al permitir la recolección temprana, puesto que no hay que esperar a la maduración de los granos, no consumen significativamente el agua almacenada.

El suelo cubierto con la leguminosa forrajera ve reducido el riesgo de erosión hidráulica y eólica.

El forraje obtenido puede rentabilizar el coste de las labores y de la semilla empleada.

En las regiones más frías y húmedas puede utilizarse la veza villosa y en las menos frías o con primaveras más cortas, la veza común o el guisante forrajero.

El sembrado de los barbechos puede proporcionar un aprovechamiento forrajero de siega o la posibilidad de mejorar el balance húmico de los suelos mediante su enterramiento como abono verde.

### **Sistemas agrícolas más complejos que mantienen el barbecho**

Debido a que la PAC impone un determinado porcentaje de abandono y la penalización por exceso de superficie de determinadas producciones, la respuesta en las zonas mas húmedas es la de intensificar la utilización de los cereales recurriendo lo imprescindible a algunos de los cultivos alternativos como girasol, colza, leguminosas forrajeras o proteaginosas. En estas situaciones el barbecho se reduce normalmente a lo obligatorio, descontando lo poco que pueda dedicarse a cultivos no alimentarios. El porcentaje de ocupación de estos cultivos alternativos al cereal es de un 10-20%.

En las zonas secas se produce una sucesión de cultivos de cebada, intercalando algún trigo en las mejores parcelas. El barbecho aparece uno de cada 4-6 años dependiendo de las comarcas.

En conjunto como puede deducirse de las tablas anteriores y del análisis de las alternativas, Navarra es, en cuanto a superficie de cultivo, fundamentalmente cerealista.

### **Sistemas Agrícolas en Regadío**

Si como se comentaba anteriormente, secano y regadío, representan dos mundos diferentes, los regadíos de Navarra presentan a su vez un grado de variabilidad que al menos por lo que se refiere al grado de intensificación de las alternativas, conviene destacar.

En primer lugar hay que tener en cuenta que bajo el concepto de regadío se encuadran también las superficies de «regadío eventual» que son zonas con riego ocasional, normalmente durante el invierno y sujetos a la aleatoriedad de la disponibilidad o no de recursos hídricos durante la campaña en curso.

Los regadíos eventuales se orientan a producciones muy extensivas (cereales o cultivos perennes de gran adaptabilidad como olivo, vid, almendro o espárrago). Este tipo de regadíos, a los efectos de riesgo de contaminación nítrica, tienen una problemática similar a los secanos.

Los regadíos en sentido estricto, es decir, los que disponen de dotación prácticamente segura para todos los cultivos del año, soportan a su vez diferentes grados de intensificación.

A continuación se presentan las múltiples opciones de alternativas agrupadas en tres tipos:

#### **Alternativas de regadío extensivas**

La componen cultivos en sí mismos de carácter extensivo con altísima proporción del terreno de la explotación ocupada por diferentes combinaciones de los siguientes:

- Maíz (grano o forrajero)
- Trigo (blando y duro)
- Alfalfa (heno y semilla)
- Girasol oleaginoso.
- Etc.

Se practica en explotaciones medianas y grandes que se complementan normalmente con base territorial en secano.

En estas alternativas no se incluye el barbecho pero ocasionalmente, entre cultivos aparecen periodos prolongados con ciertas parcelas vacías.

### **Alternativas de regadío semi-intensivas**

Se componen de combinaciones muy variadas haciendo intervenir los siguientes cultivos:

Maíz (grano y forraje)  
Trigo (blando y duro)  
Alfalfa  
Girasol  
Guisante de verdeo  
Espinaca para congelado  
Tomate industria  
Espárrago  
Alcachofa  
Coliflor  
Etc.

Varía el porcentaje y la presencia de determinados cultivos pero siempre están presentes y proporciones elevadas los dos primeros.

Esta alternativa es propia de explotaciones medianas y pequeñas que normalmente se complementa también con base territorial en secano.

Además de que en este caso no existe el barbecho, se reducen los periodos de «tiempo muerto» en las parcelas. Así mismo, aparecen los aprovechamientos de tres cultivos en dos años.

