

## Mejora del valor nutritivo de

### Optimización del tratamiento con amoníaco

J. L. GUZMAN GUERRERO; A. GOMEZ CABRERA; A. GARRIDO VARO  
Y J. E. GUERRERO GINEL. Departamento de Producción Animal. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

El interés creciente por el aprovechamiento integral de la biomasa, la necesidad de disminuir el coste de la alimentación, así como la búsqueda de alternativas a la contaminación que genera la destrucción de subproductos como las pajas de cereales, nos lleva a hacer uso de las mismas.

Las pajas de cereales junto con el cañote de maíz son los residuos de cosecha más abundantes en el mundo y también en Europa, donde se producen unos 333 millones de t anuales, de las cuales alrededor del 9% se producen en los países del área mediterránea, siendo Italia y España los países de este área que mayor cantidad de paja de cereales generan (Sundstol, 1988b). Concretamente, en España, en el año 1989, se dedicaron unos 7,9 millones de ha a su cultivo, que generaron 8,9 millones de t de paja cosechada, representando la paja de cebada y de trigo el 94,4% de la producción total (MAPA, 1989).

Las pajas de cereales han sido utilizadas desde la antigüedad como el principal alimento de volumen para

los rumiantes. En los países del Sur y Este de Europa y sobre todo en los países en vías de desarrollo el uso de la paja en la alimentación animal tiene todavía una gran importancia. Además, el interés creciente en la actualidad por el aprovechamiento integral de la biomasa, especialmente por aquella que pueda servir de alimento a los animales y la búsqueda actual por diversificar las fuentes de energía y de materias primas con objeto de disminuir el costo de la alimentación (Boza y Ferrando, 1989), así como la de buscar alternativas a la contaminación que genera la destrucción de estos subproductos nos llevan a hacer uso de los mismos. Por otra parte, en España, el manejo extensivo tradicional de la oveja, cabra y vaca, está basado en

períodos durante los cuales la paja aporta al menos el 80% de la energía requerida (Alibes y col., 1984).

No obstante, la utilización y el aprovechamiento de las pajas de cereales por los rumiantes es limitada, su pobre valor nutritivo, debido en gran medida a su gran riqueza en componentes parietales poco digestibles (73-81% MS), su escaso contenido en materias nitrogenadas (2-9%), glúcidos solubles (0,3-1,3%), minerales (3-13%) (excepto el K, que supera los 8 g/kg MS) y vitaminas, hace que las pajas de cereales sean ingeridas en escasa cantidad y no sean capaces de cubrir las necesidades alimenticias de los animales de alta producción, si no son correctamente complementadas con otros alimentos.

Con el fin de incrementar la utilización de este recurso alimenticio y de conducir a sumejor aprovechamiento por los rumiantes, se han ideado varios métodos de mejora de su valor nutritivo, sobre todo durante las dos últimas décadas (Sundstol y Owen, 1984).

Estos métodos de mejora del valor alimenticio de los subproductos fibrosos se pueden clasificar en métodos físicos, químicos y biológicos. Entre

CUADRO I. MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LOS FORRAJES DE BAJA CALIDAD CON AMONIACO (SUNDSTOL, 1988A)

Formas de amoníaco	Procedimiento para el tratamiento	Condiciones (óptimas)
Amoníaco anhidro y acuoso	1.—Almiar de pacas rectangulares o redondas cubierto con polietileno e inyectado con amoníaco. 2.—Pacas redondas medidas en sacos de polietileno y tratadas individualmente con amoníaco.	3-3,5% NH <sub>3</sub> /MS, 15-20% de humedad en el material, 1-8 semanas de tratamiento dependiendo de la temperatura. 3-3,5% NH <sub>3</sub> /MS, 15-20% de humedad en el material, 1-8 semanas de tratamiento dependiendo de la temperatura.
Amoníaco anhidro	1.—Tratamiento en recintos aislados sin adición de calor. 2.—Tratamiento en horno con adición de calor.	3-3,5% NH <sub>3</sub> /MS, 15-20% de humedad en el material, 1-8 semanas de tratamiento dependiendo de la temperatura. Tratado con calor (90 °C) y amoniicado (3-3,5% NH <sub>3</sub> ) durante 17 h.
Urea	1.—Material ensilado de diferentes formas. 2.—Material picado o molido con adición de urea antes de ser paletizado en planta industrial.	Solución de urea al 5% en agua mezclado con material al 50%, > 20 °C, una semana o más. 2-3% urea, al menos 133 °C, 15-20 °C de humedad.
Orina	1.—Orina usada como solución de urea para ensilar el material.	Cantidades de orina dependiendo de la concentración de N. lo demás como en urea 1.
Carbonato amónico/ Carbonato hidrógeno Amónico	Como para urea 1.	Temperatura 60-110 °C.

