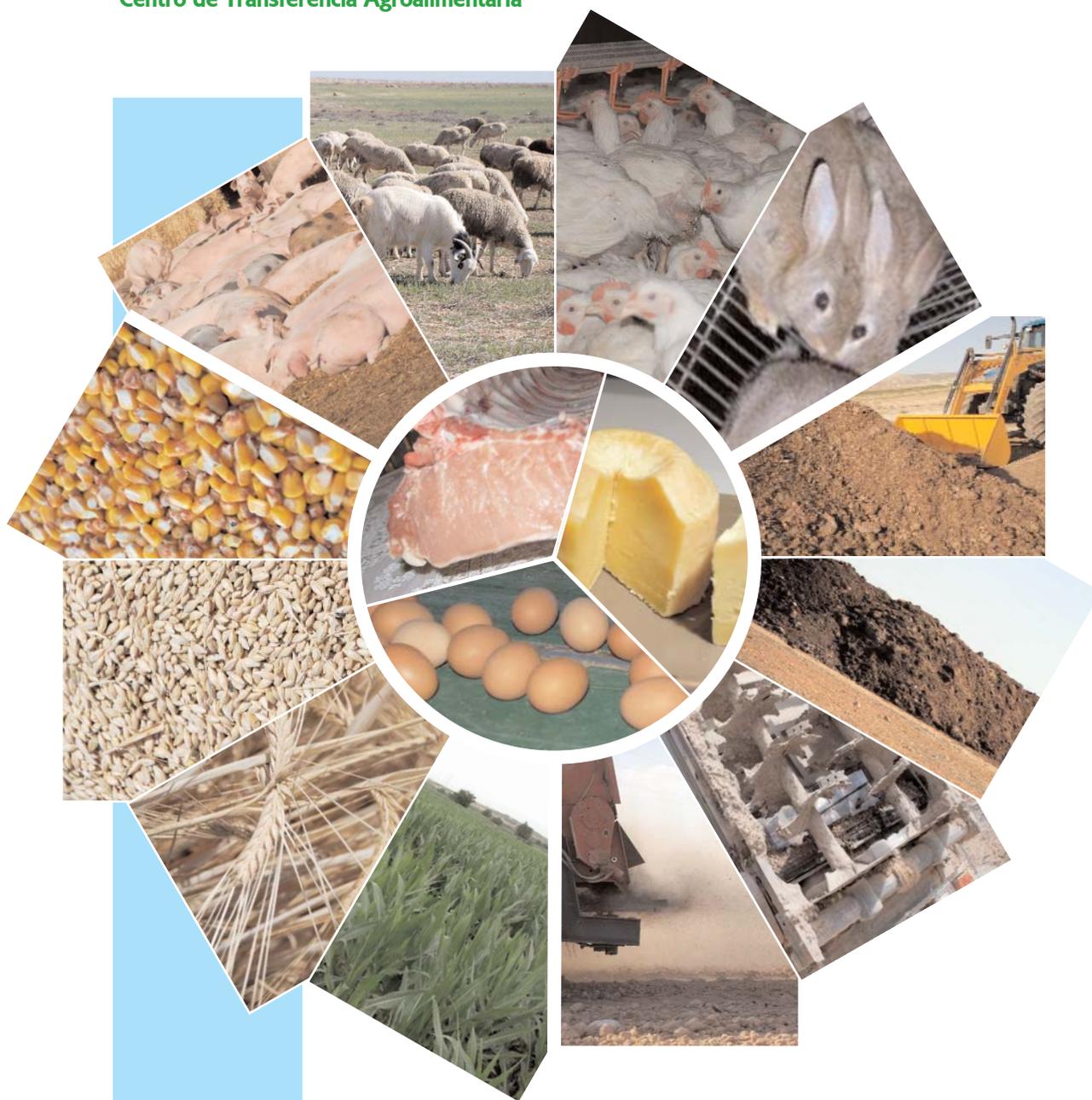


INFORMACIONES TECNICAS

Dirección General de Desarrollo Rural

Núm.268 ■ Año 2018

Centro de Transferencia Agroalimentaria



Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Desarrollo Rural
y Sostenibilidad

Resumen

Esta Información Técnica trata sobre la caracterización de estiércoles (algunos de ellos poco habituales), el establecimiento de pautas y protocolos en la toma de muestras para su análisis, para optimizar su aprovechamiento en la fertilización de los cultivos, e implicaciones agronómicas y ambientales de esta utilización.

Se ha elaborado esta publicación como compendio y resumen de los resultados obtenidos en diversos trabajos de los autores que se citan al final de la publicación (documentos 1, 2 y 3).

Indice

1. Introducción.	2
2. Necesidad del estudio.	3
3. Objetivos.	5
4. Balance de nitrógeno en la producción ganadera.	6
5. Muestreo de acopios de estiércol. Representatividad de la muestra.	10
6. Caracterización de diferentes tipos de estiércoles.	12
7. Equilibrio entre nutrientes en los principales estiércoles. Implicaciones en la fertilización.	24
8. Movimiento de nutrientes en el suelo.	26
9. Conclusiones.	38

1. Introducción

La producción ganadera, en su proceso evolutivo, tiende hacia producciones intensivas, que han permitido obtener productos proteicos más asequibles. En concreto **en Aragón la producción ganadera ha evolucionado hacia un incremento de las especies más industrializadas con intensificación de producciones**, suponiendo en torno al 11,2 % de las producciones españolas de aves, 9,0 % de conejos, 10,6 % de ovino, 5,4 % de bovino, y 27,3 % del porcino de capa blanca (IAEST), ésta última especie con un fuerte desarrollo reciente.

En la transformación de proteína de origen vegetal a proteína animal (carne, leche, huevos), la producción ganadera genera, entre otros, metabolitos nitrogenados que se eliminan fundamentalmente por la orina, y restos no absorbidos de la alimentación, que aparecen en las heces. Permanece pues en heces y orina la fracción nitrogenada residual no absorbida.

Cada una de las especies domésticas tiene en sus producciones una determinada **eficiencia** respecto al nitrógeno contenido en los aminoácidos de las proteínas de su alimentación. Esta eficiencia nitrogenada está en torno a un tercio en especies como el porcino, y en otras, como se constata en este trabajo, en el estudio del balance nitrogenado de la producción de carne de conejo, **hasta dos tercios del nitrógeno ingerido no pasa a las producciones, son desaprovechados en las deyecciones**.

Inherente a la producción ganadera es la generación de estiércoles, que contienen el residuo nitrogenado y el resto de nutrientes no aprovechado de su alimentación. El retorno al suelo de los estiércoles, gestionados como fertilizante orgánico para los cultivos, recicla los nutrientes, incrementa la materia orgánica, y favorece la enmienda orgánica, y la mejora de las propiedades edáficas.

Los estiércoles son considerados subproductos animales no destinados al consumo humano (SANDACH), y no están bajo la normativa de residuos. En este sentido se pronuncia la Comisión europea en su comunicación al Consejo y al Parlamento europeo, en el año 2006: *"El estiércol no se considerará residuo si se utiliza como abono en el marco de una práctica legal de aplicación en terrenos bien identificados (independientemente de si los terrenos están dentro o fuera de la misma explotación agraria que ha generado el estiércol) y si su almacenamiento se limita a las necesidades de tales operaciones de abono"*.

En la actualidad, la **Mejor Técnica Disponible** (MTDs) para la gestión de estiércoles es el **reciclado de los nutrientes como abono de los cultivos**, convirtiendo así lo que pudiera convertirse en un residuo ganadero de compleja depuración en un recurso agrícola de gran interés. La gestión de los estiércoles como fertilizante orgánico en los suelos cultivados permite a las explotaciones ganaderas considerarlos como un subproducto, y a las agrícolas como un recurso de sustitución y complemento de los fertilizantes minerales. El aprovechamiento del estiércol puede suponer una interesante disminución de los costes de producción agrícola.

En las actuales explotaciones ganaderas, en granjas industriales, se generan distintos tipos de estiércoles, a veces muy diferentes al tradicional, el otrora apreciado "fiemo". En la situación anterior a la intensificación, las deyecciones se recogían habitualmente sobre una cama rica en carbono, generalmente paja de cereales, que equilibraba la relación entre Carbono y Nitrógeno (C/N). Estabilizaba así la fracción nitrogenada, que en fases posteriores sucesivas, en un proceso de compostaje natural por fermentación aerobia, se reorganizaba y permanecía estable en forma orgánica.

Hoy la situación ha cambiado, y en las diferentes técnicas productivas de las explotaciones ganaderas, aun dentro de la misma especie, se producen **estiércoles muy diferentes**. En las granjas de producción de carne de ave (pollos, pavos, codornices,...) las deyecciones se recogen sobre una cama de paja de cereales, cascarilla de arroz, viruta de madera, u otro sustrato carbonado, de forma similar al proceso tradicional. En el lado opuesto, todas las fases del porcino, la producción de huevos, y las granjas de conejo, producen sus estiércoles exclusivamente con las deyecciones, que dependiendo de la materia seca, serán pastosas como en las de gallinas de puesta y granjas de conejos, con un contenido en materia seca en torno al 15 %; o en forma de purín como en porcino, en torno al 8% en las explotaciones de cebo de cerdos y en las granjas de producción de lechones incluso por debajo del 4% de materia seca.

Aún dentro de cada técnica productiva, existe una importante variabilidad del estiércol generado en las diferentes fases de producción. Así, en el **purín porcino**, el procedente de granjas de producción de lechones tiene aproximadamente la mitad de riqueza nitrogenada que el de cebo, y en éste pueden darse variaciones altas dependiendo de la dilución asociada al tipo de bebedero.

Debido a esta enorme variabilidad de valores para sus propiedades, que queda patente también en las diferencias entre fuentes de información, la caracterización correcta de estos subproductos requiere analítica de laboratorio, unas tablas detalladas o, en el mejor de los casos, métodos de campo a pie de granja. Se encuentran disponibles métodos de campo, incluso análisis rápido por conductimetría para conocer el nitrógeno amoniacal en purín porcino; también se ha avanzado en el conocimiento de su eficiencia fertilizante en algunos cultivos herbáceos, y de los trabajos experimentales y de investigación en curso se espera conocer su eficiencia en otros cultivos.



2. Necesidad del estudio

En Aragón se producen en torno a 88.000 t de nitrógeno en deyecciones ganaderas, el 55 % son de porcino, y el 45 % del resto de especies ganaderas (I.T. nº 232. Año 2011). En parte por ser minoritarias, y en parte por una casuística mucho más amplia, los estiércoles de estas últimas se han estudiado en menor medida que los purines de porcino. Para optimizar el empleo de los estiércoles como fertilizantes con una aplicación racional, minimizar los posibles riesgos ambientales, y cumplir las limitaciones que la normativa actual exige y, en definitiva, **para una gestión correcta y sostenible de los recursos agroganaderos disponibles, se debe conocer su composición y su eficiencia como fertilizante**.

La gestión de estos subproductos no está exenta de riesgos, el exceso de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, en las aguas superficiales provoca eutrofización, y el nitrógeno en forma de nitratos afectan a la calidad de las aguas subterráneas. Por ello, **la legislación vigente regula la cantidad de nitrógeno aplicable al suelo, y dentro de este establece cuanto puede tener origen orgánico.**

La Directiva 91/676/CEE, relativa a la contaminación de las masas de agua por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, tiene como objetivos fundamentales establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario, fue transpuesta al ordenamiento estatal por el Real Decreto 261/1996, que insta a las Comunidades Autónomas a desarrollar el "Código de Buenas Prácticas Agrarias". En Aragón éste se publicó en el Decreto 77/1997, de obligado cumplimiento en las superficies declaradas como "Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario". Actualmente esas Zonas Vulnerables son las declaradas por Orden de 10 de septiembre de 2013, y los requisitos de gestión de nutrientes dentro de ellas se establecen en el "IV Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables de Aragón" (Orden de 18 de septiembre de 2013).

Respecto a los fertilizantes orgánicos (estiércoles y otros aportes orgánicos), la normativa anterior establece un **aplicación máxima anual en las Zonas Vulnerables equivalente al aporte de 170 kg/ha de nitrógeno**, o las necesidades del cultivo si estas son menores. En el resto del territorio, fuera de las Zonas Vulnerables, se establece un **límite máximo de 210 kg/ha/año de nitrógeno de origen orgánico**, regulado en la comunidad aragonesa por las Directrices Sectoriales sobre Actividades e Instalaciones Ganaderas (Decreto 94/2009, de 26 de mayo de 2009, modificado por Orden de 13 de febrero de 2015).

Conocer la composición nitrogenada de los subproductos orgánicos es pues esencial para concretar la dosis de aplicación, y facilitaría el cumplimiento de la norma y la cumplimentación de la documentación requerida en las Zonas Vulnerables (Libros Registro de fertilización y de Producción y Movimiento de estiércoles). También sería muy útil en el desarrollo y seguimiento de los Planes de Gestión de Estiércoles de las explotaciones que lo requieren (Autorización Ambiental Integrada, Declaración de Impacto Ambiental, Producción Integrada, Producción Ecológica, u otras).

Un mejor conocimiento de la composición de los subproductos orgánicos permitiría incrementar la eficiencia de su utilización en la agricultura, y reducir así los riesgos de contaminación. El problema, en este sentido, es que no siempre se dispone de datos propios, y eso ha obligado a utilizar referencias (tablas de diferentes autores) con datos que no siempre se ajustan a la realidad, debido en general a los diferentes y cambiantes métodos productivos.

Una caracterización fiable ayudará no sólo a quienes deben cumplir la normativa, sino también a **que las recomendaciones técnicas de fertilización sean lo más ajustadas posible.** Permitirá establecer estrategias en la complementación con abono mineral, en su caso, y orientará en la asignación de valor comercial a los subproductos. Su aplicación a los cultivos se haría así mucho más eficiente.

El desconocimiento de la composición y disponibilidad de nutrientes para el cultivo origina incertidumbre en el gestor de la fertilización, que generalmente propende a **infravalorar técnica y económicamente los subproductos orgánicos, lo que conlleva aplicaciones en exceso, con incremento de costes económicos y sobrefertilización**, indeseable tanto por los riesgos que implica para el cultivo por posibles fisiopatías, como por la eventual afección ambiental. El desconocimiento



también puede conllevar aplicaciones insuficientes, con merma en el rendimiento. La respuesta productiva de los cultivos, fuertemente dependiente del nitrógeno disponible en los momentos de máxima demanda, puede verse afectada.

En la práctica diaria, el empleo habitual de términos genéricos como "purines", "gallinazas", hace difícil relacionarlos con una concentración típica de nutrientes. Realmente hay muchos tipos de gallinaza o de purín, y cada uno con características diferentes. En los estiércoles procedentes de la avicultura, la terminología habitualmente empleada es equívoca, así, **expresiones como "gallinaza", "estiércol de aves", "yacija" se utilizan indistintamente**, sin especificar si proceden solo de las deyecciones de las aves de puesta o de estas con sustrato carbonado de cama, como es el caso del cebo de aves. Con amplias variaciones en el grado de humedad en el caso de haber sometido las deyecciones a un proceso de desecación/deshidratación, o grado de evolución/maduración para el caso de estiércol con cama (paja, cascarilla de arroz, viruta de madera) que hayan podido experimentar un proceso de compostaje. También durante el almacenamiento en la explotación o acopio externo, puede haber cambios en la composición por pérdidas de nitrógeno o de carbono, en los procesos de fermentación, con emisiones de efectos ambientales no deseados.

La infrutilización o el empleo inadecuado de los fertilizantes orgánicos está motivado por el desconocimiento en su composición y los pocos trabajos sobre la eficiencia de los nutrientes principales, en concreto del nitrógeno contenido en la fracción orgánica. Los autores conocen como esto sucedía con los estiércoles fluidos porcinos, que eran denostados por sus supuestos efectos negativos, hasta que se ha conocido mejor su composición, la disponibilidad de métodos rápidos de análisis "in situ", y todo ello ha permitido la gestión adecuada.

Caracterizar y profundizar en la eficiencia fertilizante de los subproductos orgánicos redundará en su uso como un recurso interesante para el sector agrícola, con un ahorro económico no desdeñable, reduciendo el consumo de abonos inorgánicos, materias primas y energía. **Este conocimiento mejorará la sostenibilidad ambiental de las explotaciones ganaderas y permitirá el mantenimiento y mejora del recurso suelo.**

La toma de muestras representativas, la caracterización analítica de laboratorio, y la interpretación técnica de los resultados, se revelan imprescindibles para el adecuado aprovechamiento de los productos orgánicos como fertilizantes, tanto para aplicaciones adecuadas en cultivos controlados, como producción ecológica o integrada, como para el cumplimiento de la normativa que regula su empleo, e incluso para no superar el equilibrio entre demanda total de nutrientes para los cultivos y disponibilidad de los mismos en el conjunto de los estiércoles de un área determinada, en una hipotética ordenación de los recursos.

3. Objetivos

1. Estudiar el balance nitrogenado de la producción de carne de conejo y en la carne de pollo (broilers), en su fase de cebo.
2. Establecer una metodología para el muestreo representativo del estiércol que pudiera ser útil en acopios uniformes de estiércoles con cama. Estudiar la variabilidad del producto a diferente profundidad y su evolución.
3. Caracterización de diferentes estiércoles, especialmente algunos minoritarios. Y en algunos casos con diferente grado de madurez.
4. Presentación de resultados que puedan ser útiles en el mejor aprovechamiento de estos subproductos como abono, y poner de manifiesto posibles diferencias con la información disponible en tablas que se emplean como referencia.
5. Cálculo del equilibrio de nutrientes contenidos en estiércoles, y puesta en relación con las necesidades de los cultivos.
6. Estudio de casos de movimiento de nutrientes en el suelo y evaluación de los riesgos ambientales en la fertilización orgánica.