### **Alternativas de regadío intensivas**

Intervienen en las explotaciones pequeñas o en las grandes que se tecnifican y especializan.

Las alternativas posibles surgen de la combinación de un sinfín de cultivos entre los que destacan los siguientes:

Tomate de industria (pelado y triturado)	Puerro
Pimiento (morrón y piquillo)	Cardo
Alcachofa	Lechuga
Espárrago	Espinaca
Coliflor	Judía verde (industria)
Brócoli	Maíz
Patata	Trigo
Cebolla	Etc.

Predominan los cultivos hortícolas de altas necesidades en mano de obra sobre el conjunto y los extensivos como maíz y trigo o los hortícolas de recolección mecanizada aparecen como complementarios para cerrar ciclos o para permitir un «descanso» al terreno.

En estas alternativas, aparte de que apenas hay parcelas con tiempos de vacío de cultivo, suelen ser frecuentes los dobles cultivos al año y muy normal la realización de tres cultivos cada dos años.

Como es lógico, en las zonas regables conviven los tres tipos de alternativas, no obstante, hay enclaves del territorio navarro donde predominan uno u otro tipo. Un esquema de localización de los tipos de alternativa es el siguiente:

Ribera Alta (Regadíos del Ebro y afluentes):	Alternativa intensiva y semi-intensiva.
Ribera Alta (Regadíos del río Aragón)	Alternativa extensiva y semi-intensiva.
Ribera Baja (Regadíos del Ebro y afluentes)	Tres tipos de alternativa
Ribera Baja (Margen derecha del Ebro)	Regadío eventual.

### **Cultivos perennes (plurianuales)**

Tanto en secano como en regadío, los cultivos que se asientan sobre el terreno por periodos de mas de tres años consecutivos, merecen una consideración especial y no se analizan conjuntamente integrados en las alternativas.

La explicación es que rompen el ritmo normal de la rotación por un periodo largo y muy singular y por que además de cara al análisis de los riesgos de contaminación nítrica deben ser tratados independientemente.

Desde este último punto de vista, presentan más similitudes con la rutina de un monocultivo (caso del cereal de zonas húmedas o del arroz en parajes con restricciones para otros usos e infraestructura especializada).

Los cultivos perennes mas representativos de la agricultura navarra son:

<b>Secano:</b>	
<b>Zonas Húmedas:</b> Praderas permanentes.	
<b>Resto:</b>	Almendro Viña Olivo Espárrago
<b>Regadío:</b>	Frutales de fruta dulce Viña Espárrago Chopos ¿Areas permanentes de arroz ?

Tanto para secano como para regadío la alternativa supone la presencia de una serie de cultivos en la explotación. Cómo se suceden en la misma parcela, es decir, su aparición en el tiempo, es lo que va a definir la rotación. En este sentido conviene tener en cuenta el cuadro siguiente, en el que se contempla el efecto sobre un cultivo de los cultivos precedentes

### EFFECTO DE LOS CULTIVOS PRECEDENTES

Cultivo	Precedente cultural							
	Trigo	Cebada	Maíz	Remolacha	Patata	Colza	Alfalfa	Girasol
<b>Trigo</b>	R	M	MB	B	MB	B	MB	B
<b>Cebada</b>	B	B	MB	M	MB	B	MB	B
<b>Maíz</b>	B	B	MB	B	MB	B	MB	MB
<b>Remolacha</b>	MB	MB	MB	M	-	B	MB	MB
<b>Patata</b>	B	B	-	-	M	-	MB	B
<b>Colza</b>	R	R	-	MB	-	M	-	B
<b>Alfalfa</b>	B	MB	-	-	M	-	M	MB
<b>Girasol</b>	B	B	B	MB	MB	R	MB	M

*Leyenda:*

**M** - Muy bueno. Descenso de rendimientos despreciables, o como mucho, inferiores al 5%.

**B** - Bueno. Descenso de rendimientos entre el 5 y el 15%.

**R** - Regular. Descenso de rendimientos entre el 15 y el 30%

**M** - Malo. Descenso de rendimientos superiores al 30%

Si bien este cuadro tiene gran valor desde un punto de vista agronómico, no lo tiene tanto como indicador para control de la percolación de nitratos. Sin embargo, es de suponer que si agronómicamente se da una mejor respuesta, se traducirá en un mejor coeficiente de utilización del nitrógeno y por tanto en la reducción neta de las pérdidas de este nutriente.