## las pajas de cereales

los tratamientos físicos se encuentran los tratamientos mecánicos (molido, picado, etc.) (utilizados desde el antiguo), con vapor a presión, con radiaciones ionizantes, separar y coleccionar aquellas partes de la paja de cereal con mayor valor nutritivo (hojas), etc. A nivel químico un gran número de sustancias han sido probadas y empleadas para aumentar el valor nutritivo de las pajas de cereales: diferentes ácidos, bases, agentes oxidantes y sales. Los tratamientos biológicos o enzimáticos se basan en la utilización de microorganismos o bien de enzimas capaces de degradar a los componentes de la pared celular, facilitando así su digestión y la de otros componentes de las pajas.

La mayoría de los métodos de mejora enumerados anteriormente no son aplicables a nivel práctico, bien por su elevado coste, por su peligrosidad o porque faltan estudios realizados sobre el animal. Dentro de los utilizados más ampliamente a nivel práctico se encuentran los tratamientos con álcalis como el hidróxido sódico y el amoníaco y sus derivados.

El tratamiento con amoníaco ha experimentado un gran auge en toda Europa y en España por su sencillez de aplicación a nivel de granja y porque presenta algunas ventajas sobre el tratamiento con hidróxido sódico, ya que además de su acción química, produce un enriquecimiento en nitrógeno, utilizable por los microorganismos ruminales (Gordon y Chesson, 1983); además, el exceso de amoníaco eliminado por la orina puede ser usado como fertilizante nitrogenado, mientras que el exceso de  $\text{Na}^+$  es un contaminante del suelo (Orskov y col., 1983). El amoníaco también favorece

la conservación de materiales muy húmedos, por su efecto antifúngico (Johnson y col., 1981) y produce la destrucción de las semillas de las malas hierbas, como la avena loca (Sundstol y Coxworth, 1984).

### TRATAMIENTOS

Existen varias formas de administrar el amoníaco y varias técnicas de tratamiento (Sundstol, 1988a) (Cuadro I). En España, el más ampliamente utilizado es el tratamiento con amoníaco anhidro mediante el método de almiar (Eraso y Moreno, 1984). De forma muy resumida, este método consiste en la aplicación directa de amoníaco, sobre un almiar de pacas de paja, recubierto herméticamente con láminas de polietileno. El tratamiento se hace a temperatura ambiente y durante un tiempo determinado, después de transcurrido este tiempo se descubre el plástico del almiar y se deja airear.

En el año 1983 el MAPA consideró de interés la promoción del tratamien-

to con amoníaco anhidro, mediante la subvención del coste de aplicación de dicho producto (O.M. de 20/VII/83; B.O.E. 28/07/83). Dicha promoción se mantuvo a nivel nacional durante varios años, pasando a partir del año 1987 a ser potestativo de cada comunidad autónoma. Gómez Cabrera y col. (1989) recogieron los resultados y las vicisitudes ocurridas con dicho tratamiento en el Sur de España, incluyendo la descripción de determinados casos de intoxicación producidos en la campaña de 1986, casos que podrían estar asociados a una alta calidad de las pajas tratadas y, sobre todo, a la realización de tratamientos (introducción del amoníaco) en momentos especialmente calurosos (horas centrales del día en pleno verano).

El efecto que produce el tratamiento con amoníaco sobre el valor nutritivo de las pajas de cereales, cuando éste se produce en buenas condiciones, es que el contenido en nitrógeno de la paja es doblado o incluso triplicado y además se producen una serie de modificaciones fisicoquímicas en la pared celular que provocan una disminución de la fibra neutro detergente (FND) debida en su mayor parte a la disolución de la hemicelulosa (Mason y col., 1988);



Almiar de paja de cereal tratada con amoníaco anhidro, abierto para su utilización.

todo ello hace que se produzca un incremento medio en la digestibilidad de la materia orgánica de la paja de unas 10 unidades porcentuales (Ibbotson y col., 1984) y un aumento en la ingestión voluntaria de  $14,2 \pm 12,5$  g/kg PV<sup>0,75</sup>, en ovinos y de  $1,8 \pm 0,86$  kg MS/día en bovinos, según Chenost y Dulphy (1987).