4. Balance de Nitrógeno en la producción ganadera

En la introducción se cita la "eficiencia" respecto a la transformación de nitrógeno para las especies ganaderas. En producción animal el nitrógeno de la proteína del pienso pasa a formar parte de la proteína animal, el resto no absorbido y el residuo metabólico pasa a nitrógeno en las deyecciones. En este apartado se estudia la eficiencia del aprovechamiento del nitrógeno en cebo de pollos (broilers) (*Gallus domesticus*), y en producción de carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (trabajos 1 y 3, respectivamente). Se tendrá así dos ejemplos, de los que la producción de "broilers" pasa por ser la explotación ganadera de mayor eficiencia, que sirven de referencia. En torno a los valores de eficiencia encontrados se han de mover otros tipos de explotación ganadera.

La metodología para realizar estos estudios se ha basado en comparar el nitrógeno que accede a la granja para la alimentación animal o para la cama, "entradas", y el nitrógeno que es obtenido al final en cualquier soporte o se emite por volatilización, "salidas". No se han considerado componentes del balance como el nitrógeno en los cuerpos de los animales a la entrada (caso de broilers), el contenido en el agua de bebida, o el eliminado en cuerpos de animales muertos, por haberse comprobado que son absolutamente despreciables en el conjunto.

4.1. Balance nitrogenado de la producción de carne de conejo.

El estudio del balance de nitrógeno se ha realizado sobre un ciclo anual de producción en una explotación cunícola en ciclo cerrado con inseminación artificial. Utilizando para las entradas de nitrógeno, los datos de pienso consumido en la explotación y para las salidas, el contenido de nitrógeno (básicamente en forma de proteína) en los animales a sacrificio, y el del estiércol.

En la explotación se utilizan 235 toneladas de pienso de tres tipos. El 25% es destinado a las conejas reproductoras, el 50% al engorde de los gazapos en la fase de transición y el 25% a la fase de finalización de cebo. El contenido en proteínas de cada tipo de pienso es de 17,8%, 15,5% y 15,0% respectivamente.

El ciclo productivo de los conejos, realizado en ciclo cerrado, es de 42 días, por lo que se realizan 8,69 ciclos anuales. Se producen 3200 conejos de media en cada ciclo productivo, que se obtienen por inseminación artificial. Cada conejo, cuando sale de la explotación, tiene un peso medio de 2,35 kg. Por tanto, al año se producen 27810 conejos, 65,35 toneladas de carne de conejo vivo. En cada ciclo, 50 conejas son destinadas a la reposición con un peso medio de 4,0 kg cada coneja reproductora.

En la explotación se producen 250 toneladas anuales de estiércol aproximadamente. La caracterización del estiércol fresco de conejo (*tabla 4.1*) se ha extractado del apartado 6.4. "Estiércol de granja de conejos".

Tabla 4.1: Caracterización del estiércol fresco de conejo.

Tipología	Nitrógeno (Ntotal kg/t)	Nitrógeno (N-NH ⁴ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Conejos (smf)	5,7	2,4	5,0	4,6	16,6	78,9
fresco (sms)	27,0	11,4	23,8	22,0	78,6	

Con todos los datos expuestos, la entrada de nitrógeno en la explotación únicamente se produce a través del pienso en la alimentación de los conejos, teniendo en cuenta el contenido proteico de cada tipo de pienso, cada año entran en la explotación 10,45 t de proteína en el pienso de las conejas reproductoras, 18,21 t de proteína en el pienso del crecimiento de los gazapos y 8,81 t de proteína en el pienso de finalización de cebo. **En total, entran en la explotación 37,48 t de proteína anualmente.**

Según el Reglamento (CE) nº 152/2009, de la Comisión, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos, el índice de conversión de nitrógeno a proteínas en el pienso es 6,25. Por tanto, **las entradas anuales de nitrógeno en la explotación son de 6,00 t.**

Las salidas del nitrógeno se producen por tres vías. La primera de ellas en los animales para consumo de carne de conejo, parte del nitrógeno contenido en los aminoácidos de las proteínas de los piensos es asimilado por los animales y utilizado en su desarrollo. La segunda vía de salida de nitrógeno es debida al desvieje de las conejas reproductoras. En cada ciclo de reproducción se sustituyen 50 conejas de reposición. La última vía de salida corresponde a las deyecciones generadas por los conejos, pues todo el nitrógeno contenido en los piensos no asimilado por los conejos es excretado a través de estas.

La primera salida de nitrógeno corresponde a las 65,35 t de carne de conejo producida. Se han tenido en cuenta los datos proporcionados por Maertens L. y col. (Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. World Rabbit Sci.), que establece que hay 29,9 gramos de nitrógeno por cada kilogramo de conejo vivo, esto supone a la salida de la explotación 1,95 t de nitrógeno. La carne de conejo producida representa así el 32,6% del nitrógeno introducido en la explotación. Este porcentaje está en consonancia con los datos bibliográficos, como el "Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Cría Intensiva de Aves de Corral y Cerdos", que indica que los animales en el proceso de crecimiento únicamente aprovechan un tercio del nitrógeno ingerido.

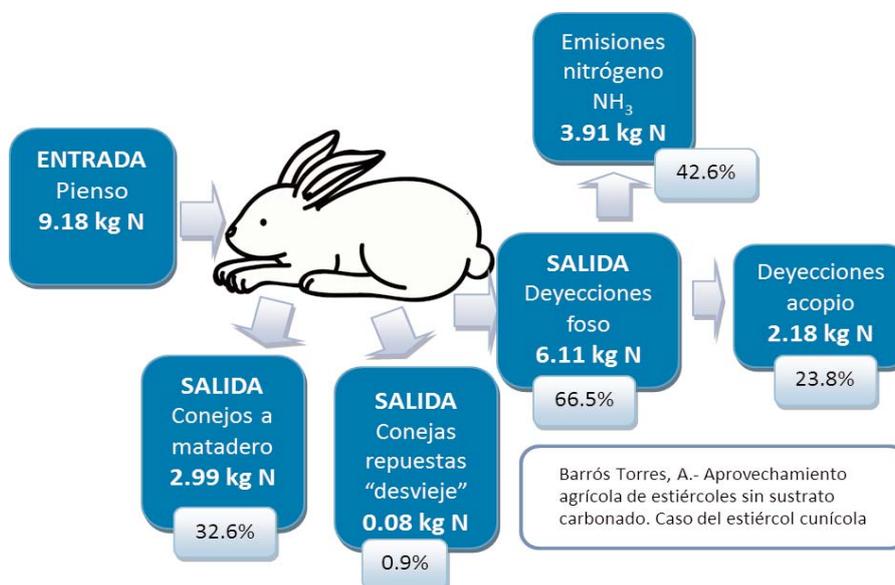
La segunda salida corresponde a las conejas reproductoras que han llegado al final de su vida productiva. Cada año se sustituyen 435 conejas reproductoras, lo que equivale a un peso de 1,74 t de carne de conejo vivo. Teniendo en cuenta los mismos datos del apartado anterior, 29,9 g de nitrógeno cada kilogramo de carne de conejo vivo, esta salida son 0,05 t, un 0,9% del nitrógeno de la explotación.

La tercera y última salida considerada corresponde a las deyecciones, y va a calcularse realizando un balance de materia. Las deyecciones contienen nitrógeno principalmente en forma de amoniaco, que puede volatilizarse en forma de amoniaco.

En la granja entran anualmente 6,00 toneladas de nitrógeno a través del pienso, y salen 1,95 toneladas de nitrógeno en los conejos que van al matadero, y 0,05 toneladas de nitrógeno en las conejas reproductoras que son sustituidas. No se ha considerado el nitrógeno contenido en los cadáveres de los gazapos. Por tanto, a través de las deyecciones deben excretarse 3,99 toneladas de nitrógeno, un 66,5% del nitrógeno introducido en la explotación.

Una parte del nitrógeno contenido en las deyecciones se emite a la atmósfera en forma de amoniaco y la parte restante permanece en las deyecciones cunícolas cuando estas son extraídas del foso y se forma el acopio de estiércol. La cantidad de nitrógeno que permanece en las deyecciones puede calcularse con los datos obtenidos en el análisis del estiércol "fresco" que se presentan en la **tabla 4.1**.

Fig. 4.1.- Esquema del balance de nitrógeno de la explotación estudiada referido a 100 kg de peso vivo producido. (No se considera la pequeña fracción que corresponde a los cadáveres de los gazapos)**



El estiércol fresco contiene 2,70 % en peso (p/p) de nitrógeno sobre materia seca, es decir, 0,57 % p/p sobre materia fresca. En la granja se producen aproximadamente cada año 250 toneladas de estiércol. Por lo tanto, el estiércol extraído del foso cada año contiene 1,42 toneladas de nitrógeno.

En consecuencia, 2,57 toneladas de nitrógeno son perdidas por emisión a la atmósfera, en forma de amoníaco (cabría descontar de allí la pequeña fracción que corresponde a los cadáveres de los gazapos). La emisión de nitrógeno supone así un 42,8 % del nitrógeno que entra a la explotación, y un 64,3 % del nitrógeno contenido en las deyecciones.

La pérdida por emisión de nitrógeno en forma de amoníaco procedente de las deyecciones es elevada comparada con la pérdida en las deyecciones de porcino, las cuales son bien conocidas, el BREF "Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Cría Intensiva de Aves de Corral y Cerdos" cita que en los purines de porcino las emisiones en forma de amoníaco representan el 33 % del nitrógeno que entra en la explotación, y en las aves se desconoce. La pérdida por emisión de nitrógeno de los estiércoles sin sustrato carbonado es debida a la baja relación C/N, lo que provoca que el amonio contenido en las deyecciones no pueda estabilizarse con el carbono y se volatilice en forma de amoníaco.

4.2. Balance nitrogenado de la producción de carne de pollo (broiler) en la fase de cebo.

Dadas las peculiares características de la producción de carne de ave, el estudio del balance se realiza exclusivamente de la fase de cebo (la fase de incubación artificial con consumo energético, no es comparable a la gestación de otras especies).

El estudio se ha realizado en una explotación de cebo de pollo de 20.000 plazas de capacidad ubicada en el valle medio del Ebro con clima continental caracterizado por escasas precipitaciones y fuertes vientos dominantes del NO.

Las entradas de nitrógeno en la explotación corresponden al contenido en el pienso y en la cascarilla de arroz que se utiliza como sustrato carbonado de cama.

Para la alimentación de los pollos se utilizan varios tipos de pienso con cuatro concentraciones de proteína dependiendo del periodo de cría. La cantidad media de proteína en el pienso es de 19,74 %, sin considerar las diferencias de consumo entre fases y su ponderación, por estar los datos próximos, y la cantidad de pienso consumida en cada ciclo productivo es aproximadamente de 80 toneladas. Al igual que en el apartado 4.1., para calcular la cantidad de nitrógeno que contiene el pienso se tiene en cuenta el Reglamento (CE) n° 152/2009 que especifica el índice de conversión de nitrógeno a proteínas en el pienso en 6,25. Por tanto el pienso consumido contiene 2,53 toneladas de nitrógeno.

La cascarilla de arroz utilizada como cama se reparte en una proporción de 3,5 kg/m² en invierno y 1,8 kg/m² en verano, obteniendo una cantidad media de 2,65 kg/m² para los diferentes ciclos productivos a lo largo del año. La nave utilizada para el cebo de los pollos tiene una superficie de 1100 m². Teniendo en cuenta que cada tonelada de cascarilla tiene 3,5 kg de nitrógeno, la entrada de nitrógeno debida a la cama es de 10,20 kg. Destaca el escaso aporte de nitrógeno del sustrato de cama (lo que permitirá equilibrar la relación C/N final del estiércol).

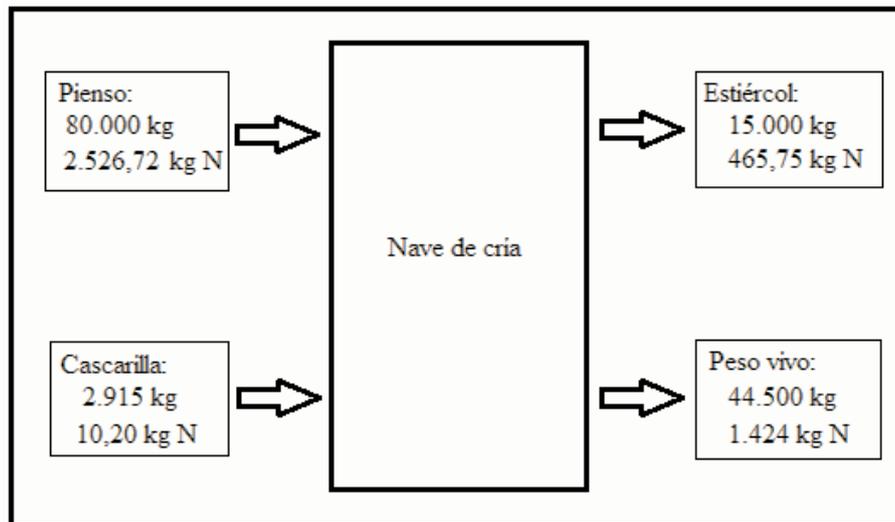
Las salidas de nitrógeno se producen por tres vías. El nitrógeno que contienen los pollos cebados que salen de la explotación, el contenido en el estiércol y el emitido en forma amoniacal a la atmósfera procedente de las deyecciones. No se ha contabilizado la entrada de nitrógeno de los pollitos recién nacidos ni la salida de los cadáveres.

El peso vivo de salida por ciclo productivo en el cebo de pollos (broilers) es de 44,5 toneladas, con un porcentaje de proteína en torno al 20 %, lo que supone 32 g de nitrógeno por kg de peso vivo (aplicando un factor de conversión de nitrógeno a proteínas de 6,25), se obtiene una salida de 1424 kg de nitrógeno, un 56,13 % del nitrógeno suministrado.

Respecto a la segunda salida, en la explotación se producen aproximadamente 15 toneladas de estiércol por ciclo productivo, con una concentración media de nitrógeno de 31,05 kg/t (apartado 6), es decir, 465 kg de nitrógeno por ciclo productivo, un 18,36% del total suministrado.

La tercera salida, el nitrógeno excretado que se emite a la atmósfera en forma amoniacal, se calcula realizando un balance de materia entre las entradas y las dos salidas anteriores. Teniendo en cuenta que en la explotación entran 2526,72 kg de nitrógeno procedentes del pienso y 10,20 kg de nitrógeno procedentes de la cascarilla de arroz, y salen 1424 kg de nitrógeno en el peso vivo de salida y 465,75 kg de nitrógeno en el estiércol, se pueden emitir a la atmósfera del orden de 646 kg de nitrógeno, un 25,5 % del nitrógeno de entrada.

Fig. 4.2. Esquema del balance de nitrógeno en una explotación de pollos de cebo, referido a un ciclo productivo de 20.000 pollos.



Resumen

Como se cita en el BREF "Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Cría Intensiva de Aves de Corral y Cerdos" el 33% del nitrógeno ingerido en la alimentación del porcino es incorporado al producto final. Aproximadamente el mismo porcentaje de eficiencia que se ha obtenido en el balance de nitrógeno de la producción cunícola de esta publicación.

En el resultado del balance de nitrógeno de la producción de carne de pollo, que aparentemente resulta más eficiente, hay que aclarar que el estudio es exclusivamente de la fase de cebo, en su cálculo no se ha considerado el nitrógeno de los pollitos a la entrada, ni el consumido por las reproductoras, y hay que recordar que el proceso de incubación artificial no es comparable a la gestación de otras especies productivas de mamíferos.

En los dos sistemas ganaderos estudiados llama la atención la enorme cantidad de nitrógeno que se pierde por volatilización, un 43 % en el caso de la explotación de conejos y un 25 % en el engorde de pollos.



5. Muestreo de acopios de estiércol. Representatividad de la muestra.

Para conocer las posibilidades como abono de los estiércoles y subproductos orgánicos en general, se debe realizar un análisis de la composición del acopio disponible. Para que éste sea fidedigno y para que la muestra sea lo más representativa posible, se debe aplicar un método o protocolo de muestreo, que en la actualidad no está normalizado.

Este apartado trata de mostrar la necesidad de seguir unas pautas de muestreo para caracterizar un estiércol con establecimiento de valores medios fiables.

Todo el trabajo de laboratorio se realiza necesariamente sobre una muestra del subproducto. Muestra que debe ser facilitada al laboratorio por el solicitante del análisis. Es obvio que la representatividad de la muestra es crucial para la calidad de los resultados analíticos.

Con carácter general el laboratorio requerirá 1 kg del subproducto que se desea caracterizar. Esto corresponde a un volumen de estiércol de unos 1500 cm³. Realmente la mayor parte de los análisis pueden hacerse con unos pocos gramos de material, pero una muestra mayor facilita las tareas de preparación y homogeneización de la muestra.

Es conocida la variabilidad entre lotes o partidas que presentan los acopios de subproductos orgánicos de origen animal. Las diferencias pueden proceder de antigüedad de los montones, situación en superficie o en el interior del montón, origen del producto, momento de limpieza de la granja, etc.; y van a tener repercusión, a menudo considerable en los resultados analíticos. Contando con esto, es necesario concretar un procedimiento de muestreo que garantice un margen de error adecuado al uso que se pretende dar a los resultados. La parte crítica es establecer el número de tomas o submuestras necesarias para obtener una muestra "compuesta" que sea representativa del acopio.

La técnica de muestreo, y el error que podemos introducir en los resultados a través de la toma de muestra, se ha estudiado sobre un acopio de estiércoles de una granja de pollos de cebo (broiler) ubicada en el valle medio del Ebro. Para investigar sobre el número de tomas más adecuado se ha procedido del siguiente modo:

1. Se dividió el acopio en zonas que, visualmente o por la información que se tenía, resultaban razonablemente homogéneas, tanto horizontal como verticalmente. En concreto, se dividió en montones que tenían una antigüedad diferente entre sí, y el montón elegido para ensayar el número de tomas, se dividió en dos profundidades puesto que presentaba aspecto diferente la capa superficial (unos 30 cm) y el resto (**Figura 5.1**).
2. En cada una de las dos capas se realizó la toma de varios puntos. En este caso, cada una de las tomas se ha mantenido separada para poder averiguar cuál sería el número de tomas más adecuado. Para la toma se usó una barrena de suelos de 3,5 cm de diámetro y 125 cm de longitud.