### **Actuaciones**

Aún a pesar de la gran variabilidad que traen consigo los condicionantes climáticos, se apuntan las siguientes líneas sobre las que incidir para reducir y evitar la contaminación nitríca de las aguas:

#### **Cultivos anuales**

Ajustar las dosis de fertilizante nitrogenado a lo estrictamente necesario (seguir recomendaciones técnicas sugeridas por el ITG Agrícola, el ITG Ganadero y EVENA, incorporando nuevas normas conforme vayan incrementándose los conocimientos técnicos).

Como indica el propio título del presente capítulo, evitar que el suelo esté desnudo, sin la presencia de cultivo, en periodos de riesgo de lavado y lixiviación es un objetivo en sí mismo. A este respecto es necesario mejorar el orden de sucesión de los cultivos teniendo en cuenta el cuadro anterior y los condicionantes agroclimáticos.

En el regadío las posibilidades de lixiviación del nitrógeno son mayores a causa de riegos excesivos que por la propia pluviometría de la zona. Además, el porcentaje de superficie ocupado por cultivos en esos periodos es alta.

No obstante para evitar la posible percolación de nitrógeno se recomienda:

- Cosechar el maíz cuanto antes e implantar rápidamente u cultivo posterior.
- Rellenar con cultivos intermedios los periodos de «no cultivo» de las alternativas de regadío extensivo y semi intensivo.
- No realizar, durante el periodo de riesgo, labores o manejo de suelo, que faciliten la percolación.

En el caso del secano, como se viene diciendo, el riesgo de lixiviación en periodos de lluvias, varía enormemente de unas zonas a otras.

Para las zonas más secas, es evidente que éste no es el aspecto más preocupante. Sin embargo, en las zonas de Baja Montaña y Zona Media sí es de importancia.

En general se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

– Enterrar al menos los rastrojos de las cosechas y cuando sea posible la totalidad de los residuos, pues las cantidades cada vez mayores dejadas por los cultivos bien abonados, han demostrado ser mejorantes del suelo y dotar a este de mayor poder retentivo del agua y en general también del nitrógeno.

– Proteger el barbecho de la erosión sembrándolo con leguminosas, con desarrollo en el periodo de otoño-invierno-primavera, especialmente en las zonas húmedas de mayor pluviometría. El aumento de la superficie no cubierta de vegetación en el período otoño-invierno es una de las causas de pérdida del suelo. Las leguminosas protegen el terreno y proporcionan una buena renta si se recogen en condiciones. El siguiente cultivo tendrá una necesidad reducida de nitrógeno sobre todo al principio de su desarrollo.

– Hacer prevalecer la presencia de cultivos de ciclo largo frente a los de ciclo corto, de implantación (siembra) mucho más tardía. Aplicación, en el caso de cebada de dos carreras, guisante, colza, lino etc.

### **Cultivos perennes**

Por lo que concierne a las praderas se recomienda siempre que sea posible:

- ◆ Ajustar las dosis de fertilizante nitrogenado a lo estrictamente necesario (según recomendaciones técnicas sugeridas por el ITG Ganadero, incorporando nuevas normas conforme vayan incrementándose los conocimientos técnicos).
- ◆ Instalar rápidamente cultivos exigentes en nitrógeno después de levantarla y en los años siguientes (en particular si se trata de una pradera de larga duración).
- ◆ Implantar rápidamente un cultivo exigente en nitrógeno después de una leguminosa.
- ◆ No levantar mucha proporción de praderas en una zona en la misma época.