Son varios los factores que inciden directamente sobre la efectividad del tratamiento con amoníaco de las pajas de cereales; unos factores están relacionados con las condiciones en las que se realiza el tratamiento, como son la dosis de amoníaco empleada, la humedad de la paja en el momento del tratamiento, la temperatura y la duración del mismo, y otros relacionados con las características intrínsecas del material a ser tratado como es su calidad nutritiva inicial. Existen además otros factores secundarios que influyen en el tratamiento con amoníaco, entre ellos, la fuente de amoníaco utilizada, la presión y el tamaño de la paja.

Existen numerosos trabajos en la



Tanque y horno para el tratamiento de paja de cereal con amoníaco y restos de almiar de paja tratada.

bibliografía encaminados a encontrar el nivel óptimo de cada factor para el tratamiento con amoníaco (cuadro II), pero la mayoría de ellos han sido

realizados en países de clima frío o templado, encontrándose una gran disparidad en cuanto al nivel empleado de cada factor, además en la aplicación práctica de este tipo de tratamiento en España (Gómez Cabrera y col., 1985, 1989) se constató la existencia de dudas o controversias respecto al efecto de distintos factores en los resultados obtenidos; siendo por ello necesario precisar las condiciones óptimas del tratamiento para diferentes situaciones y, en particular, en nuestro caso para las condiciones del medio existente en la zona del clima cálido mediterráneo. Con este objetivo se han realizado diversos ensayos experimentales, dentro del marco del proyecto GAN 89/0289 de la CICYT, cuyos resultados pasamos a comentar.

Una de las características conocidas en relación a las condiciones del tratamiento, es el hecho de que los distintos factores que le afectan pueden interactuar entre sí, de modo que una mayor temperatura durante el mismo podría permitir disminuir la dosis de amoníaco utilizada, con la consiguiente reducción del coste, o el tiempo del tratamiento, facilitando así el manejo de este alimento en la explotación.

Las dosis de amoníaco que se ve-

**CUADRO II. CONDICIONES OPTIMAS, RECOMENDADAS POR VARIOS AUTORES, PARA EL TRATAMIENTO CON AMONÍACO DE LOS FORRAJES DE BAJA CAUDAL (GUZMAN GUERRERO, 1982)**

Formas de amoníaco	Dosis aplicada (%/MS)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Duración (días)
Acuoso o Anhidro	2,5-5,0	20	20	14-21
Acuoso	3,3	21-23	54	1-10
Acuoso	5,0	Ambiente	30	30
Acuoso	4,0	17	7,5	42
Anhidro	3,5	20 10 0	En cuanto se realice la cosecha	15 30 60
Anhidro	3,5	La > temper. ambiente posible	15-20	21
Anhidro	3,0	<10 20-30 >60	20	60 21 3
Anhidro	2,5-4	<5 5-15 15-30 >30	Al menos 25 a 30	>56 28-56 7-28 <7
Anhidro	3,0	40-60	30	7-14
Anhidro	4,0	10 45 95 (15 h)	20	56 7 1
Anhidro	2,6 5,9	62 30	30 30	4 3-7
Anhidro	3	20	20	21
Anhidro	3-5	En invierno (5-10) En verano	15-20	60 30



nían utilizando en España eran del 3,5% (3,8%/MS), dosis habituales en los países nortecuropeos, de donde era originario el tratamiento, con tiempos de tratamiento de 1 y 2 meses. En un primer ensayo se planteó la conveniencia de rebajar la dosis de amoníaco al 3 y 2,2% MS, respecto a la que se venía empleando, reduciendo el tiempo de tratamiento a 1 y 2 semanas, frente a los tiempos habituales. El ensayo se realizó en laboratorio, utilizando botes herméticos de plástico, los cuales se mantenían a 10°, 35° y 60° C, para cada tratamiento. Además se utilizaron en cada caso tres tipos de pajas, previamente seleccionadas, de alta, media y baja calidad (medida ésta en términos de digestibilidad de la materia orgánica). Los valores medios obtenidos en el conjunto de estos tratamientos fueron los siguientes: la proteína bruta (PB = NT × 6,25) (nitrógeno aprovechable, en principio, bien por el animal o por su posterior aporte al suelo) aumentó en 7,5 unidades porcentuales (up) pasando de 5,2 a 12,7. El nitrógeno soluble (NS) (en principio aprovechable por el animal, aunque no sea el único que es aprovechable, ni se aproveche totalmente) subió 4,9 up, aumentando el porcentaje de la fracción soluble sobre el NT de la paja (NS/NT) en 16,1 up (hay que tener en cuenta que el nitrógeno retenido que queda ligado a fracciones como la fibra ácido detergente no es aprovechable por el animal). El porcentaje medio de nitrógeno aplicado con el amoníaco que quedó retenido en la paja (ERN) fue sólo del 50,2%, lo que quiere decir que la mitad del amoníaco aplicado se perdió en la atmósfera sin ningún provecho. Finalmente, el aumento de la digestibilidad fue de 8,9 up, valor similar al observado a nivel práctico (Gómez Cabrera y col., 1985). Hay que insistir en que estos fueron valores medios.