Fig. 5.1: Imagen de un corte vertical del acopio muestreado. Véase el aspecto claramente diferente de la capa superficial.

Cada una de las tomas se recolectó individualmente en bolsa de plástico que había sido previamente identificada con la zona del acopio, el punto de la toma y la profundidad, y seguidamente cerrada para evitar pérdidas de masa o de compuestos por volatilización.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la variabilidad que existe entre puntos de muestreo (aún dentro de un montón aparentemente homogéneo), y eso se traduce en un error que se cometería según el número de tomas, tanto menor cuanto más tomas se obtengan. El concepto de ese error se comprenderá mejor si se piensa en la opción de tomar un solo punto de muestra (probabilidad de error máximo), frente a la opción de analizar todo el montón, si ello fuese posible, que correspondería al error mínimo en la muestra.

En la **tabla 5.1** se recogen las estimaciones estadísticas para el error introducido por la muestra en el resultado de análisis de cada parámetro esencial. Se presentan solamente los errores para la capa profunda del acopio. Allí puede verse, por ejemplo, que para el resultado de fósforo, si se toman sólo dos puntos y se mezclan, el error sería del 45 %, mientras que con 6 tomas mezcladas, el error disminuye ya a un razonable 5 %.

Tabla 5.1: Error (%) que se origina con una muestra compuesta del número de tomas que se indica en la primera columna (con un nivel de confianza estadística del 95 %). Por ejemplo con 6 tomas individuales que luego se han mezclado para dar lugar a la muestra, se tendría un resultado de N total que puede ser hasta un 9 % mayor o menor del valor real (error de hasta un 9 %).

Nº puntos	N total	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	79	85	45	47
4	14	15	8	8
6	9	10	5	5
8	7	8	4	4
10	6	7	4	4

En resumen, con 6 puntos de toma de muestra los errores quedan por debajo del 10 % para todos los parámetros. En estas condiciones, 6 tomas proporcionan una muestra compuesta cuyos resultados se aproximarían a la realidad con errores asumibles (10 % en el peor de los casos). Esta conclusión es extrapolable a cualquier acopio relativamente homogéneo que se desee caracterizar.

Estas pruebas han puesto de manifiesto también la diferencia en la concentración de nutrientes que es achacable a la posición en profundidad en el acopio y que va ligada también al tiempo de acopio. En este sentido, podemos decir que:

- La diferencia entre la capa superficial y la profunda, que visualmente es muy evidente (**figura 5.1**), no se traduce en grandes diferencias en la concentración de nutrientes. Hay una diferencia evidente en la humedad, que será estacional, y también en el nitrógeno (ver **tabla 5.2**), achacable a la pérdida importante de nitrógeno amoniacal por evaporación
- El tiempo de acopio origina una disminución de nitrógeno amoniacal en la capa superficial, pero apenas tiene efecto en la capa profunda. Lógicamente esto repercute en la disponibilidad total de nitrógeno (ver **tabla 5.2**). En el resto de elementos no hay efectos relevantes.

Tabla 5.2: Efecto del tiempo de maduración del estiércol sobre la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₄, kg/t) en superficie y parte interna del acopio de estiércol. Resultados medios expresados sobre materia seca (método Kjeldahl).

Tiempo de acopio	Media de 0-30 cm	Media de 30-60 cm
2 meses	11,6	12,4
6 meses	9,1	12,4
12 meses	7,3	15,2



6. Caracterización de diferentes tipos de estiércoles.

Todos los resultados de caracterización de estiércoles que se presentan en este apartado proceden de diferentes trabajos (referencias 1, 2 y 3), y han sido obtenidos en la Unidad de Fertilizantes del Laboratorio Agroambiental (Gobierno de Aragón).

Como se cita anteriormente, de las 88.000 t de nitrógeno contenido en las deyecciones ganaderas (I.T. N° 232 Año 2011), aproximadamente el 55 % proceden de los purines de porcino, y el 45 % de los estiércoles en forma sólida o pastosa de otras especies. Así como de los purines puede encontrarse abundante información, y son relativamente uniformes dentro de su procedencia, de los estiércoles sólidos la información es escasa, además de presentar una diversidad y heterogeneidad considerablemente mayor.

De los resultados de los estiércoles sólidos y pastosos que se presentan, unos corresponden a las especies más importantes en abundancia (pollos de cebo, aves de puesta, vacuno, ovino, conejos), y otros proceden de modelos particulares de gestión de excrementos, con los distintos tipos de cama cuando los hay o las deyecciones sin sustrato, que han surgido como consecuencia de la evolución de las técnicas de producción o las prácticas de manejo.

Los resultados son una muestra de la variedad de estiércoles y, aunque el número de explotaciones del que proceden es escaso para considerarlos totalmente caracterizados, pueden servir de buena aproximación a estiércoles de los que poco o nada se conocía. En la elección de los casos primó la elección de explotaciones (representativas de cada caso) y el muestreo detallado, frente a la inclusión de un mayor número de explotaciones. Hay que decir que todas son explotaciones ubicadas en Aragón, y representativas del manejo de cada especie.

Entre los nutrientes se ha prestado especial atención al nitrógeno, que es el de mayor impacto desde los puntos de vista agronómico y ambiental. Este elemento es uno de los más costosos entre los fertilizantes minerales, y es el que tiene mayor incidencia en el rendimiento de los cultivos. Desde la perspectiva ambiental, los riesgos de la fertilización, sea orgánica o mineral, son el lixiviado de nitratos a las aguas o la polución por amonio y óxido nitroso a la atmósfera.

Los resultados analíticos se muestran haciendo referencia a los tres nutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio). Del nitrógeno, se presenta tanto el total como la parte presente en forma amoniacal, muy importante en los orgánicos, en ambos casos expresados como nitrógeno elemental (N). El fósforo y el potasio se expresan como óxidos (P_2O_5 y K_2O). Esas formas de expresión coinciden con las utilizadas en los abonos minerales, aunque hay que señalar que lo analizado en el caso de los orgánicos son nutrientes que están en formas orgánicas (y que quedarán libres con mayor o menor rapidez dependiendo de las características del subproducto), mientras que en los minerales se pone más énfasis en la solubilidad del nutriente de que se trate.

Entre otras características se ha determinado la materia orgánica, por su importante papel como enmienda de los suelos, la humedad porque es necesaria para traducir los valores expresados sobre materia seca a valores sobre materia fresca (los resultados en fertilizantes orgánicos se expresan siempre en referencia a materia seca, para evitar la confusión por la presencia de agua, que es muy variable), y la relación entre el carbono y el nitrógeno orgánicos, porque este parámetro (relación C/N) es esencial para valorar la rapidez de mineralización (y por tanto disponibilidad de nutrientes).

En algunos estiércoles, se ha podido estudiar la evolución temporal de los nutrientes en el acopio. Se disponía de estiércoles almacenados en condiciones habituales de campo procedentes de la misma explotación, sin cambios de alimentación ni manejo. En los casos en que se ha realizado seguimiento en el tiempo del mismo acopio, se cita en el texto.

Se presentan los resultados expresados en referencia a materia fresca de la muestra con que se ha trabajado (smf) (es decir sobre el subproducto tal como estaba), y transformados a la referencia sobre materia seca (sms) (es decir sobre el subproducto si estuviese seco). A efectos de comparación entre productos, o con otras fuentes de información, deben utilizarse los valores referidos a materia seca, pero en cuanto al cálculo de la dosis a utilizar, deberá transformarse a materia fresca, puesto que lo que se va a distribuir está húmedo (aunque esa humedad es muy variable, el estado de humedad en cada momento que puede ser muy diferente al que presentaba el producto cuando se obtuvo la muestra).

6.1. Estiércoles de pollos de cebo

El cebo de pollo para carne (*Gallus domesticus*) suele tener un sistema de producción "estandarizado" (misma estirpe de pollo, alimentación a base de concentrado, parecido índice de conversión) y ligeras diferencias en la cama carbonada, que implica un estiércol de características similares.

En la **tabla 6.1** se presenta la caracterización del estiércol de pollos de engorde. En este caso se ha podido caracterizar acopios de diferentes edades o tiempos de maduración (aunque se trata de acopios diferentes, proceden todos de la misma explotación).



Tabla 6.1: Caracterización del estiércol de engorde de pollos con diferentes grados de maduración (cama de cascarilla de arroz). (smf=sobre materia fresca, sms=sobre materia seca).

Tiempo del acopio		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
2 meses ⁽¹⁾	(smf)	31,2	9,0	19,7	25,3	55,5	25,0
	(sms)	41,6	12,0	26,2	33,7	74,0	-
6 meses ⁽²⁾	(smf)	33,3	8,6	24,5	33,1	58,8	20,2
	(sms)	41,7	10,8	30,7	41,5	73,7	-
12 meses ⁽³⁾	(smf)	33,7	9,5	26,5	38,4	55,8	16,1
	(sms)	40,1	11,3	31,5	45,8	66,5	-

En la **tabla 6.2** se muestran los resultados obtenidos en otra explotación de broilers con cama de cascarilla de arroz, para el estiércol fresco (a los 20 días de extraerlo) y para el estiércol con un año de maduración.

Tabla 6.2: Caracterización del estiércol de engorde de pollos fresco (20 días) y con una año de maduración (cama de cascarilla de arroz). (smf=sobre materia fresca, sms=sobre materia seca).

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pollos reciente ⁽⁴⁾	(smf)	28,2	9,6	9,4	24,8	46,7	37,4
	(sms)	45,0	15,3	15,0	39,7	74,6	-
Pollos 12 meses ⁽⁵⁾	(smf)	34,4	8,5	13,2	34,1	53,8	24,2
	(sms)	45,2	11,2	17,5	45,0	70,9	-

La **tabla 6.3** contiene los valores de caracterización del estiércol de cebo de pollos con cama de paja, en acopios de 3 y de 6 meses.

Tabla 6.3: Caracterización del estiércol de engorde de pollos con cama de paja, a los 3 meses de la extracción y a los 6 meses (smf=sobre materia fresca, sms=sobre materia seca).

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pollos 3 meses ⁽⁶⁾	(smf)	35,1	10,2	10,8	34,3	61,6	23,9
	(sms)	46,0	13,4	14,2	45,1	80,9	-
Pollos 6 meses ⁽⁷⁾	(smf)	33,5	7,2	11,7	34,4	66,1	18,5
	(sms)	41,1	8,9	14,3	42,2	81,1	-

En la **tabla 6.4** se recogen características de estiércol de pollos (broiler) con cama de cascarilla de arroz, mezcla de varias fechas de extracción, maduro y bien compostado (al nivel de no reconocerse estructuras del material original de cama).

Tabla 6.4: Caracterización del estiércol de engorde de pollos con cama de cascarilla de arroz, bien compostado con mezcla de diferentes tiempos de maduración (smf=sobre materia fresca, sms=sobre materia seca).

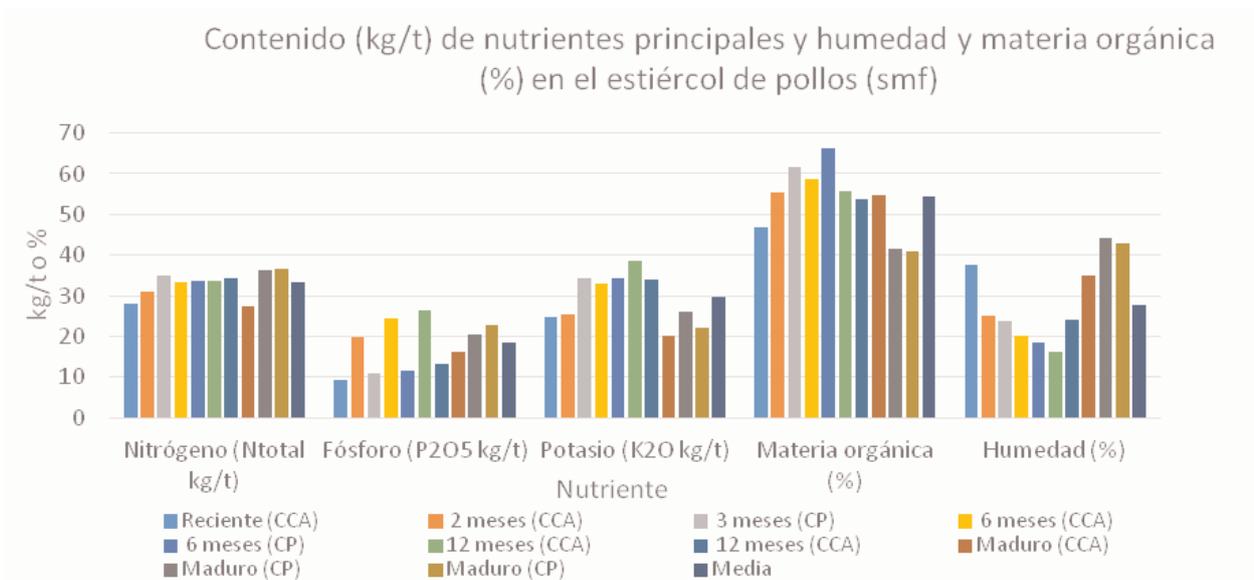
		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pollos maduro ⁽⁸⁾	(smf)	27,3	-	16,3	20,2	54,6	34,9
	(sms)	42,0	-	25,0	31,0	72,7	-

Por último, en la **tabla 6.5** se muestran los contenidos de nutrientes en dos ejemplos de estiércol de pollos (broiler) con cama de paja, mezcla de varias fechas de extracción, maduro y bien compostado (al nivel de reconocimiento parcial de estructuras del material original de la cama).

Tabla 6.5: Caracterización del estiércol de engorde de pollos con cama de paja, compostado con mezcla de diferentes tiempos de maduración (smf=sobre materia fresca, sms=sobre materia seca).

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pollos ⁽⁹⁾	(smf)	36,2	8,9	20,6	26,2	41,7	44,3
	(sms)	65,0	16,0	37,0	47,0	74,8	-
Pollos ⁽¹⁰⁾	(smf)	36,5	9,7	22,8	22,2	41,0	43,0
	(sms)	64,0	17,0	40,0	39,0	71,9	-

Fig. 6.1: Comparación gráfica de las características de los 10 estiércoles de explotaciones de engorde de pollo y la media de todos ellos. (CCA=cama cascarilla de arroz, CP= cama de paja).



Como resumen, en la **figura 6.1** se presentan gráficamente los resultados obtenidos para los 10 estiércoles de explotaciones de engorde de pollos, y puede destacarse lo siguiente:

- Todos los estiércoles de cebo de pollos analizados, tienen unas altas concentraciones de nutrientes principales (N-P-K) y un equilibrio entre nutrientes muy interesante, que se comenta en el apartado siguiente.
- A diferencia de los estiércoles sin cama de otras especies o de las aves de puesta, en el de cebo de pollos con cama, el nitrógeno permanece bastante estable en la evolución de un año, la ligera pérdida se debe al descenso del nitrógeno amoniacal con el tiempo de acopio.
- La relación C/N se sitúa entre 9,1 y 11,4 para las muestras 1 a 8, con pequeñas variaciones por su maduración, pero en las muestras 9 y 10, con cama de paja y compostado, desciende hasta 6,7 y 6,5 respectivamente. Estas últimas relaciones son muy bajas para tratarse de un estiércol con cama y compostado.

- Existen fuertes variaciones en el fósforo (P_2O_5), dada la estabilidad de este elemento, las diferencias podrían explicarse por las distintas técnicas de alimentación, como por aporte de fitasas en piensos (enzima que incrementa la digestibilidad del fósforo fítico).
- La materia orgánica muy alta, superior al 70 % sobre materia seca que desciende ligeramente con el tiempo de acopio.
- Pueden presentarse diferencias aparentes debidas al porcentaje de humedad en los análisis. Para reconocer diferencias entre acopios de estiércoles deberemos compararlos por materia seca, pero para calcular la dosis necesaria para aportar los nutrientes requeridos por un cultivo hay que considerar la composición sobre materia fresca.

6.2. Estiércoles de pavos de cebo.

La técnica de producción de pavo para carne (*Meleagris gallopavo*) es similar a la de pollo, y también se hace sobre una cama rica en carbono. La mayor diferencia de esta especie es que su ciclo de producción es más largo, por lo que el estiércol permanece en las naves aproximadamente el doble de tiempo que en el cebo de pollo.

El estado de maduración del estiércol de pavo con cama de paja, se encontraba en una fase que todavía se reconocía parcialmente la estructura de la cama.



Tabla 6.6: Resultados estiércol de pavo

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pavos ⁽¹⁾	(smf)	31,1	11,5	17,2	21,1	39,5	52,1
	(sms)	65,0	24,0	36,0	44,0	82,4	-
Pavos ⁽²⁾	(smf)	25,8	14,1	18,7	17,2	40,9	49,5
	(sms)	51,0	28,0	37,0	34,0	80,9	-

El contenido de nitrógeno total en el estiércol de cebo de pavo es superior al de estiércol de pollo. Y el contenido de fósforo es equivalente al caso de mayor concentración de entre los de pollo. Características ambas que pueden ser debidas a la menor eficiencia de esta especie.

La relación C/N va de 7,4 en la primera muestra a 9,2 en la segunda.

6.3. Estiércoles de aves de puesta

La producción de huevos para consumo se realiza en naves altamente tecnificadas, con evacuación automática de estos. El sistema generalizado es el denominado de "jaulas en batería", y la extracción de las deyecciones se realiza con cintas bajo las jaulas. No hay cama en absoluto, y las deyecciones frescas son extraídas con mucha frecuencia.

6.3.1. Gallinas de puesta

Las gallinas de puesta (*Gallus domestica*) se explotan habitualmente en baterías de jaulas. Las cintas bajo las jaulas transportan las deyecciones formando un estiércol pastoso, de transporte y aplicación poco prácticos. En esta explotación concreta, para facilitar el manejo mediante la pérdida de gran parte de humedad, se desecan hasta quedar prácticamente deshidratada aprovechando la propia ventilación de las granjas. Se utiliza un sistema de cintas perforadas como en la **figura 6.2**.