Por lo que respecta a los otros cultivos perennes, puesto que van a ubicarse en zonas de baja pluviometría o riego controlado, las épocas de lluvias no son tan determinantes del riesgo como en las zonas húmedas.

Al mismo tiempo, en seco, las dosis de fertilizante nitrogenado ya son de por sí muy escasas y por tanto no son problemáticas.

En estos casos las medidas de control se basarán en evitar laboreos excesivamente agresivos para impedir la erosión y no acelerar el proceso de mineralización de la materia orgánica.

En el caso de regadío las dosis de fertilizante nitrogenado son más altas y los posibles excedentes nitrogenados capaces de perderse por lixiviación deberán ser capturados por una cubierta de hierba permanente en las calles de las parcelas.

En el caso particular del cultivo del espárrago tanto en secano como en regadío, donde las dosis fertilizantes suelen ser anormalmente altas y no hay posibilidad de desarrollo de hierba permanente en las calles, la recomendación se centra en ajustar las dosis de nitrógeno y en implantar cultivos muy exigentes en nitrógeno los dos años posteriores a que se levante la esparraguera.

### **En general:**

Para reducir la contaminación de las aguas superficiales por los nitratos, se recomienda, cuando sea factible:

- ⇒ Adoptar técnicas tendentes a limitar la mineralización de los residuos de las cosechas, si en los periodos de riesgo, la siembra o implantación del cultivo siguiente no se puede hacer rápidamente.
- ⇒ Mantener con hierba los fondos de las vaguadas y las orillas de los cursos de agua.
- ⇒ Conservar los árboles, setos y zonas boscosas en los márgenes de los ríos y arroyos.
- ⇒ Arbitrar en la cuenca receptora medios de lucha contra la erosión de los suelos, mediante la combinación de técnicas culturales (laboreo perpendicular a la pendiente, cultivos intermediarios) y de mejora de estructuras (setos, taludes y desagües encespados).

Todas las recomendaciones anteriores deben considerarse como de tipo general, debiendo adaptarse a las condiciones particulares de cada explotación la elección de los cultivos y su secuencia, la proporción entre los de invierno o primavera y el manejo de los residuos de las cosechas.

15. Prevención de la contaminación de las aguas debido a la escorrentía y a la lixiviación en los sistemas de riego

La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas es el resultado no sólo de la aplicación incorrecta de fertilizantes nitrogenados, sino también de un deficiente manejo de los sistemas de riego. Está demostrado que la cantidad de nitrato lavado aumenta de manera importante con el caudal del agua de riego, para un mismo aporte de fertilizante nitrogenado.

El regadío puede facilitar la contaminación nítrica del agua mediante el movimiento de las aguas aportadas, tanto en sentido vertical, desde la superficie a los estratos más profundos (lixiviación), como horizontalmente por escorrentía superficial (lavado).

Los riesgos de contaminación en los regadíos varían según las características del suelo (permeabilidad, capacidad de campo, profundidad, pendiente, nivel de la capa freática, etc.), las prácticas agronómicas (modalidad del abonado, rotación de cultivos, laboreo del suelo, etc.), el método de riego y su utilización.

Las zonas donde el regadío reviste más alto riesgo, presentan al menos una de las siguientes características: suelos arenosos muy permeables y de limitada capacidad de campo; presencia de capa freática superficial (profundidad no superior a 2 m); terrenos superficiales (profundidad inferior a 15-20 cm) apoyándose sobre una roca fisurada; terrenos con pendiente superior al 2-3%; práctica de una agricultura intensiva con aportes elevados de abonos; terrenos ricos en materia orgánica y labrados con frecuencia en profundidad; presencia de arrozales en suelos de permeabilidad media, etc.

Las zonas de riesgo moderado están a su vez caracterizadas: por suelos de composición media granulométrica, de baja permeabilidad y de discreta capacidad de campo, presencia de nivel freático de 2 a 15-20 m; suelos de profundidad media (no inferior a 50-60 cm); suelos de pendiente moderada; aportes moderados de fertilizantes, etc.