Los principales factores que afectaron a los parámetros químicos y biológicos determinados fueron la calidad inicial de la paja y la temperatura de tratamiento. En relación con la calidad de la paja, se observaron los mayores aumentos en el contenido de NT y

NS cuanto menor era el contenido inicial de nitrógeno de la paja y el mayor incremento en digestibilidad cuanto menor era la digestibilidad inicial de las pajas. La elevación de la temperatura de tratamiento de 10 °C hasta 60 °C incrementó los valores de NT y NS, sin embargo, la digestibilidad a partir de los 35 °C se vio afectada negativamente.

En cuanto a otros factores, el incremento en el nivel de amoníaco desde 2,2 a 3,8%/MS provocó un aumento en el contenido en NT y NS, pero este aumento fue muy pequeño a partir de la dosis del 3%; por lo que respecta al

incremento en digestibilidad, ya con la menor dosis (2,2%) se alcanzó el 88% del incremento máximo, que fue obtenido con la dosis del 3%. El efecto de la duración tuvo menor importancia que los anteriores, habiéndose alcanzado ya en la primera semana el 85% del incremento máximo de NT, el 90% del NS y el 84% del incremento en digestibilidad.

La ERN fue menor cuanto mayor fue la dosis aplicada y mayor cuanto menor era el contenido inicial de nitrógeno y cuanto mayor era la temperatura de tratamiento. En relación a la duración de éste, ya en la primera

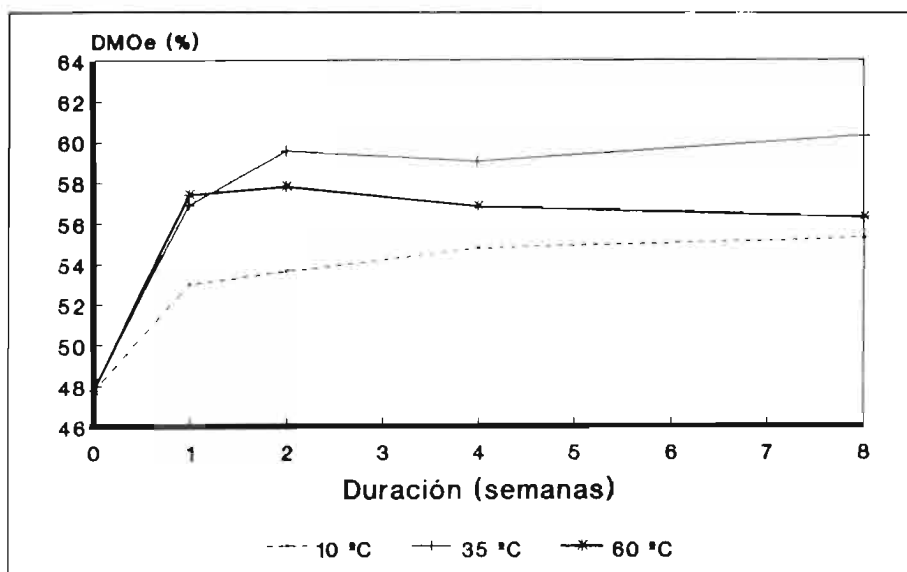


Gráfico 1. Efecto de la duración y de la temperatura, en el tratamiento de la paja de cereales, sobre la Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMOe).