Se presentan los resultados de este estiércol, que se conoce comúnmente como "gallinaza", pero frecuentemente esta terminología no hace distinción entre este estiércol y el de otras aves con cama, de muy diferente composición como se puede apreciar en los resultados de las **tablas 6.5 y 6.7**.

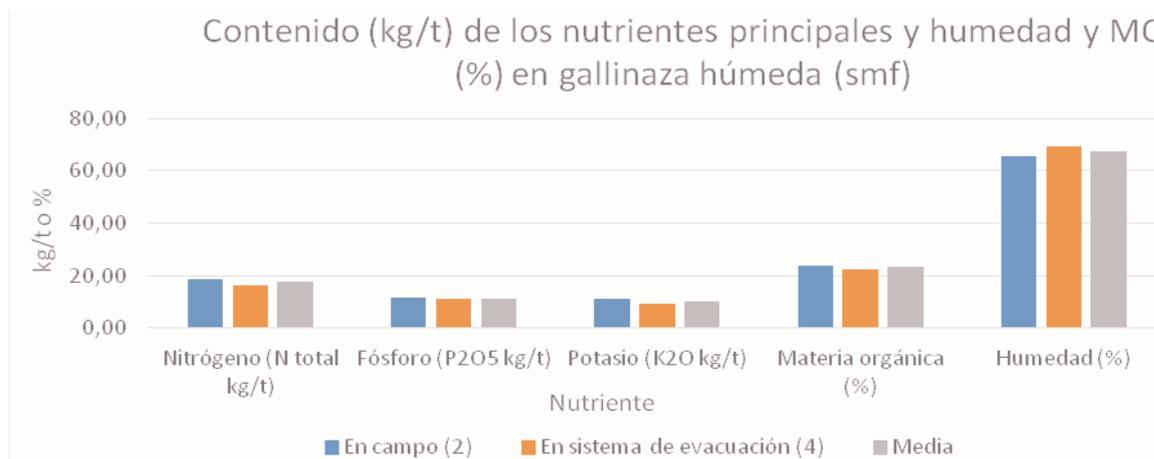
En la **tabla 6.7** se recoge la caracterización de cuatro gallinazas (estiércol de gallinas ponedoras):

- Gallinaza deshidratada en granja y tomada,
 - en el campo previamente a su aplicación (muestra 1), o
 - directamente del sistema de evacuación (muestra 3).
- Gallinaza natural (húmeda) y tomada,
 - en campo previamente a su aplicación (muestra 2) o
 - en el sistema de evacuación a la salida de la granja (muestra 4).

Tabla 6.7: Resultados de estiércol de gallinas de puesta (1- Deshidratado tomado en campo, 2- húmedo tomado en campo, 3- deshidratado tomado en cinta de evacuación, y 4- húmedo tomado en cinta de evacuación)

Tipología	Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Gallinas puesta(sm ^f) Deshidratada ⁽¹⁾ (sm ^s)	30,7	8,9	36,0	33,5	65,7	6,9
Gallinas puesta (sm ^f) Húmeda ⁽²⁾ (sm ^s)	18,7	14,2	11,8	11,4	24,1	65,4
Gallinas puesta(sm ^f) Deshidratada ⁽³⁾ (sm ^s)	54,0	41,1	34,1	33,0	69,6	-
Gallinas puesta(sm ^f) Húmeda ⁽⁴⁾ (sm ^s)	51,5	-	36,1	29,2	75,6	2,8
Gallinas puesta(sm ^f) Deshidratada ⁽³⁾ (sm ^s)	53,0	-	37,1	30,0	77,8	-
Gallinas puesta(sm ^f) Húmeda ⁽⁴⁾ (sm ^s)	16,5	-	11,0	9,2	22,3	69,5
Gallinas puesta(sm ^f) Húmeda ⁽⁴⁾ (sm ^s)	54,0	-	36,2	30,0	73,2	-

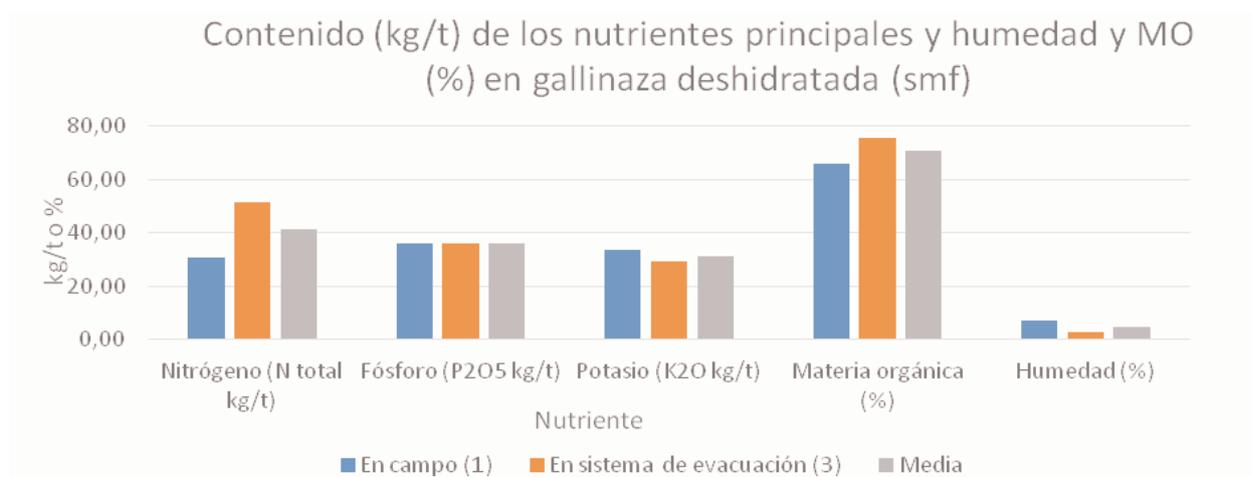
Fig. 6.2: Comparación gráfica de las características de los 2 estiércoles de gallinas de puesta húmedos, y la media de los dos (en azul en el momento de su aplicación, marrón a la salida de la cinta de evacuación, gris la media).



La deshidratación supone una elevada pérdida de nitrógeno total, que se aprecia comparando los resultados en la **tabla 6.7** (tener en cuenta que hemos de comparar los resultados expresados en referencia a materia seca). Aunque mínimo, parece haber un aumento relativo del fósforo y potasio con la pérdida de humedad en el proceso de deshidratado. La disminución de nitrógeno observada, es debida a que gran parte del nitrógeno se encuentra en forma amoniacal y se pierde a la atmosfera. En el muestreo de gallinaza a pie de campo (muestras 1 y 2 de la **tabla 6.4**) ha supuesto una pérdida relativa de un 23,4 % del nitrógeno amoniacal.

El estiércol deshidratado se aplica con remolque repartidor provisto de platos distribuidores. Al estar tan seco, tiene poca densidad, y el reparto puede resultar poco uniforme, especialmente en condiciones de viento fuerte.

Fig. 6.3: Comparación gráfica de las características de los 2 estiércoles de gallinas de puesta deshidratados, y la media de los dos (en azul a salida de granja, marrón al momento de aplicación, gris la media de ambos).



La relación C/N evoluciona de 7,5 en el estiércol húmedo a salida de la granja a 12,4 en la gallinaza deshidratada a la salida de granja. Esta última es prácticamente la relación de un estiércol con cama, mientras que la primera es baja y desencadena la rápida mineralización.

6.3.2. Estiércol de codornices de puesta

Este estiércol procede de las deyecciones de codorniz de puesta, codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), producido en una explotación de cría intensiva. Se trata de un estiércol sin cama que se extrae continuamente de la granja mediante cinta transportadora. Inicialmente está muy húmedo, pastoso, y va perdiendo humedad, y ganando consistencia, con el tiempo cuando se mantiene acopiado a la intemperie.



Los resultados que se presentan (tabla 6.8) corresponden a dos muestras, una de estiércol reciente (7 días desde la extracción de la granja), y otra de una extracción anterior de la misma granja acopiada durante 6 meses a la intemperie.

Tabla 6.8.: Estiércol de codorniz de puesta. ⁽¹⁾ Extracción reciente, ⁽²⁾ Acopiado durante 6 meses.

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
⁽¹⁾ Reciente	(smf)	21,7	15,9	5,5	10,9	16,9	74,5
	(sms)	85,3	62,6	21,8	42,8	66,4	-
⁽²⁾ 6 meses	(smf)	19,3	9,4	12,3	21,0	26,2	54,0
	(sms)	42,0	20,4	26,6	45,7	57,0	-

El estiércol de codornices de puesta tiene una alta concentración de nutrientes. Destaca especialmente el de nitrógeno, en su mayor parte amoniacal cuando es fresco (73,4 % del total).

Como ocurre en el caso del estiércol de las gallinas de puesta, en el de codorniz, la exposición a la intemperie (6 meses en la muestra 2 respecto a la 1, en la tabla 6.8) produce una elevada disminución de la concentración de nitrógeno, por pérdida importante de la parte amoniacal (en este caso se ha volatilizado más del 64 % del nitrógeno amoniacal), y un pequeño aumento relativo del fósforo y el potasio. Todo ello acompañado de una disminución de la materia orgánica (parte de los compuestos orgánicos se mineralizan en el propio monton de acopio) y una pérdida de humedad. La pérdida de nitrógeno ocurrida durante 6 meses de acopio es muy importante, equivaldría a unos 11 kg de nitrógeno por tonelada de estiércol fresco recién sacado de la granja (prácticamente todo amoniacal).

La relación C/N pasa de 4,1 en el estiércol reciente a 7,1 a los 6 meses. Ambas son muy bajas, y promueven una rápida evolución (mineralización con liberación de todos los nutrientes) de este estiércol sin base carbonada.

6.4. Estiércol de granja de conejos

La carne de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*) se produce en granjas intensivas con los animales alojados en jaulas. Por tanto, el estiércol es producido exclusivamente por las deyecciones, sin cama, y extraído en forma pastosa de manera similar al de las aves de puesta. También es de manejo dificultoso.

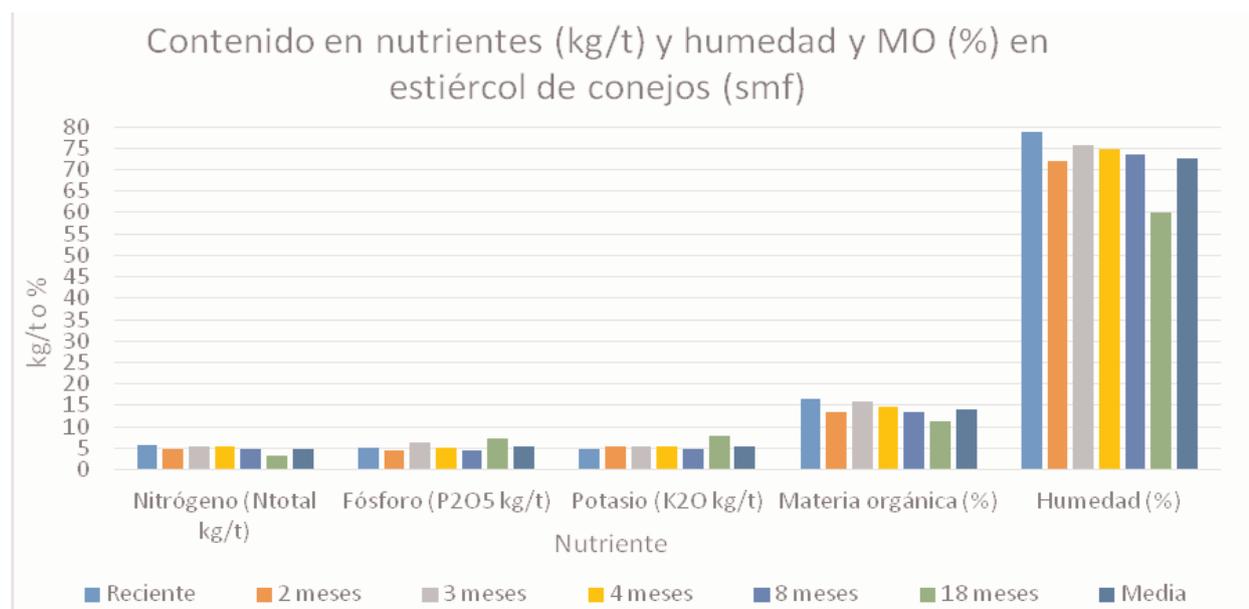
El muestreo del estiércol de conejo se ha llevado a cabo en el mismo acopio en varios momentos, realizando así un seguimiento en el tiempo, desde el estiércol fresco hasta los 8 meses (muestras 1 a 5 de la **tabla 6.9**). El estiércol de 18 meses (muestra 6 de la **tabla 6.9**) corresponde al muestreo de otro acopio, preexistente, de la misma explotación.



Tabla 6.9: Estiércol de conejo para carne. Muestras (1) a (6) con tiempo de acopio creciente.

Tipología		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
⁽¹⁾ Fresco	(smf)	5,7	2,4	5,0	4,6	16,6	78,9
	(sms)	27,0	11,4	23,8	22,0	78,6	-
⁽²⁾ 2 meses	(smf)	4,6	2,0	4,5	5,5	13,6	71,9
	(sms)	22,0	9,6	21,3	26,0	64,2	-
⁽³⁾ 3 meses	(smf)	5,3	1,9	6,2	5,3	15,7	75,7
	(sms)	25,0	8,8	29,3	25,0	74,6	-
⁽⁴⁾ 4 meses	(smf)	5,5	2,2	5,2	5,3	14,6	74,9
	(sms)	26,0	10,4	24,7	25,0	69,3	-
⁽⁵⁾ 8 meses	(smf)	4,9	1,6	4,4	4,6	13,3	73,6
	(sms)	23,0	7,6	20,8	22,0	63,1	-
⁽⁶⁾ 18 meses	(smf)	3,4	1,1	7,4	7,8	11,3	59,9
	(sms)	16,0	5,3	35,0	37,0	53,5	-

Fig. 6.4: Comparación gráfica de las características de los 6 momentos de muestreo de estiércol de conejo para carne.



De los datos de la **tabla 6.9** se desprende que en el estiércol de conejo contiene sensiblemente menos nutrientes que el de las aves de puesta. También la proporción de nitrógeno amoniacal respecto al total es algo menor (42% aproximadamente).

Su evolución temporal (muestras 1 a 6 de esa tabla) demuestra un comportamiento similar al de estos otros estiércoles sin cama, de modo que, al mantener el acopio a la intemperie se observa una disminución de la cantidad de nitrógeno, debido a la volatilización del nitrógeno en forma amoniacal, que ha supuesto 0,80 kg por tonelada de estiércol fresco (tal como sale de la granja) en los primeros 8 meses de acopio, y 1,29 kg de nitrógeno por tonelada de estiércol fresco en 18 meses, es decir, casi un 54% del nitrógeno amoniacal contenido inicialmente. Pero los valores de nitrógeno total evidencian una pérdida mayor (algo de nitrógeno que inicialmente está en forma orgánica u otras no amoniacales, se pierde también).

Al ser mínima la pérdida de humedad en los ocho primeros meses, la cantidad de fósforo y potasio sobre materia fresca se mantiene prácticamente constante, apreciando un incremento a los 18 meses, al tiempo que se detecta en ese momento un descenso de la materia orgánica (probablemente por mineralización).

La relación carbono/nitrógeno oscila entre 15 y 19. Esta relación es elevada para tratarse de un estiércol sin cama.

6.5. Estiércol mezcla de cunícola y ovino

Como se ha comentado para el caso de los estiércoles pastosos, tienen el inconveniente del manejo y las pérdidas de nitrógeno amoniacal con pérdida del valor fertilizante. La mezcla de un estiércol pastoso con otro rico en paja que equilibre la relación carbono-nitrógeno (C/N), facilita el manejo, la posibilidad de compostaje aerobio, y disminuye las pérdidas de nitrógeno amoniacal.

La muestra que se analiza es resultante de la mezcla de estiércol procedente de dos explotaciones ganaderas, una cunícola (*Oryctolagus cuniculus*) y otra de ovino (*Ovis aries*), mezclado y volteado periódicamente en un periodo de entre 9 y 12 meses. En ambas explotaciones se realiza reposición de reproductoras y el cebo de gazapos y corderos.

Tabla 6.10: Estiércol mezcla de cunícola y ovino.

Tipología		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Cunícola/ Ovino	(smf) (sms)	18,2 31,2	3,0 5,2	8,6 14,7	32,4 55,7	38,8 66,6	41,8 -

Con esta mezcla de deyecciones cunícolas y ovinas se obtiene un estiércol con una concentración intermedia de nutrientes, destacando un alto contenido potásico y estabilización de la materia orgánica (*tabla 6.10*). La relación carbono/nitrógeno es 12,4, mucho más estable que en el cunícola por separado.

6.6. Estiércoles de rumiantes

Todos los estiércoles de rumiantes se caracterizan por estar conformados con un sustrato de cama carbonada, generalmente paja de cereales, habitualmente son extraídos de los establos donde se aloja el ganado y almacenados temporalmente hasta ser aplicados al suelo cultivado. El almacenamiento y volteo del montón comporta una estabilización del nitrógeno en forma orgánica, a modo de compostaje.

6.6.1 Estiércoles de ovino

El estiércol que se estudia procede de una explotación clásica de ovino (*Ovis aries*), con las reproductoras en extensivo, estabuladas en la fase de cría. El cebo de los corderos se realiza en la propia explotación. El estiércol está formado con las deyecciones de ovejas y corderos sobre cama de paja que suele permanecer durante tiempo prolongado, a menudo con reiterados aportes de cama nueva sobre el estiércol acumulado ya en el suelo.



En la **tabla 6.11** se aportan resultados analíticos de cuatro muestras de estiércol de ovino de la misma explotación y de distintas fechas de extracción. Reciente (1 mes), de 4 meses, de 9 meses y de 12 meses.