Las zonas de bajo riesgo son aquellas de suelos tendiendo a arcillosos, poco permeables y con elevada capacidad de campo, profundos (más de 60-70 cm), con capa freática a más de 20 m y con escasa pendiente.

En riego por aspersión, se han realizado por diversos autores trabajos de investigación rigurosos, que han llevado a la conclusión que es imposible reducir totalmente la percolación de nitratos si se desea seguir manteniendo los niveles productivos actuales; no obstante, las pérdidas pueden reducirse al mínimo (< 20 UF de N/ha), actuando sobre cuatro factores que están bajo el control del regante. Estos factores son: cantidad de agua aplicada, la fuente del nitrógeno, cantidad de nitrógeno aplicada y época de aplicación de dicho nitrógeno.

De todo lo anteriormente comentado se deducen las actuaciones a proponer algunas de las cuales ya se han comentado en apartados anteriores.

### **Actuaciones**

Las acciones que tienden a reducir la concentración de nitratos en las aguas deben considerar en principio la contención de las cantidades de fertilizante aplicado. Esta medida será totalmente insuficiente si además no se complementa con un fraccionamiento adecuado y la correcta gestión del riego.

Una buena práctica de riego debe tratar de evitar la percolación y la escorrentía superficial del agua y de los nitratos en ella contenidos y conseguir valores altos de eficiencia distributiva del agua.

Para conseguir valores elevados de eficacia distributiva del agua, el método de riego desempeña un papel determinante.

Los principales factores agronómicos que influyen en la elección del método de riego son las características físicas, químicas y orográficas del suelo, las exigencias y/o características de los cultivos a regar, la calidad y cantidad del agua disponible y los factores del clima.

El riego a manta, para evitar la pérdida de nitrato en profundidad, debe ser adoptado en terrenos profundos, de textura media a fuerte y para cultivos dotados de sistema radicular profundo.

Cuando se adopta el riego por infiltración lateral (por surcos) conviene recordar que el riesgo de lavado de los nitratos decrece:

- A medida que se avanza en el surco del inicio al final.
- Desde los suelos arenosos, poco expansivos y de alta permeabilidad a los suelos arcillosos, expansivos y de baja permeabilidad.
- Desde los suelos superficiales a los profundos.
- Desde los cultivos con sistema radicular superficial a los de raíces profundas.

En los suelos muy expansivos se desaconsejan los turnos de riego largos, para evitar la formación de agrietamientos profundos a través de los cuales podría perderse notable cantidad de agua hacia estratos inferiores, con transporte a ellos de solutos lixiviados de capas más superficiales.

En el caso de que se practique el riego por aspersión, para evitar pérdidas de nitratos por lavado y escorrentía superficial, será necesario prestar particular atención a la distribución de los aspersores sobre la parcela, a la intensidad de la pluviometría respecto a la permeabilidad del suelo, a la interferencia del viento sobre el diagrama de distribución de los aspersores, a la influencia de la vegetación sobre el reparto del agua sobre el terreno.

En el caso que se efectúe una fertirrigación, para prevenir fenómenos de contaminación, debe ser practicada con métodos de riego que aseguren una elevada eficiencia distributiva del agua; el fertilizante no debe ser puesto en el agua desde el comienzo del riego, sino preferiblemente después de haber suministrado cerca del 20-25% del volumen de agua; la fertirrigación debe completarse cuando se ha suministrado el 80-90% del volumen 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 zona húmeda de tierra seca. Para corregir estas zonas de alta concentración, es conveniente variar periódicamente los caudales y los tiempos de riego.

En cualquiera de las posibilidades analizadas, la utilización de acolchados plásticos permite una mayor eficiencia en el uso de agua y nutrientes. Bajo el aspecto de limitación de la contaminación nitrática de capas freáticas, es una técnica con resultados claramente positivos. No obstante, habrá que reconocer que puede tener otros problemas de afección medioambiental y además no todos los cultivos se adaptan a su uso ni soportan el sobrecoste económico.