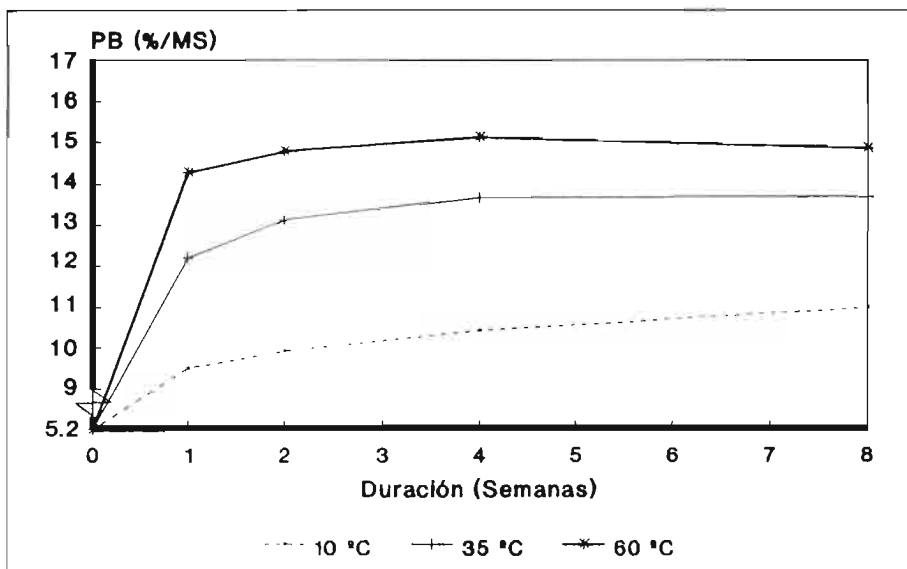


Gráfico 2. Efecto de la temperatura y la duración del tratamiento de la paja de cereal con amoníaco sobre el contenido en Proteína Bruta final (PB).

semana se alcanzó el 85% de la máxima ERN.

Las interacciones entre dos factores más importantes encontradas, han sido entre la temperatura y la duración de tratamiento y entre la temperatura y la dosis de amoníaco aplicada. En cuanto a la primera, se ha constatado un efecto positivo sobre la digestibilidad (gráfico 1), la PB (gráfico 2) y la ERN al aumentar la duración del tratamiento hasta las 8 semanas, cuando las temperaturas son bajas (10 °C). En cambio, lo que es sumamente importante, la combinación de temperaturas altas (60 °C) con duraciones

iguales o superiores a dos semanas, causó un efecto negativo sobre la digestibilidad (gráfico 1). Para la segunda interacción se observa cómo para temperaturas bajas (10 °C) la elevación de la dosis aumenta la digestibilidad, en cambio para temperaturas altas (60 °C) ocurre lo contrario (gráfico 3); esto supone que, en gran medida, es posible disminuir la dosis de amoníaco mediante la elevación de la temperatura de tratamiento, e incluso que para temperaturas altas, los mejores resultados se obtienen con dosis bajas de amoníaco. Igualmente se observa un efecto negativo sobre el NS/

NT, en la combinación de temperaturas y dosis altas.

En un segundo ensayo se estudió la influencia de la humedad de la paja sobre el efecto obtenido por el tratamiento; para ello se trataron muestras de paja de cebada con humedades desde 5 al 20%. Se constató el efecto positivo del aumento de la humedad hasta el 10% para el NS/NT y la digestibilidad y hasta el 20% para el NT y la ERN, aunque a partir del 10% los aumentos adicionales obtenidos fueron escasos (16 y 9%, respectivamente).

A nivel de la calidad de la paja, en un tratamiento realizado sobre 13 pajas de diferente calidad (entre 32,3 y 46,1 de digestibilidad), se constató la fuerte correlación negativa ( $r = -0,95$ ) encontrada entre el incremento en digestibilidad producido por el tratamiento y la digestibilidad antes de dicho tratamiento (gráfico 4), lo que confirma que cuanto mayor es la digestibilidad de la paja antes del tratamiento menor es el aumento experimentado por este parámetro. El problema reside en que el resto de correlaciones de parámetros químicos con la digestibilidad son poco significativas, lo que hace difícil su estima previa para decidir sobre la conveniencia o no del tratamiento. En nuestro caso, este tema lo hemos resuelto utilizando la técnica de reflectancia en el infrarrojo cercano (NRS) cuyo uso será pronto posible en el Laboratorio de Sanidad y Producción Animal de Córdoba.

Finalmente, en un ensayo realizado a nivel de campo para comprobar la influencia de la estación del año, se constató la mayor eficacia del tratamiento realizado en verano, lo cual es lógico por la mayor temperatura, pero los resultados fueron mucho menos eficaces que los obtenidos en el laboratorio, en el que el control de los distintos parámetros y, en particular, la estanqueidad estaba asegurada.