Tabla 6.11: Estiércol ovino de diferentes tiempos de acopio (de 1 a 12 meses).

Tipología	Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
⁽¹⁾ Ovino (smf)	7,6	0,5	3,2	11,3	33,9	59,2
1 mes (sms)	18,6	0,3	7,8	27,6	83,0	-
⁽²⁾ Ovino (smf)	8,6	0,6	3,4	11,3	37,9	50,6
4 meses (sms)	17,4	1,2	6,9	22,8	76,8	-
⁽³⁾ Ovino (smf)	12,0	0,9	4,8	10,9	25,5	50,7
9 meses (sms)	24,3	1,8	9,8	22,2	51,7	-
⁽⁴⁾ Ovino (smf)	15,9	1,5	5,1	23,6	30,9	36,9
12 meses (sms)	25,1	2,4	8,1	37,5	49,0	-

El contenido inicial de nitrógeno (**tabla 6.10**) es bastante más bajo que en estiércoles de monogástricos sin cama (aves o conejos), y su componente amoniacal es muy baja. Por esto, la pérdida de nitrógeno por volatilización en el acopio es muy pequeña. Realmente el nitrógeno total se incrementa con el tiempo de acopio, y esto se debe a la mineralización de la materia orgánica (la forma amoniacal se incrementa de manera muy importante).

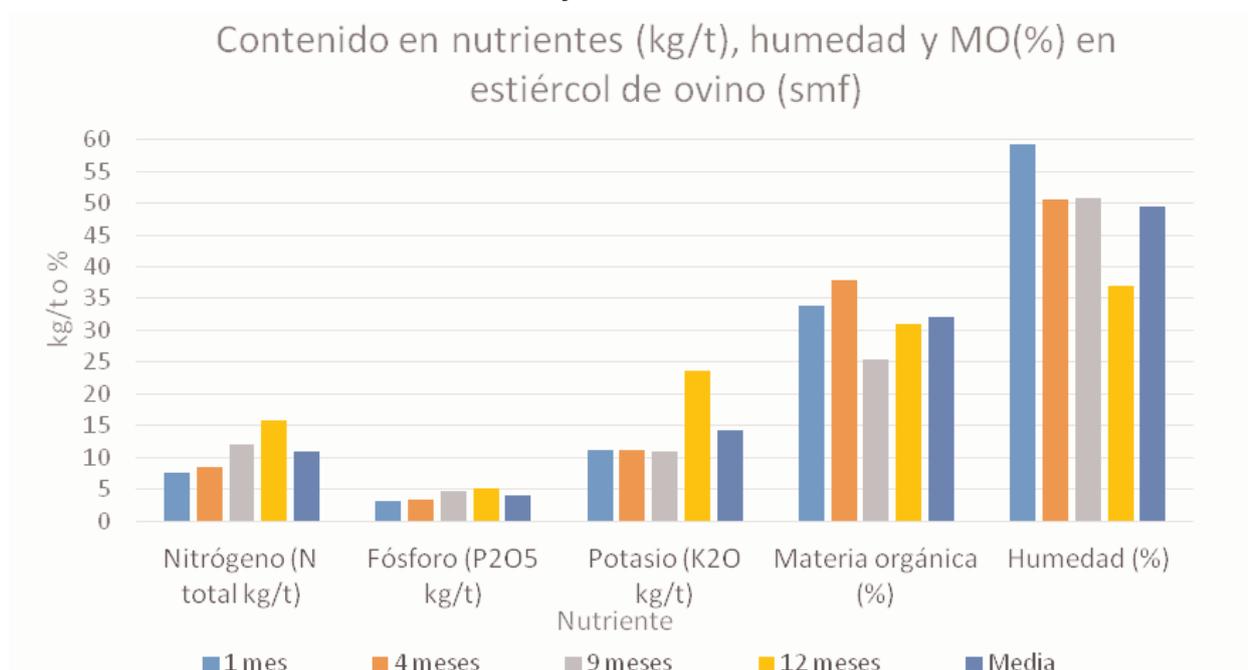
El fósforo es bajo, posiblemente por el menor aporte de concentrados.

El potasio es alto, característica común a los estiércoles de rumiantes debido a la alimentación fibrosa y, especialmente a la cama vegetal.

La materia orgánica decrece progresivamente con el tiempo de acopio. Se va mineralizando paulatinamente.

En la **tabla 6.11**, y mejor en la **figura 6.5**, se puede ver como el contenido de nutrientes principales se va incrementado con el tiempo de acopio, claramente en el caso del nitrógeno.

Fig. 6.5: Comparación gráfica de las características del estiércol ovino en 4 momentos de muestreo (entre 1 y 12 meses).



6.6.2. Estiércol de caprino de leche.

Estiércol de una explotación de cabras de ordeño (*Capra aegagrus hircus*), en una explotación semi-intensiva. Los animales se mantienen sobre cama de paja de cereal el tiempo que pasan estabulados.



En la **tabla 6.12** se recogen los resultados de los análisis de dos muestras, con seis y quince meses de acopio.

Tabla 6.12: Características del estiércol caprino de leche con dos tiempos de maduración.

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
⁽¹⁾ 6 meses	(smf)	10,5	1,4	3,2	19,1	28,3	57,7
	(sms)	24,7	3,2	7,5	45,0	66,8	-
⁽²⁾ 15 meses	(smf)	9,5	0,6	4,1	21,6	26,4	29,3
	(sms)	13,4	0,9	5,8	30,6	34,9	-

De la información de la **tabla 6.12** sorprende el descenso de todos los nutrientes que se produce en el estiércol almacenado quince meses frente al que tiene 6 meses de almacenamiento, como ya se observaba en el de ovino de doce meses. Todavía más disminuido se encuentran el nitrógeno y la materia orgánica, posiblemente por oxidación de esta.

6.6.3. Estiércol de vacuno de carne (cebo de terneros).

La producción de carne de vacuno (*Bos Taurus*) se desarrolla en granjas intensivas, con alimentación a base de concentrados y paja, los animales son alojados en parques cubiertos o semicubiertos con cama de paja, que con las deyecciones de los terneros forman el estiércol.



Se presentan los resultados de tres muestras de estiércol de terneros con distinto tiempo de acopio, procedentes de distintas explotaciones, 2 meses, 6 meses y 8 meses.

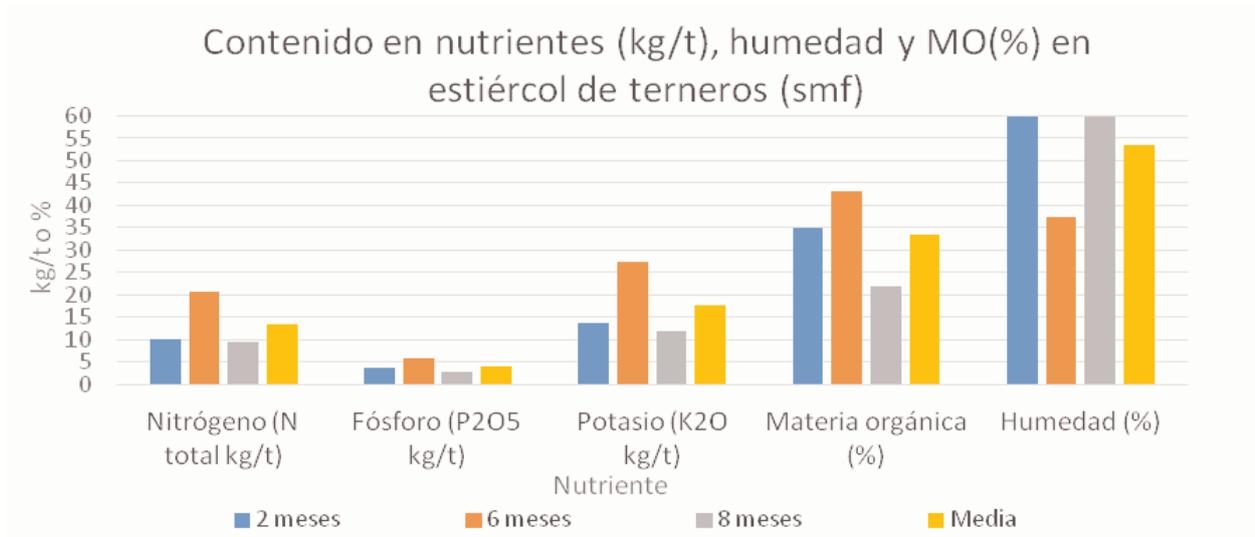
Tabla 6.13: Características del estiércol de vacuno de carne con varios tiempos de maduración.

		Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
⁽¹⁾ 2 meses	(smf)	10,2	7,9	3,6	13,7	35,0	60,8
	(sms)	26,0	20,1	9,2	35,0	89,3	-
⁽²⁾ 6 meses	(smf)	20,6	6,1	6,0	27,5	43,3	37,5
	(sms)	33,0	9,7	9,6	44,0	69,3	-
⁽³⁾ 8 meses	(smf)	9,5	0,7	2,9	11,8	21,9	62,0
	(sms)	25,0	2,0	7,6	31,0	57,6	-

De la **tabla 6.13** sorprende la alta riqueza en los tres nutrientes principales de este estiércol, y alta concentración relativa de nitrógeno amoniacal (casi el 80 % en el estiércol mas fresco) que desciende de forma importante con el almacenamiento (menos del 8 % en el estiércol 3). La materia orgánica desciende con el tiempo de almacenamiento, y aunque menos claramente también lo hacen los nutrientes fósforo y potasio.

La relación C/N es 19.9 en la muestra 1, 12.2 en la 2, y 13,4 en la 3. Son relaciones de relativa estabilidad, aunque sorprende que sea más elevada la primera, el estiércol más reciente.

Fig. 6.6: Comparación gráfica de las características del estiércol vacuno de carne de tres tiempos de almacenamiento.



En la **figura 6.6** se aprecia un bajo contenido de fósforo y también una riqueza general mayor en el estiércol de 6 meses de antigüedad, quizá debido a una menor cantidad de cama en esa explotación.

6.6.4. Estiércoles de vacuno nodrizas/bovino cebo

Es el estiércol resultante de la mezcla del fiemo de vacuno de nodrizas y bovino de cebo (*Bos Taurus*). Se trata de una ganadería de raza alpina de montaña en la que se practica la trashumancia. El estiércol procede de la fase de estabulación

Se aportan resultados de dos muestras de estiércoles (**Tabla 6.14**): Mezcla de estiércol de vacuno nodriza y bovino de cebo, reciente (7 días), y Mezcla de estiércol de vacuno nodriza y bovino de cebo. Acopio de 2 años.

Tabla 6.14: Características del estiércol de vacuno de carne con varios tiempos de maduración.

	Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
V.N. /B.C. (smf) reciente (sms)	8,2	2,2	3,0	14,5	20,6	73,6
V.N. /B.C. (smf) 24 meses (sms)	31,2	8,4	11,4	54,8	78,0	-
V.N. /B.C. (smf) reciente (sms)	11,8	3,8	4,6	28,7	23,7	66,3
V.N. /B.C. (smf) 24 meses (sms)	35,1	11,3	13,8	85,1	70,4	-

Como en el caso anterior, de vacuno de carne, la humedad y la materia orgánica permanecen muy estables en el tiempo, sin embargo la riqueza de nutrientes es mucho más baja que en el estiércol de cebo de terneros. Como en todos los rumiantes, estos estiércoles son ricos en potasio.

La relación C/N es de 14.5 en la muestra reciente y de 11,6 en la de 24 meses, sorprende que sea así puesto que normalmente la maduración haría subir esa relación si hay sustrato carbonado suficiente.

6.7. Estiércol de porcino ecológico

Se trata de un estiércol tipo "fiemo" generado en una explotación ecológica de porcino (*Sus scrofa domesticus*) semi-intensiva, con cama de paja de cereales, en la que se realiza la cría en ciclo cerrado, producción de lechones y cebo en la misma explotación. Este tipo de cría de cerdo, con producción de estiércol sólido es absolutamente minoritario frente a la cría "convencional" donde se extraen las deyecciones sin cama y en suspensión líquida (purín).



La muestra analizada corresponde a estiércol reciente (un mes desde la extracción) y los resultados se recogen en la **tabla 6.15**.

Tabla 6.15: Características del estiércol de porcino ecológico (con cama de paja) con un mes de acopio.

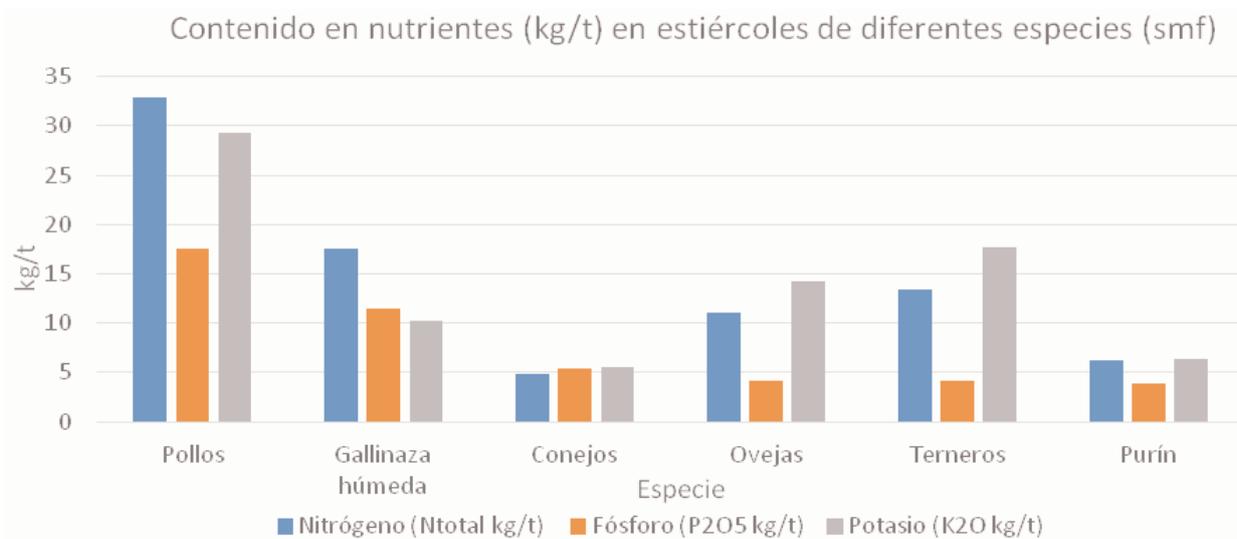
Tipología	Nitrógeno t. (N kg/t)	Nitrógeno a. (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Porcino eco- (smf)	12,2	4,4	5,0	11,0	21,9	71,6
lógico 1 mes (sms)	43,1	15,4	17,8	39,0	77,2	-

Como puede verse en la **tabla 6.15**, se trata de un estiércol con un alto contenido de humedad (escaso tiempo de acopio) y unos valores intermedios en cuanto a contenido de nutrientes. El contenido de agua es muy inferior al habitual en el purín (en torno al 95 %). Y también es muy inferior la proporción de nitrógeno que se encuentra en forma amoniacal (36 %, frente al 70 % habitual en el purín).

La relación C/N es de 10,34, mucho más equilibrada, debido a la paja, que la que suele presentar el purín (en torno a 6 o más baja).

6.8. Resumen

Fig. 6.7: Contenido (kg/t) de nutrientes principales (N-P-K) de las estiércoles más importantes sobre materia fresca (smf). (Se ha incluido la referencia de purín porcino procedente de M.R. Yagüe A.D. Bosch-Serra y J. Boixadera "Measurement and estimation of the fertiliser value of pig slurry by physicochemical models: Usefulness and constraints" 2011, para poder comparar diferencias de concentración de nutrientes sobre materia fresca).



La **figura 6.7** presenta gráficamente los principales grupos de estiércoles que se han tratado en este apartado 6 (en los casos en que había varias muestras se han plasmado las medias de cada uno de ellos). Puede destacarse el comportamiento de los estiércoles con cama frente a los que no la llevan en cuanto a que los primeros presentan un contenido de potasio muchos más alto (especialmente en los rumiantes). En cuanto a su riqueza global, destaca la elevada concentración de nutrientes en el estiércol de pollos (con cama) y en la gallinaza (sin cama). En el apartado 7 se discute más extensamente la presencia de nutrientes y su concentración relativa.

El estiércol de conejo resulta bajo en nutrientes, comparable a las concentraciones del purín.

Aunque en la **figura 6.7** se presenta un solo dato para cada estiércol, las medias, hay que señalar la importantísima variabilidad de cada uno de los estiércoles estudiados, con importantes variaciones de concentración entre orígenes o tiempos de acopio. Esto nos aboca a la conveniencia de hacer análisis siempre que sea posible, para obtener así una caracterización ajustada del estiércol concreto.

7. Equilibrio entre nutrientes en los principales estiércoles. Implicaciones en la fertilización.

A lo largo de los trabajos que se integran en esta publicación se han caracterizado diversos tipos de estiércol, lo que permite mostrar el resumen de la **tabla 7.1**. Se resumen los resultados de estiércol de pollos, gallinas de puesta, conejos, y rumiantes (ovino y bovino).