16. Descomposición de los residuos  
de cosecha. Interacciones con  
la dinámica del nitrógeno

La observación de la dinámica de evolución del nitrógeno mineral en las rotaciones culturales muestra que las pérdidas de nitrógeno de los sistemas de cultivo se producen fundamentalmente durante el periodo invernal. Cuando la fertilización de dichos cultivos se hace de forma racional, el nitrógeno proveniente de los fertilizantes químicos es mínimo en el suelo tras la recolección y contribuye poco a la contaminación nítrica. Sin embargo, una fertilización mas allá de los límite razonables, provoca un aumento muy rápido de los restos de nitrógeno mineral dejado en el suelo tras la cosecha.

Por otra parte, la mineralización de nitrógeno a fin de verano y de otoño, es un proceso inevitable aunque condicionado por la climatología y la disponibilidad de humedad.

La mineralización de la materia orgánica es importante incluso en condiciones de baja humedad y sin laboreo del suelo. Provoca la producción en superficie de varias decenas de kilos de nitrógeno mineral y es suficiente por sí misma para provocar contaminación nítrica.

Entre las acciones posibles de control de los nitratos lixiviables, entre dos cultivos sucesivos, se hace necesario la gestión de los residuos de la cosecha y será imprescindible además encontrar sistemas económicamente viables.

### **Factores de variación de la descomposición**

De forma esquemática los factores mas importantes que intervienen en la descomposición de los residuos orgánicos de las cosechas son:

- Naturaleza y cantidad de los residuos.
- Las características del suelos en el que serán incorporados.
- Los factores del medio (humedad, temperatura, etc.) que van a controlarlos procesos de descomposición.
- Elementos nutritivos distintos al carbono y especialmente el nitrógeno.
- El tipo de laboreo aplicado que determinará un grado de contacto suelo-residuo.

## Actuaciones

Los restos de cosecha deben gestionarse racionalmente, como si se tratara de la fertilización química, si se quieren minimizar las pérdidas de nitrógeno en el sistema de cultivo.

Básicamente los objetivos serán siempre dos y complementarios:

⇒ Reducir la mineralización de otoño.

⇒ Reducir la percolación del nitrógeno lixiviable que se haya producido.

La forma óptima de proceder será diferente de unas zonas climáticas a otras. Básicamente y centrándonos en las superficies cerealistas, donde se integran además otros cultivos alternativos, atenderemos a las siguientes posibilidades:

### **a) Con quema de restos vegetales o aprovechamiento comercial de dichos restos (empacado)**

Los riesgos aparecen en cuanto no habrá masa orgánica que permita el bloqueo del nitrógeno que se libera en los procesos de mineralización constantes con base en la materia orgánica del suelo y acelerados por medio de laboreos agresivos.

### **b) Con incorporación de restos vegetales**

**i) Zonas húmedas:** En el caso de la paja de cereales, girasol o colza, se deberán aplicar las técnicas que hagan intervenir los residuos como agentes de bloqueo para retener el máximo de nitratos previo al comienzo de los fenómenos de migración así como para minimizar en primavera el efecto depresivo de la reorganización microbiana, por competencia con el cultivo implantado.


Existe experimentación que demuestra que dejando los restos en superficie uniformemente repartidos y retrasando las labores lo máximo posible, acercándose a la siembra, es un buen sistema para reducir los riesgos de lixiviación de nitratos. Igualmente, se disminuyen los riesgos utilizando labores lo menos agresivas posible (siembra directa y laboreo superficial).

**ii) Zonas secas:** La escasa pluviometría ralentiza al máximo los procesos de descomposición e imposibilita los movimientos de las formas móviles del nitrógeno a través del perfil. En estas situaciones, la incorporación de la materia orgánica, por su influencia en otros aspectos físico-químicos del suelo, provoca siempre beneficios netos respecto a la contaminación por nitratos (mejora en la retención de agua, profundidad de enraizamiento, disminución de la erosión y escorrentía etc.)

Tanto para zonas secas como para las húmedas, si cuando se aplican los purines hay una masa importante de residuos de cosecha bien repartida, con alta relación C/N, disminuirán los riesgos de percolación del nitrógeno puesto que se producirá una retención de éste debido a la reorganización microbiana ya referida.

Bajo estos aspectos de boqueo del nitrógeno, la retirada o destrucción total de los restos orgánicos y el laboreo y manejo del suelo como «suelo desnudo» será una práctica desaconsejada.

Una clasificación de los factores técnicos intervinientes, en cuanto a nivel de riesgo de contaminación nítrica por lixiviación en rotaciones con presencia mayoritaria de cultivo de cereales, puede deducirse de la tabla siguiente:

FACTORES DE VARIABILIDAD				
NIVEL DE RIESGO	LABOREO	EPOCA DE LABOREO	RELACION C/N DE LOS RESIDUOS	MANEJO DE LOS RESIDUOS
<div style="text-align: center;"> <p>Mínimo</p>  <p>Máximo</p> </div>	Siembra directa	Lo mas retardada posible antes de la siembra.	Alta relación C/N	Todos los producidos, picados y distribuidos uniformemente en superficie
	Laboreo mínimo		Media relación C/N	
	Laboreo vertical	Retraso intermedio	Baja relación C/N	Restos retirados (empacados), Mantenimiento de rastrojo
	Volteo	Inmediata a la cosecha	Restos frescos de leguminosas deenraizamiento superficial	Quemados

Anejo I  
Recomendaciones de  
fertilizacion en cereales



Anejo II  
Recomendaciones de fertilización  
nitrogenada en cultivos alternativos  
de secano

**RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION  
NITROGENADA EN CULTIVOS ALTERNATIVOS EN SECANO  
(U.F. de Nitrógeno/ ha)**

<b>CULTIVO</b>	<b>DOSIS TOTAL</b>	<b>FONDO</b>	<b>COBER- TERA</b>	<b>Nº COBER- TERAS</b>
GIRASOL	50-100	50	0-50	0-1
LEGUMINOSAS	0-30	0-30	0	0
COLZA Baja Montaña	180-200	0-30	150-200	2
COLZA Zona Media	150-160	0-30	120-160	2
COLZA Zona Intermedia	110-130	0-30	70-130	1-(2)

Anejo III

Recomendaciones de fertilización  
nitrogenada en cultivos herbáceos  
de regadío

**RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION  
NITROGENADA EN CULTIVOS HERBACEOS EN REGADIO  
(U.F. de Nitrógeno/ ha)**

<b>CULTIVO</b>	<b>DOSIS TOTAL</b>	<b>FONDO</b>	<b>COBER- TERA</b>	<b>Nº COBER- TERAS</b>
Alcachofa 1er año				
- Con estiércol	160	0	160	2-3
- Sin estiércol	220	60	160	2-3
Alcachofa 2º año	80	—	80	1-2
Alcachofa riego por aspersión	180-200	60	120-140	3
Alfalfa	0-50	0	0-50	0-1
Ajo	140	40	100	2
Berenjena				
- Con estiércol	120-130	0	120-130	2-3
- Sin estiércol	170-180	0	120-130	2-3
Calabacín	145	45	100	2-3
Cebolla	160	60	100	2-3
Coliflor	175-200	50	125-150	2-3
Col de Bruselas	180-200	50	130-150	2-3
Espárrago secano	100	0	100	1
Espárrago regadío	180-200	—	180-200	2-3
Espinaca (riego aspersión)	140	40	100	3-4
Guisante verdeo	30	30	0	0
Maíz riego a manta				
- Tras maíz	290-300	60-70	230-240	1-3
- Tras horticolas	250	50-60	190-200	1-3
Maíz riego por aspersión	250-260	50-60	200	3-4
Melón riego a surcos	160	50	110	2-3
Patata	110	40	70	2
Pimiento	100-130	0-30	100	2-3
Puerro	150	50	100	2-3
Tomate industria recol. única	90-110	40-50	50-60	2
Tomate industria rec.escalonada	190-200	70-80	120	2-3
Trigo duro (calidad)	180	0	180	3

Anejo IV  
Recomendaciones de fertilización  
nitrogenada en cultivos leñosos  
de secano y regadío

**RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION  
NITROGENADA EN CULTIVOS LEÑOSOS EN (Secano y regadío)  
(U.F. de Nitrógeno/ ha)**

<b>CULTIVO</b>	<b>DOSIS TOTAL</b>	<b>SALIDA DE INVIERNO</b>	<b>PERIODO VEGETATIVO</b>	<b>NUMERO COBERTERAS</b>
Almendo seco	55	30	25	1
Almendo regadío	80	40	40	1
Cerezo riego aspersión	90-110	60	30-50	1
Cerezo riego goteo	80	—	80	1-2 veces/semana
Chopo	50	50	—	0
Manzano riego manta	(*) 140-180	40-60	100-120	2-3
Melocot. riego manta	130-140	50	80-90	2-3
Melocot. fertirrigación	95	—	95	1-2 veces/semana
Olivo	45-80	20-40	25-40	1
Peral	(*) 130-160	50	80-110	2-3
Viña	30	30	—	—

(\*) Variable según ciclo vegetativo

# Anejo V

## Legislación

Directiva del Consejo 91/676/CEE de 12 de diciembre de 1991. (DO nº L375/1 de 31.12.91)

Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero. (BOE nº 61 de 11 de marzo de 1996)

# Bibliografía

Código de Buenas Prácticas Agrarias. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.*

Caracterización Agroclimática de Navarra, 1986. *Francisco Elías Castillo; Luis Ruiz Beltrán.*

Coyuntura Agraria nº 119 Nov.-1996. *Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra.*

Matieres organiques et agricultures, 1993. (*Cinquième forum de la fertilisation raisonnée*).

Factores y medidas de la erosión hídrica del suelo. Erosión hídrica en Navarra. *Curso de Agricultura y Medio Ambiente, Pamplona, 1994. Del Valle, J.; Donezar, M.*)

Contaminación de los suelos agrícolas (*Curso de Agricultura y Medio Ambiente, Pamplona, 1994. Barragán, E.; Bescasana, p.*)

Explotaciones de porcino intensivas y medio ambiente. (*Curso de Agricultura y Medio Ambiente, Pamplona, 1994. Iñigo, J.A.*)

Programación y evaluación del riego como medida reductora del impacto ambiental (*Curso de Agricultura y Medio Ambiente, Pamplona, 1994. Barragán, J.*)

Contaminación por utilización de fertilizantes. (*Curso de Agricultura y Medio Ambiente, Pamplona, 1994. Ansorena, J.*)

Manual de Estadística Agraria. Navarra y Comarcas. 1994. Serie Agraria nº36. *Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra.*

Recomendaciones prácticas de abonado de cereales en Navarra (*San Agustín; J.L.; Irañeta, J. Instituto Técnico y de Gestión Agrícola*)

Recomendaciones prácticas de abonado Navarra (*No publicado. San Agustín; J.L.; Irañeta, J. Instituto Técnico y de Gestión Agrícola*)

Navarra Agraria (*Diversos números; Revista Técnica del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra.*)

Quelles fertilisations demain?. *Premier Forum Européen de la Fertilisation Raisonnée. 1991.*

Analyser et fertiliser en toutes connaissances. *Actes des duxièmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. 1995.*

Naturaleza y Propiedades de los suelos (*Buckman et Brady, 1970*)

La agricultura y la contaminación de agua por nitratos. *C. Ramos y J.A. Ocio Ed.MAPA 1993.*

El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. *H.D. Num. 1/94 HD Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.*

Dossier Environnement. *Perspectives Agricoles - N° 144- Février 1990*

Dossier Environnement (2ème partie). *Perspectives Agricoles - N° 144- Mars 1990*

Science et Agriculture - *Mars 1986.*

Residuos en los acuíferos: agrícolas y urbanos. *De León Llamazares, A. Seminario sobre la aplicación de abonos y enmiendas en una agricultura ecocopatibe.Madrid -1994.*

Contaminación agraria difusa. *Ansorena, J. Sustrai N° 25, 2º trimestre 1992.*