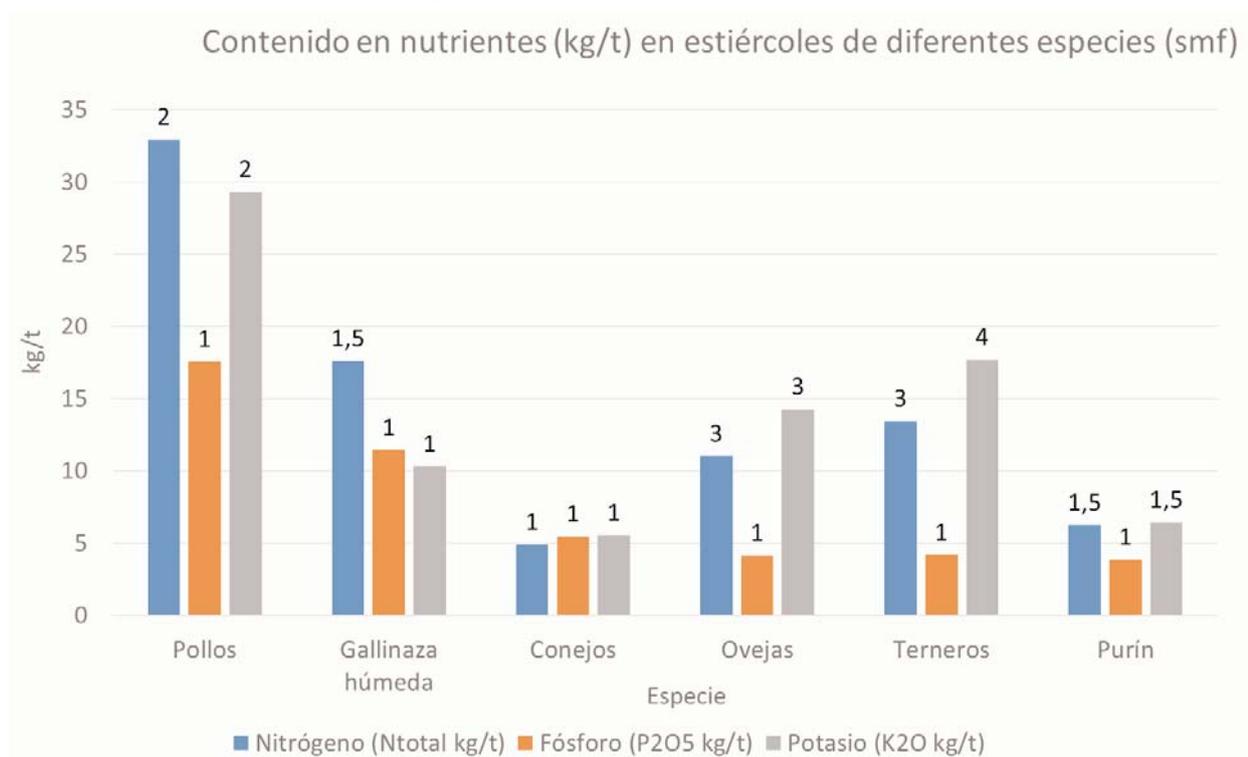
Además de la concentración de los nutrientes principales, se aporta el resultado de materia orgánica (que a través del carbono orgánico y del nitrógeno permite calcular la relación C/N), y la humedad. Hay que señalar que el contenido de humedad es una condición absolutamente variable, y que sólo se incluye a efectos orientativos y para facilitar la conversión del resto de resultados.

Tabla 7.1: Contenido de los nutrientes principales en diferentes estiércoles. También materia orgánica y humedad. Todo ello expresado sobre materia fresca.

	Nitrógeno total (N kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
Pollos	32,92	17,53	29,30	53,54	28,74
Gallinaza húmeda	17,58	11,42	10,28	23,20	67,45
Conejos	4,89	5,45	5,52	14,18	72,48
Ovejas	11,01	4,13	14,26	32,03	49,37
Terneros	13,44	4,16	17,67	33,40	53,43
Purín (cebo)	6,22	3,85	6,42		

Es interesante contemplar la relación que existe entre las concentraciones de los diferentes nutrientes en cada estiércol. Esto permite comparar el aporte con las necesidades que tiene el cultivo y ver la mejor fórmula para ajustar las dosis a las necesidades. Para facilitar la visualización se presenta esta relación en números sencillos (a ser posible redondeados a enteros), utilizando como base el elemento principal que está en más baja concentración (que se toma como 1).

Fig. 7.1: Contenido (kg/t) de nutrientes principales (N-P-K) de los estiércoles más importantes, sobre materia fresca (smf), con indicación del "equilibrio" entre esos nutriente en cada uno (parte superior de las barras). Se incluye el purín porcino como referencia más conocida.



En la **figura 7.1** se expone mediante diagrama de barras la relación entre los diferentes nutrientes. La altura de las barras indica el contenido (expresado en kg/t), y los números en la parte superior de las barras el equilibrio entre los tres nutrientes de cada uno de los estiércoles (la relación entre el contenido de nitrógeno y potasio respecto al fósforo).

Se observan claras diferencias en cuanto a la relación en que se encuentran los tres nutrientes principales, que permiten hacer los siguientes agrupamientos:

- En el estiércol de pollos (con cama) la relación es aproximadamente 2-1-2, y es parecida a la que presenta el purín (aunque con evidente diferencia de concentración).
- La gallinaza (sin cama), en que la presencia de los tres nutrientes principales es equilibrada con ligera predominancia del nitrógeno (del orden de 1,5-1-1)
- El estiércol de conejos (sin cama), con un equilibrio 1-1-1.
- Y, por último, en los estiércoles con cama procedentes de rumiantes, terneros y ovejas, la relación se torna muy favorable al nitrógeno y, aún más, al potasio (3-1-3 en ovejas y hasta 3-1-4 en terneros). Evidentemente, aquí la proporción de cama y alimentación fibrosa determinan esa relación.

Los estiércoles de aves, producidos en explotaciones intensivas, presentan una elevada concentración de nutrientes (N-P-K). La dieta de estos animales está basada en piensos con altos valores proteicos (principalmente procedentes de soja), proporcionando a este subproducto elevadas cantidades de nitrógeno. Comparando los estiércoles de pollos con la gallinaza de puesta se puede observar que existe una diferencia considerable en sus concentraciones de potasio y nitrógeno. Esta diferencia es atribuible al uso de cama. En los sistemas de cría de pollos (broilers), se aplica una cama carbonada constituida por cascarilla de arroz o paja de cereales que, al equilibrar la relación entre carbono y nitrógeno, reduce la pérdida de nitrógeno amoniacal por emisión.

Los estiércoles formados en explotaciones menos intensivas, como los de los rumiantes analizados (ovino y bovino), presentan un contenido de nutrientes principales medio-bajo, a excepción de potasio. Estos valores (medio-altos) de potasio son debidos a la alimentación fibrosa que ingieren (rica en potasio) y a la cama que se les aporta, formada principalmente por paja de cereales (también rica en potasio). El bajo contenido en fósforo, es debido a su alimentación, basada en forrajes (con bajo contenido en fósforo), o paja de cereales, y menor consumo de grano de cereal o piensos compuestos respecto a las especies más intensificadas.

El estiércol de conejos, tienen un patrón intermedio. El equilibrio prácticamente uniforme de los tres nutrientes mayoritarios (1-1-1) responde a una alimentación menos enriquecida en granos y con más alfalfa, y también a la ausencia de cama. La ausencia de cama lo aproxima en equilibrio a la gallinaza de puesta, aunque en esta el contenido de nitrógeno es mayor, procedente de una alimentación mucho más proteica.

Es útil comparar el equilibrio de los fertilizantes (**figura 7.1**) con el de las extracciones de los cultivos. Tomando la cebada como ejemplo del equilibrio que se presenta en las necesidades de los cultivos (requiere 24, 11 y 21 kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, por cada 1.000 kg de rendimiento), tenemos un equilibrio en la extracción de aproximadamente 2-1-2. Algo muy parecido ocurre en el resto de cereales.



De esta forma queda claro como es el estiércol de pollos el que mejor se ajusta a las demandas de los cereales. Incluso, como el contenido de nutrientes por tonelada no es mucho mayor que las demandas por tonelada de producción, se podría adoptar la regla práctica de aportar una tonelada de estiércol por tonelada de grano esperada en la cosecha, y se cubrirían sobradamente todas las necesidades. Si se usa otro estiércol, necesariamente habrá un exceso de fósforo o de potasio, o habrá que complementar con fertilizantes minerales. Del mismo modo, en cultivos con un patrón de extracciones diferente, por ejemplo las hortalizas, con extracción mucho mayor de potasio, deberá buscarse un complemento mineral.

Cabría aquí puntualizar el caso del potasio, en que cuando la paja no se exporta las necesidades de este elemento disminuyen drásticamente. En este caso la cebada pasa a exportar sólo unos 5 kg por 1.000 kg de grano. La relación en las extracciones se transformaría en algo así como 4-2-1.

Esta comparación de relaciones nos permite explicar la razón de que, cuando se dosifica conforme a las necesidades de nitrógeno, es habitual que se produzca un enriquecimiento progresivo del suelo en fósforo y en potasio, cuya extracción es proporcionalmente mucho menor.

Aunque nos hemos referido sólo a los nutrientes mayoritarios, es necesario considerar el aporte de materia orgánica y de microelementos que supone el abonado con fertilizantes orgánicos.



Tomando muestras de suelo.

8. Movimiento de nutrientes en el suelo.

Los trabajos que se presentan en este apartado, son ejemplos puntuales que exponen la dificultad y los riesgos de la fertilización del cereal de invierno en secano, con diferentes casuísticas de aplicación de fertilizante orgánico o mineral. También se presenta el seguimiento en la temporada de lluvias de un caso de sobrefertilización orgánica en leñosos.

El movimiento de nutrientes en el suelo, y finalmente su disponibilidad para el cultivo, está sometido a diversos condicionantes, los más importantes se pueden agrupar en propiedades y condiciones del suelo, y circulación de agua. En el caso de la fracción mineral del nitrógeno, los nitratos, que es con diferencia la forma de nutriente más móvil en el suelo, la distribución errática de la pluviometría complica sobremanera conocer la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo, por el posible lavado. Esta pérdida para el cultivo implica riesgo de afección ambiental para las aguas superficiales y subterráneas.

Aunque nos hemos centrado en condiciones de secano, el problema no es muy diferente en regadío, con la diferencia de que en este podemos en cierta medida controlar el suministro de agua y prevenir el lavado en los momentos críticos.

Precisamente por su movilidad en el suelo, la práctica general de la fertilización del cereal de invierno fracciona el aporte nitrogenado en, al menos, dos aplicaciones. La de fondo, anterior a la implantación del cultivo, junto con los otros dos nutrientes principales (fósforo y potasio), con abono orgánico o mineral. Y tras las lluvias de otoño e invierno, a salida de invierno, la de cobertera, generalmente con abono nitrogenado mineral.

La aplicación a salida de invierno o inicio de primavera se pretende sea inmediatamente anterior a algún episodio de lluvia prevista, con el propósito de que ésta infiltre la parte soluble a la zona de raíces para que sea absorbida. Esto tiene además la utilidad de reducir las pérdidas por volatilización. Sin duda se ha avanzado en las previsiones meteorológicas, pero la cantidad de precipitación que se producirá en los días posteriores a una aplicación fertilizante parece ser poco predecible.

Razones de manejo, como el riesgo de no poder acceder con la maquinaria durante un periodo de lluvias, a veces prolongado, implica tomar la decisión de anticipar la aplicación, con la duda de la evolución en profundidad de los nutrientes.

En definitiva, no es posible conocer con certeza qué pasará con los nutrientes más móviles (la parte nitrítica y amoniacal del nitrógeno). Y no solo con los que se aplican en un momento determinado, sino con los que ya estaban en el suelo o se están liberando en él. Para tener una orientación sobre lo que ocurre en episodios de pluviometría importante, se han estudiado varios casos en los que se podía conocer la aplicación de fertilizantes, y en un momento en que se habían dado precipitaciones copiosas. El agua debía haber atravesado la profundidad de suelo disponible y ello nos permitía evaluar la situación posterior.

Se trata de siete casos independientes, no comparables entre ellos, sobre evolución de nutrientes en fertilización con estiércoles Aplicaciones en fondo en cereal de invierno y un estudio sobre el resultado de una aplicación de estiércol en leñosos muy por encima de las necesidades. Aunque la publicación trata sobre estiércoles sólidos, se estudian también ejemplos con fertilización de fondo con purín y otros con abono mineral, ya que el comportamiento del nitrógeno, una vez en forma mineral, soluble, es idéntico.

Se ha procurado muestrear el suelo en capas de 30 cm, hasta 120 cm de profundidad, para poder caracterizar la distribución de nutrientes en profundidad. En el caso de leñosos se estudió, en la misma profundidad en general, aunque con alguna particularidad. Se presta atención especial al nitrógeno como elemento clave, tanto por el interés para el rendimiento del cultivo, como por el riesgo ambiental que conlleva el lavado de nitrato a las aguas.

La muestra es la base de los resultados. Se ha utilizado una "muestra compuesta", es decir, una muestra que procede de varias tomas individuales (un mínimo de 5 para la misma profundidad o ubicación indicada), que luego se ha mezclado y homogeneizado para obtener finalmente una cantidad del orden de 1,5 kg de material. Esta es exactamente la misma metodología recomendada al usuario de análisis de suelo (aunque evidentemente un usuario convencional sólo requiere muestrear la profundidad de raíces, 0 a 30 cm, o como máximo también 30-60 cm).

En todos los casos se presentan los siguientes resultados de análisis:

- Nitrógeno en forma de nitratos (N-NO₃), extraído mediante una solución de cloruro cálcico, y expresado como kg/ha de nitrógeno (N) presente en el espesor de suelo correspondiente.
- Fósforo asimilable, extraído mediante una solución de bicarbonato sódico (método Olsen), y expresado como mg/kg de fósforo (P) presente en el espesor de suelo correspondiente. Se añade la interpretación.
- Potasio asimilable (cambiable), extraído mediante una solución de acetato amónico, y expresado como mg/kg de potasio (K) presente en el espesor de suelo correspondiente. Se añade la interpretación.
- Materia orgánica oxidable (asimilable a la materia orgánica total presente), expresada como % en peso (g de MO/100 g de suelo) presente en el espesor de suelo correspondiente.

Esos procedimientos de análisis son los mismos que se aplican a una muestra normal, que fuese aportada por el agricultor. También la expresión de resultados es la habitual (para que pueda ser comparada con valores de referencia). En el caso de los nitratos, se ha preferido expresarlos en kg/ha por ser más fácilmente relacionable con la realidad del campo, y permitir visualizar mejor las cantidades implicadas.

Se hace notar que el fósforo y el potasio en el análisis de suelo se expresan como elemento (P y K), mientras que en los análisis de fertilizantes (y en la etiqueta de fertilizantes comerciales) se expresan como óxidos de esos elementos (P₂O₅ y K₂O, respectivamente). Esto es así por convenio, y utilizar la expresión estándar permite comparar con otras situaciones (con otros suelos, o con otros fertilizantes).

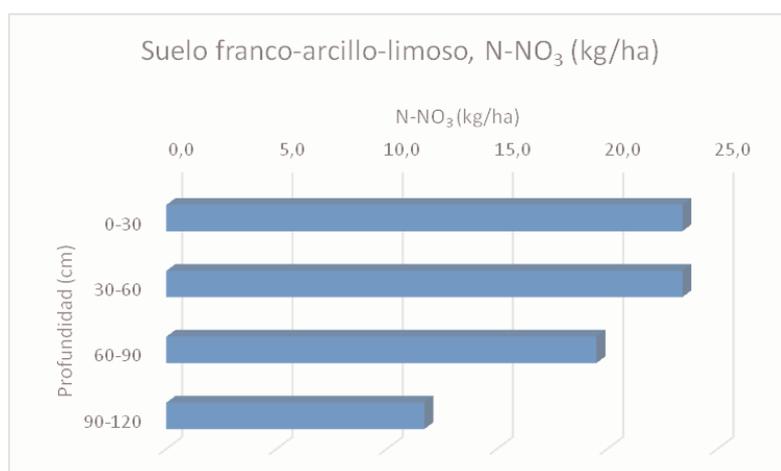
Caso 1: Aplicación de fondo con purín y cobertera mineral

Ubicación:Área de Almodóvar. Zona agroclimática subhúmeda.
 Cultivo y producción media (aprox.): ...Cebada (sin rotación), 4.000 kg/ha.
 Tipo de suelo:Franco-arcillo-limoso. Profundo.
 Manejo:Laboreo mínimo.
 Abonado de fondo:8 años anteriores con purín (equivalente a 100 kg/ha de N).
 Abonado de cobertera:Urea, en dosis equivalente a 60 kg/ha de N.
 Pluviometría previa al muestreo (aprox.): 100 l/m².
 Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.1: Distribución de nutrientes en el caso 1

Suelo franco-arcillo-limoso						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	23,4	13	Alto	536	Muy alto	1,82
30-60	23,4	5	Bajo	122	Medio	1,34
60-90	19,5	4	Bajo	72	Bajo	0,72
90-120	11,7	2	Bajo	60	Bajo	0,4

Fig. 8.1: Distribución del contenido de nitratos en el caso 1 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario al caso 1:

La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 78 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada (tabla 8.1). Realmente, lo que está por debajo de 60 cm empieza a quedar fuera de la zona de absorción, y supone 31,2 kg/ha, aproximadamente lo necesario para producir 1.500 kg de cebada.

Se observa muy claramente el enriquecimiento en fósforo y potasio en la capa superior, con seguridad originado por aplicación habitual de purín (figura 8.1). Y también la baja movilidad de esos elementos.



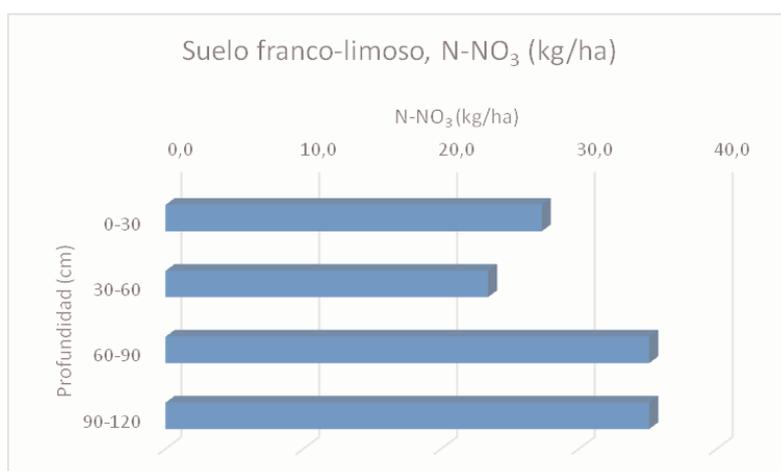
Caso 2: Aplicación de fondo con purín

Ubicación:Área de Lupiñen. Zona agroclimática húmeda.
Cultivo y producción media (aprox.): ...Cebada, 5.000 kg/ha.
Tipo de suelo:Franco-limoso. Profundo.
Manejo:Siembra directa.
Abonado de fondo:2 años con purín (equivalente a 120 kg/ha de N).
Abonado de cobertera:Sulfamid, en dosis equivalente a 48 kg/ha de N. Esta cobertera se apoyó en un análisis previo de nitrógeno disponible (50 kg/ha en 0-60 cm).
Pluviometría previa al muestreo (aprox.): .115 l/m².
Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.2: Distribución de nutrientes en el caso 2

Suelo franco-limoso						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	27,3	9	Medio	100	Medio	1,20
30-60	23,4	3	Muy Bajo	66	Bajo	0,70
60-90	35,1	5	Bajo	48	Bajo	0,57
90-120	35,1	2	Bajo	48	Bajo	0,43

Fig. 8.2: Distribución del contenido de nitratos en el caso 2 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario al caso 2:

La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 120 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada. En la figura 8.2 se aprecia un perfil invertido para la distribución del nitrógeno mineral, puesto que hay más nitratos por debajo de 60 cm que en la parte superior (70,2 kg/ha, frente a 50,7 por encima de 60 cm). Y es notable el descenso en la capa superior teniendo en cuenta que ya antes de la cobertera contenía 50 kg/ha de nitrógeno mineral y recibió 48 kg/ha más.

En este caso es patente el lavado producido por las lluvias (*figura 8.2*), probablemente por una permeabilidad favorable.



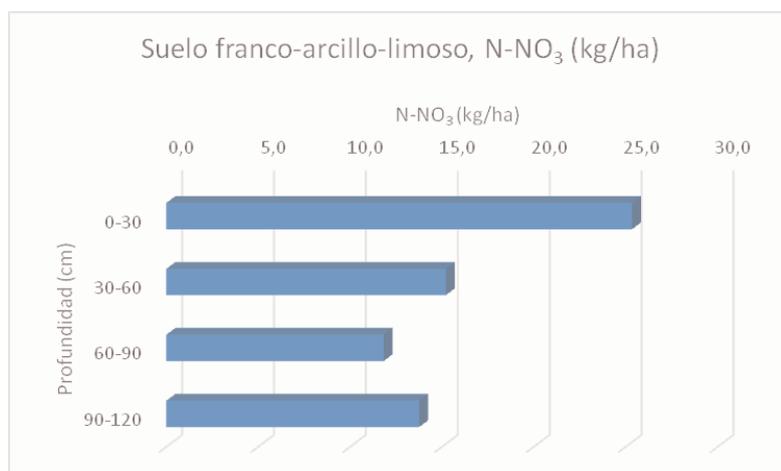
Caso 3: Aplicación de fondo con estiércol de pollo.

Ubicación:Área de Lupiñen. Zona agroclimática húmeda.
 Cultivo y producción media (aprox.): ...Cebada, 5.000 kg/ha.
 Tipo de suelo:Franco-arcillo-limoso. Profundo.
 Manejo:Siembra directa.
 Abonado de fondo:3 años con estiércol de pollo (equivalente a 135 kg/ha de N).
 Abonado de cobertera:Sulfamid, en dosis equivalente a 48 kg/ha de N. Esta cobertera se apoyó en un análisis previo de nitrógeno disponible (71 kg/ha en 0-60 cm).
 Pluviometría previa al muestreo (aprox.): 115 l/m².
 Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.3: Distribución de nutrientes en el caso 3

Suelo franco-arcillo-limoso						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	25,3	13	Alto	190	Alto	1,42
30-60	15,2	7	Bajo	150	Medio	1,04
60-90	11,8	3	Muy bajo	128	Medio	0,96
90-120	13,8	2	Muy bajo	116	Medio	0,65

Fig.: 8.3. Distribución del contenido de nitratos en el caso 3 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario:

La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 65,5 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada (tabla 8.3). Con un movimiento en profundidad relativamente bajo, la cantidad presente por debajo de 60 cm es relativamente baja (25,6), la suficiente para producir aproximadamente 1.000 kg de cebada.



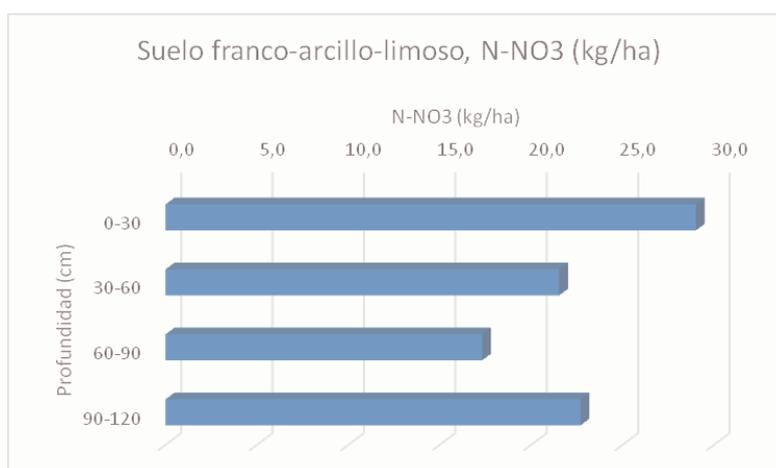
Caso 4: Aplicación de fondo con estiércol de pollo.

Ubicación:Área de Lupiñen. Zona agroclimática húmeda.
Cultivo y producción media (aprox.): ...Cebada, 5.000 kg/ha.
Tipo de suelo:Franco-arcillo-limoso. Profundo.
Manejo:Siembra directa.
Abonado de fondo:15 años con estiércol de pollo (equivalente a 170 kg/ha de N).
Abonado de cobertera:Nitrosulfato, en dosis equivalente a 31 kg/ha de N. Esta cobertera se apoyó en un análisis previo de nitrógeno disponible (71 kg/ha en 0-60 cm).
Pluviometría previa al muestreo (aprox.): .115 l/m².
Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.4: Distribución de nutrientes en el caso 4

Suelo franco-arcillo-limoso						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	29,0	32	Muy Alto	346	Muy Alto	2,16
30-60	21,5	10	Medio	172	Alto	1,65
60-90	17,3	6	Bajo	138	Medio	1,48
90-120	22,7	12	Medio	126	Medio	1,33

Fig. 8.4: Distribución del contenido de nitratos en el caso 4 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario al caso 4:

Respecto al conjunto de nutrientes, este caso revela con claridad el efecto sobre la fertilidad del suelo de aplicaciones frecuentes de estiércoles cuyo contenido de fósforo y potasio en relación al nitrógeno es superior a la relación en que se extraen estos elementos (ver apartado 7). Como resultado (véase *tabla 8.4*), el suelo se enriquece en fósforo y potasio en los niveles más próximos a la superficie (se trata de elementos poco móviles en el suelo). También hay cierta elevación del contenido de materia orgánica.

Respecto al nitrógeno, la cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 90,5 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada. Se detecta un avance en el "frente" de lavado de nitratos, de modo que la cantidad presente entre 90 y 120 cm llega a ser superior a la encontrada entre 30 y 60 cm (*figura 8.4*). Así, la cantidad presente por debajo de 60 cm es importante (40,0 kg/ha), la suficiente para producir aproximadamente 2.000 kg de cebada. Y, además, el repunte de nitratos entre 90 y 120 cm parece indicar que a más profundidad puede haber cantidades importantes en movimiento, totalmente fuera ya del alcance de las raíces.

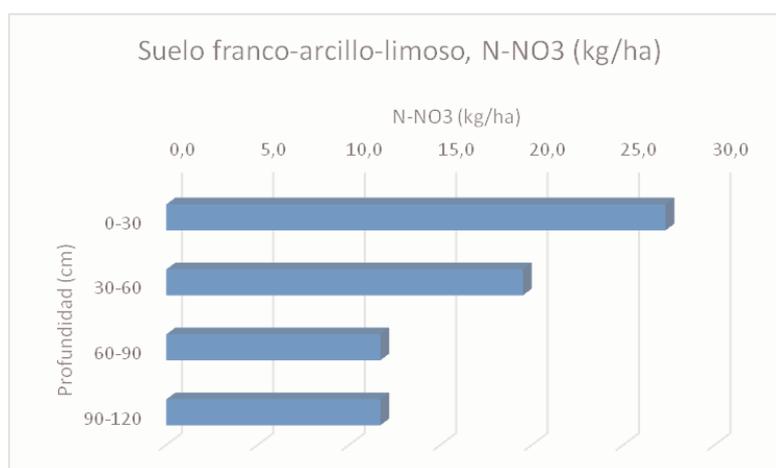
Caso 5: Aplicación de fondo con fertilizante mineral. Precedente guisante.

Ubicación:Área de Huesca. Zona agroclimática húmeda.
 Cultivo y producción media (aprox.): ...Trigo, 5.000 kg/ha. En rotación con guisante (cultivo anterior).
 Tipo de suelo: Franco-arcillo-limoso. ...Profundo.
 Manejo:Siembra directa.
 Abonado de fondo:Fosfato diamónico (equivalente a 30 kg/ha de N).
 Abonado de cobertera:Sin cobertera. Precedente guisante.
 Pluviometría previa al muestreo (aprox.): ...110 l/m².
 Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.5: Distribución de nutrientes en el caso 5

Suelo franco-arcillo-limoso						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	27,3	5	Bajo	84	Medio	1,33
30-60	19,5	4	Bajo	68	Bajo	0,92
60-90	11,7	3	Bajo	54	Bajo	0,67
90-120	11,7	3	Bajo	< 40	Bajo	0,46

Fig. 8.5: Distribución del contenido de nitratos en el caso 5 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario al caso 5:

Un caso de fertilización muy ajustada. Cultivo de trigo en el que el grueso del nitrógeno procede del cultivo de leguminosa que precede en la rotación.

La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 70,2 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada (*tabla 8.5*). Pese a lo ajustado de los aportes, se detecta una cantidad apreciable de nitrógeno mineral a profundidad superior a 60 cm, en concreto 23,4 kg/ha, la suficiente para producir aproximadamente 1.000 kg de trigo.



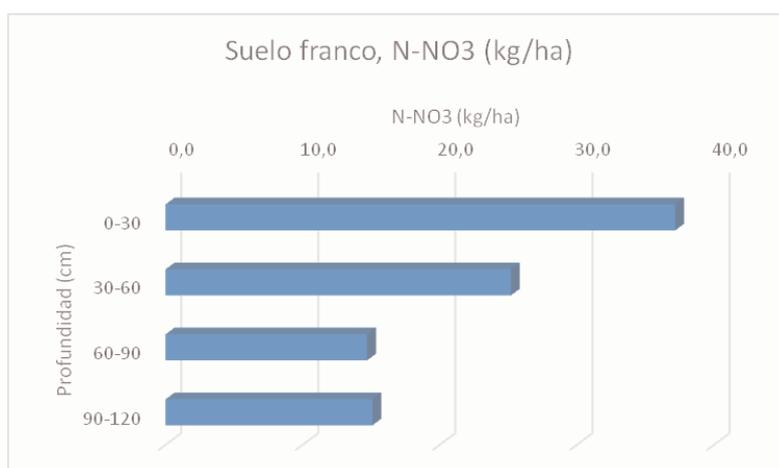
Caso 6: Aplicación de fondo con fertilizante mineral.

Ubicación:Área de Huesca. Zona agroclimática húmeda.
 Cultivo y producción media (aprox.): ...Cebada, 4.000 kg/ha. (dos años después de guisante).
 Tipo de suelo:Franco. Profundo.
 Manejo:Siembra directa.
 Abonado de fondo:Fosfato diamónico (equivalente a 30 kg/ha de N).
 Abonado de cobertera:Urea, en dosis equivalente a 80 kg/ha de N.
 Pluviometría previa al muestreo (aprox.): ...110 l/m².
 Estado del cultivo:Ahijamiento.

Tabla 8.6: Distribución de nutrientes en el caso 6

Suelo franco						
Profundidad	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K	MO (%)
0-30	37,2	18	Medio	184	Alto	1,81
30-60	25,2	12	Bajo	134	Alto	1,43
60-90	14,7	6	Bajo	88	Medio	0,83
90-120	15,1	7	Bajo	104	Medio	0,69

Fig. 8.6: Distribución del contenido de nitratos en el caso 6 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



Comentario al caso 6:

Fertilización mineral ajustada. La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del muestreo supone 92,2 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada (tabla 8.6).

De forma similar al caso 5, pese a lo ajustado de los aportes, de ese total se detecta una cantidad importante a profundidad superior a 60 cm, en concreto 29,8 kg/ha, la suficiente para producir algo más de 1.000 kg de cebada.



Caso 7: Sobrefertilización con fertilizante orgánico.

Ubicación:	Área de Somontano de Barbastro. Zona agroclimática húmeda.
Cultivo y producción media (aprox.): ..	Olivo, 3.000 kg/ha. Plantación joven.
Tipo de suelo:	Franco. Profundo.
Manejo:	Riego por goteo. Laboreo. Plantación convencional, olivos aislados en marco amplio (7 x 6).
Abonado:	Estiércol de conejo sin cama (equivalente a 460 kg/ha de N), aplicado entre líneas.
Pluviometría previa al muestreo (aprox.):	240 l/m ² acumulados desde la aplicación fertilizante hasta el primer muestreo (4 meses), y 324 l/m ² acumulados desde la aplicación fertilizante hasta el segundo muestreo (8 meses).

En este caso se había realizado a final de verano una aplicación experimental, prácticamente como enmienda, de estiércol sin sustrato carbonado (sin cama), en dosis muy superior a las necesidades del cultivo. Aproximadamente se aportaron 460 kg/ha de N total, 449 kg/ha de fósforo total (expresado como P₂O₅), y 1064 kg/ha de potasio total (expresado como K₂O), todo ello en forma orgánica. Esa dosis de fertilizante orgánico es similar a la aplicación orgánica que se recomienda como enmienda previa a la implantación de un cultivo leñoso, pero es muy superior a las necesidades anuales del cultivo existente.

En este caso la aplicación fertilizante se hizo al espacio entre líneas de cultivo, enterrándolo con un pase de grada.

Dadas las particularidades de este caso, que permitía evaluar el movimiento en el suelo de gran cantidad de nutrientes excedentarios, se decidió dirigir el muestreo de forma adaptada a la aplicación y a las lluvias:

- A los cuatro meses (final de otoño) de realizar la fertilización tuvieron lugar durante una semana lluvias copiosas de aproximadamente 132 l/m², con una precipitación acumulada en el otoño de 240 l/m², momento en el cual se tomaron muestras del suelo en dos zonas:
 - En la línea de plantación (buscando la zona de raíces), donde había extracciones, y no había aplicación directa sino indirecta por difusión desde el centro de la calle. Se muestrea en dos capas hasta los 60 cm.
 - Entre líneas, donde se hizo la aplicación pero no hay extracciones.
- A los ocho meses de realizar la aplicación fertilizante (principio de primavera) se muestreó de nuevo la zona entre líneas (con una precipitación acumulada de 324 l/m², 84 litros en los 4 meses adicionales).

Tabla 8.7: Distribución de nutrientes en el caso 7.

	Profundidad (cm)	N-NO ₃ (kg/ha)	P (mg/kg)	Interpretación P	K (mg/kg)	Interpretación K
LÍNEAS 4 MESES	0-30	23,4	27	Medio	104	Bajo
	30-60	15,6	7	Muy bajo	20	Muy bajo
ENTRE LÍNEAS 4 MESES	0-30	156,4	337	Muy alto	1660	Muy alto
	30-60	175,5	25	Medio	206	Medio
	60-90	148,2	14	Bajo	48	Muy bajo
	90-120	89,7	6	Muy bajo	24	Muy bajo
ENTRE LÍNEAS 8 MESES	0-30	120,9	301	Muy alto	1336	Muy alto
	30-60	46,8	37	Muy alto	158	Medio
	60-90	39,0	10	Bajo	66	Bajo
	90-120	23,4	6	Muy bajo	90	Bajo

Fig. 8.7: Distribución del contenido de nitratos en el caso 7 (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad y en cada zona y momento de muestreo).

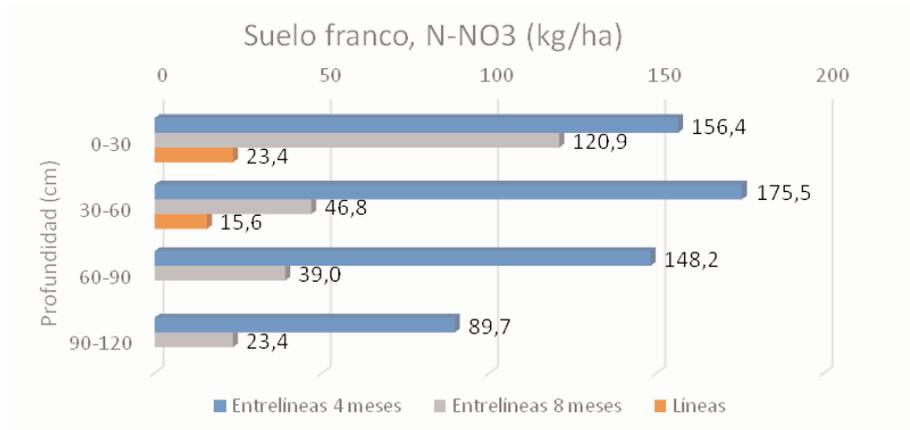


Fig. 8.8: Distribución del contenido de fósforo en el caso 7 (expresado en mg/kg de P, en cada intervalo de profundidad y en cada zona y momento de muestreo).

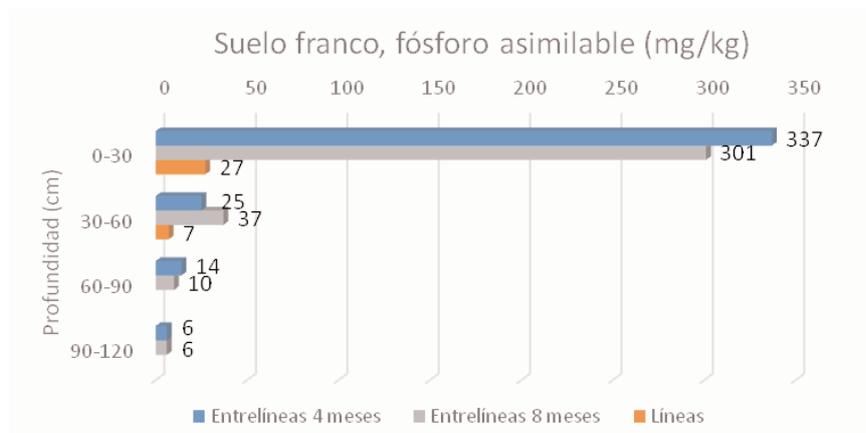
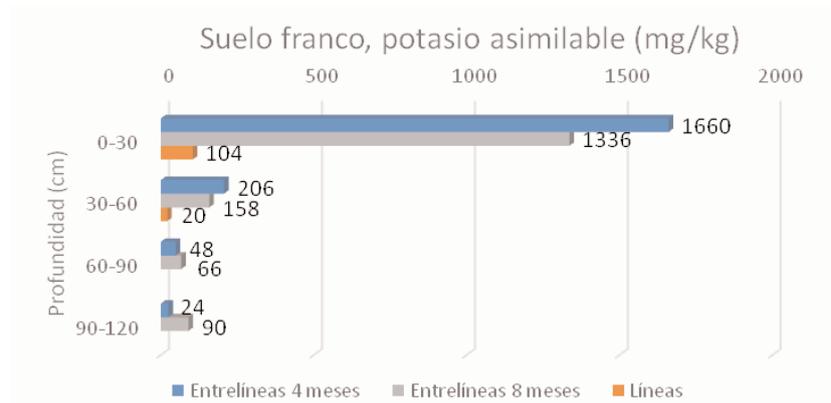


Fig. 8.9: Distribución del contenido de potasio en el caso 7 (expresado en mg/kg de K, en cada intervalo de profundidad y en cada zona y momento de muestreo).



Comentario al caso 7:

El caso 7 es el contrapunto a los casos anteriores. En este caso hay un excedente claro de nutrientes en la zona de "Entrelineas", y podemos ver la distribución en profundidad de esos nutrientes, que son aplicados en exceso en una zona en la que, además, la absorción es muy reducida o nula.

La zona de "Líneas" recibe (por difusión o por desplazamiento por laboreo) una cantidad reducida de nutrientes, y además allí son consumidos. En los 60 cm de suelo muestreados se cuantifica un total de 39 kg de nitrógeno en forma de nitratos, suficiente para apenas unos 2.000 kg de olivas (*tabla 8.7 y figura 8.7*).

En la zona "Entrelineas" la situación es muy diferente. La cantidad de nitrógeno mineral presente en el momento del primer muestreo supone 331,5 kg/ha entre 0 y 60 cm, y 569,4 kg/ha en el conjunto de la profundidad analizada (ver **tabla 8.7**). El nitrógeno mineral por debajo de 60 cm supone 237,9 kg/ha. Se calcula que si toda una hectárea estuviese en estas condiciones, podría abastecer una producción de al menos 16.000 kg de olivas, con solo los primeros 60 cm de suelo, y sin tener en cuenta otros aportes, como el de la materia orgánica.

Como consecuencia del excedente, en la zona "Entrelineas" hay un flujo de nitratos vertical descendente muy importante, que lleva a que se detecten casi 90 kg/ha de nitrógeno en forma de nitratos entre 90 y 120 cm (ver **figura 8.7**), lo que evidencia que a más profundidad seguirá habiendo nitrógeno. Esos 90 kg de nitrógeno podrían alimentar hasta 4.500 kg de olivas (o un poco menos de cebada).

Comparando las **figuras 8.7** a **8.9** puede verse el comportamiento radicalmente diferente de los nutrientes principales en el suelo. Los resultados representados en la **figura 8.7** muestran como en caso de aplicaciones excesivas de nitrógeno en ubicaciones inadecuadas, los nitratos son lavados a profundidades superiores a la zona de raíces pudiendo llegar a las aguas subterráneas con riesgo de contaminarlas. Nótese que el "perfil" vertical de concentración de nitrógeno en forma mineral es casi plano (concentraciones similares en todas las profundidades muestreadas), aunque disminuye un poco en la capa 90-120 cm.

Contrasta fuertemente con la situación de los nitratos la del fósforo y el potasio (**figuras 8.8** y **8.9**, respectivamente). Aunque de ambos elementos existe un fuerte enriquecimiento en la capa superficial (sin duda procedente del aporte orgánico), comparable e incluso superior al de nitrógeno como nitratos, prácticamente nada de esos nutrientes desciende más allá de los 60 cm (y poco de los 30). Esto es así por diferentes motivos, la capacidad de intercambio catiónico del suelo retiene fuertemente a ambos elementos y, en el caso del fósforo, además, las sales que forma en el suelo son muy insolubles.

La mayor parte del fósforo, el potasio, y también la materia orgánica están en superficie. El riesgo de pérdida por lavado de esos elementos y componentes del suelo es mínimo (véase el contenido en niveles 60-90 y 90-120 en las **figuras 8.8** y **8.9** o en la **tabla 8.7**). En estos casos el riesgo de pérdida va ligado a la pérdida de suelo superficial, es decir a la erosión.

En el muestreo a los 8 meses de la aplicación se aprecian movimientos de nutrientes. Los nitratos han disminuido de forma generalizada, aunque más en profundidad, puede ser por lavado o, también en gran parte, por recombinación en materia orgánica del suelo. Respecto a fósforo, el incremento en la capa 30 a 60 parece más atribuible a un problema de reproducción de los puntos y profundidad de muestreo que a una diferencia real (la capa superficial muy rica puede contaminar fácilmente la muestra de la capa inferior). El resto de diferencias son despreciables.

Comentario general a los casos presentados:

Los casos no son directamente relacionables entre sí, se trata de formas de manejo y circunstancias muy diferentes. Sin embargo, todos tienen en común una presencia de nitratos en capas profundas que, aunque muy diferente entre unos y otros, es relativamente importante y omnipresente. Esa presencia pone de manifiesto, además, la posibilidad de que esa concentración se continúe mucho más allá de la zona de raíces.

Parece existir un "nivel de fondo" de unos 10 a 20 kg/ha de nitrógeno como nitratos que está presente en la capa de entre 90 y 120 cm, dispuesta a abandonar definitivamente el suelo. Esta cantidad "mínima" se da aún en los casos de fertilización muy ajustada y bajas concentraciones en superficie, se eleva algo en casos de suelos más permeables con aplicaciones importantes (caso 2), pero lo hace muy considerablemente en casos de las aplicaciones elevadas (orgánicas, aunque sería lo mismo con minerales) del caso 7.

Es necesario considerar que la pluviometría de la campaña de muestreo había sido excepcionalmente alta en otoño (más de 100 l/m²), y eso ha facilitado el lavado de los nutrientes solubles. Por otra parte, se presentan 7 casos de entre una casuística que es inabarcable (diferentes suelos, cultivos, manejos, fertilizantes, pluviometría,.....).

Para ajustar las dosis, y por tanto las pérdidas, parece muy recomendable realizar el análisis del nitrógeno mineral (N-min) disponible en la zona de raíces (0-30 cm para cereal, o 0-30 y 30-60 cm en leñosos) poco antes de realizar nuevos aportes, para ajustar estos, por ejemplo antes de las coberturas.

Este análisis es el mismo que se ha realizado para caracterizar estos casos. También, y en cualquier caso, no realizar aportes allí donde no haya un cultivo y un sistema radicular dispuesto a la absorción suficiente.

La tendencia a reducir o suprimir los aportes nitrogenados en abonado de fondo parece también de utilidad, aunque en la práctica poco compatible con el uso de aportes orgánicos.

En las **figuras 8.10** y **8.11** puede verse comparada la presencia de nitrógeno mineral en los diferentes casos que se han estudiado. En la **figura 8.10** se presentan conjuntamente, para poder comparar el caso 7, con una fertilización excesiva, con todos los demás, y puede verse como esa fertilización da lugar a una concentración muy alta de nitrógeno mineral en todas las profundidades estudiadas.

Fig. 8.10: Comparativa de la distribución del contenido de nitratos en el conjunto de casos estudiados (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).

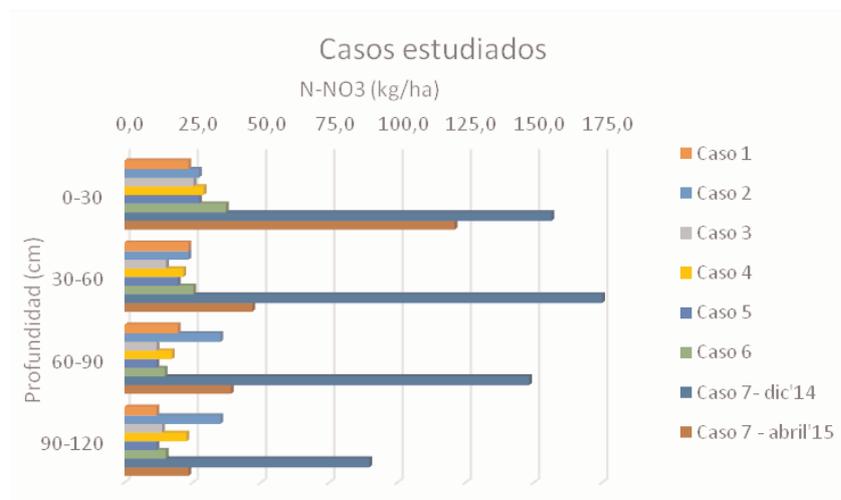
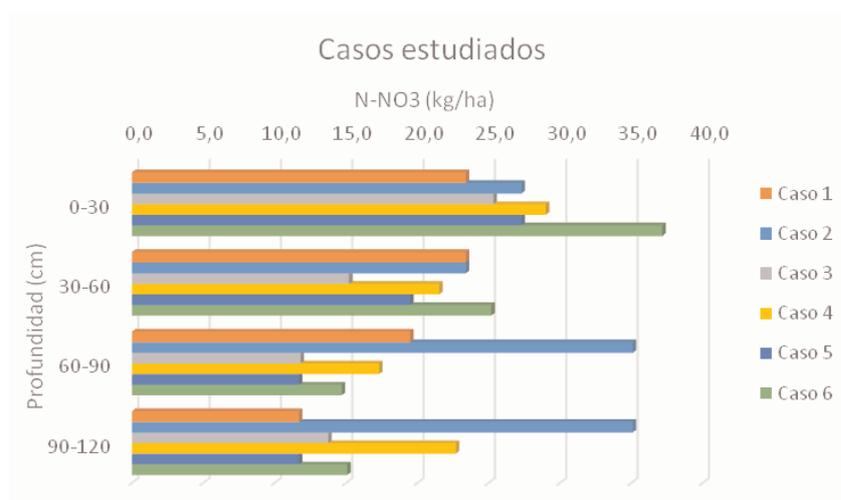


Fig. 8.11: Comparativa de la distribución del contenido de nitratos en los casos de aplicación "ajustada" (expresado en kg/ha de N en forma de nitratos, en cada intervalo de profundidad).



En la **figura 8.11** se puede comparar la presencia de nitratos en cada caso estudiado en los que la fertilización se ha realizado intentando ajustarse a las necesidades. Se puede ver como, aún en estos casos (1 a 6), hay una clara deriva de nitrógeno hacia capas profundas. Destaca especialmente el caso 2, con un perfil invertido (hay más nitratos entre 60 y 120 cm que por encima de 60), y también el caso 4 y el caso 6. Pero, sobre todo, es remarcable el hecho de que siempre hay una cantidad de nitrógeno en forma de nitratos superior al equivalente a 10 kg/ha en la profundidad 90 a 120 cm.



9. Conclusiones

1. Contar con información sobre las principales características de un subproducto ganadero es esencial para su correcto aprovechamiento. Dada la gran variedad de ganaderías y de formas de manejo lo mejor es analizar el subproducto, si no es posible, buscar en tablas el caso más similar (en el apartado 6 se presentan los resultados de este trabajo para diferentes estiércoles).
2. El balance de nitrógeno en las explotaciones ganaderas pone de manifiesto un importante contenido en los estiércoles (18,4 % del nitrógeno entrado en las granjas de pollos y 23,8 % del nitrógeno entrado en conejos) y, sobre todo, una pérdida muy importante de nitrógeno en formas volátiles. La eficiencia global que se ha calculado para el nitrógeno en la producción de carne de conejo en una granja en ciclo cerrado, es el 33,5 %. Es decir, solo un tercio del nitrógeno suministrado en el pienso es retenido, el resto es excretado en las deyecciones, coincidiendo prácticamente este resultado con el de la producción porcina.
3. La toma de muestras de un estiércol con garantía de veracidad de los resultados exige respetar una metodología que básicamente se resume en:
 - dividir el acopio en unidades homogéneas (procedencia, tiempo de acopio)
 - efectuar un mínimo de 6 tomas individuales para mezclarlas bien y constituir la muestra final (para un error menor del 10 %).
4. En el apartado 6 se presentan valores de 11 estiércoles, en algunos casos con variaciones en el manejo o en el tiempo de maduración. Comparando los resultados obtenidos con los de la principal tabla de referencia (Ziegler D. y Heduyt M.), vigente para Zonas Vulnerables, hay concordancia en general, aunque se detectan algunas diferencias.
5. Desde el punto de vista del aprovechamiento es importante ver en qué proporciones relativas se encuentran los nutrientes mayoritarios (equilibrio). Los estiércoles de cada especie o tipo presentan una pauta común en cuanto al equilibrio entre nutrientes. Este equilibrio permite separar los estiércoles de aves (monogástricos; 2-1-2 aproximadamente; que es similar al del purín porcino), de los rumiantes (o poligástricos; 3-1-4 aprox.), y del resto (conejos; en torno a 1-1-1). Este equilibrio está relacionado con la presencia o no de cama vegetal, el tipo de alimentación y el tipo de digestión. El estiércol de pollos con cama (equilibrio 2-1-2) es el que mejor se adapta al patrón de extracciones de los cereales.
6. En la evolución de los estiércoles sin sustrato carbonado (cama) se detectan las mayores pérdidas de nitrógeno por volatilización. Por ejemplo, en el estiércol de codornices acopiado al aire durante 6 meses pierde más del 64 % del nitrógeno amoniacal que contenía a la salida de la granja. La presencia de cama o la mezcla de estiércoles con otros que la contienen hace disminuir sensiblemente estas pérdidas, favoreciendo además la aireación en la fase de compostaje y facilitando el manejo del conjunto.
7. Los riesgos de pérdidas de nitratos por lavado se incrementan mucho cuando las dosis aportadas exceden las necesidades, aunque siempre hay una parte del nitrógeno en las capas más bajas del suelo (fuera de la zona de raíces), aun en caso de fertilización muy ajustada. En el caso del fósforo y el potasio la movilidad vertical es muy reducida, si se produce un aporte excesivo, estos elementos se van acumulando en la capa superficial del suelo.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio Agroambiental su disponibilidad para realizar los análisis cuyos resultados se exponen en esta publicación. En especial a las Unidades de Fertilizantes y de Suelos, y a todo su personal.

A los agricultores y ganaderos que facilitaron sus explotaciones y los datos necesarios para realizar estos estudios.

A Miguel Ángel Hernando, que con gran paciencia y eficacia ha maquetado esta publicación.

Trabajos de referencia

Los resultados que se presentan en esta IT se han extraído de los tres trabajos siguientes:

1. "Caracterización de un subproducto ganadero para su aplicación agrícola. Metodología de muestreo." Alberto Castillo Aranda. Trabajo fin de Grado de Ciencias Ambientales. 2013. <http://zagan.unizar.es/>
2. "Subproductos orgánicos de origen animal en Aragón. Gestión del contenido de Nutrientes." Luis López Elbaile. Trabajo fin de Grado de Ciencias Ambientales. 2014. <http://zagan.unizar.es/>
3. "Aprovechamiento agrícola de los estiércoles sin sustrato carbonado. Caso del estiércol cunícola". Alba Barrós Torres. Proyecto final de Master Universitario en Gestión Medioambiental de la Empresa 2015. email: abarros@aragon.es





Autores:

<i>Francisco Iguácel Soteras</i>	Licenciado en Veterinaria
<i>Alberto Castillo Aranda</i>	Graduado en Ciencias Ambientales
<i>Luis López Elbaile</i>	Graduado en Ciencias Ambientales
<i>Alba Barrós Torres</i>	Licenciada en Química. Master Universitario en Gestión Medioambiental de la Empresa. Responsable Técnico de Residuos Zoonosanitarios en el Laboratorio Agroambiental.
<i>Jesus A. Betrán Aso</i>	Ingeniero Agrónomo. Jefe de Unidad Técnica de Calidad y Análisis Agrícolas en el Laboratorio Agroambiental. Profesor Asociado del Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Zaragoza

Los ensayos presentados en esta Información Técnica han sido financiados con fondos de la Unión Europea (FEADER) y del Gobierno de Aragón (Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2014-2020; Información y formación profesional, medida 111, submedida 1.7)

Los trabajos experimentales se han realizado en el marco de la RED ARAGONESA DE TRANSFERENCIA E INNOVACION AGRARIA.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando sus autores y origen: Informaciones Técnicas del Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA:
Av. Montañana, 930 • 50059 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 44

Correo electrónico: cta.sia@aragon.es - agricultura@aragon.es

■ **Edita:** Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Dirección General de Desarrollo Rural. Servicio de Innovación y Transferencia Agroalimentaria.
■ **Composición:** Centro de Transferencia Agroalimentaria. ■ **Imprime:** ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.