## CONCLUSIONES

Parece evidente que al considerar

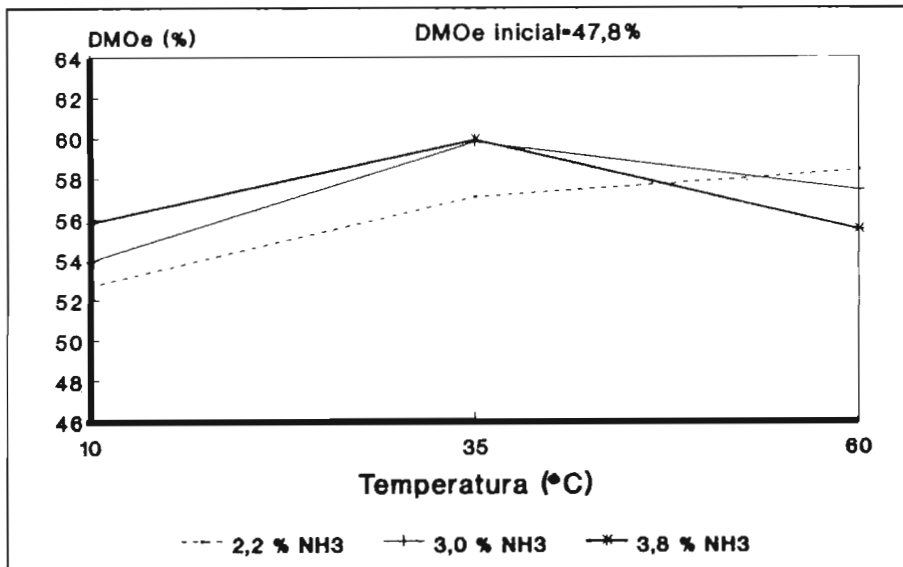


Gráfico 3. Efecto de la temperatura y de la dosis de NH<sub>3</sub> en el tratamiento de la paja de cereales, sobre la Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMOe).

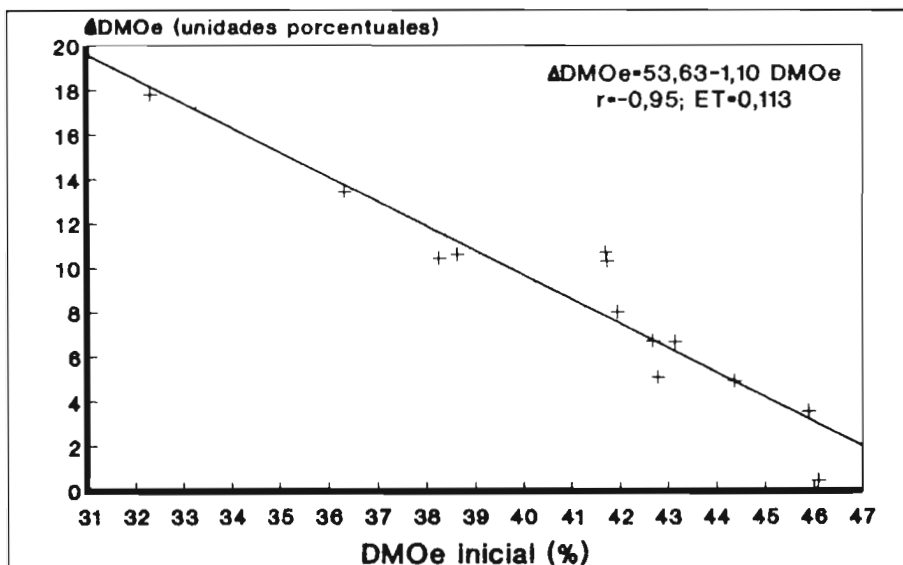


Gráfico 4. Ajuste lineal entre el incremento de Digestibilidad de la Materia Orgánica ( $\Delta$ DMOe), alcanzado por el tratamiento con NH<sub>3</sub> de 13 pajas de cereal y su DMOe inicial.

la idoneidad de este tipo de tratamientos se tengan en cuenta las circunstancias que concurren en cada caso. En nuestra opinión, puede resultar muy conveniente en aquellas zonas donde el precio de la paja sea muy bajo y, sin embargo, sean escasos o muy caros los forrajes de mediana y alta calidad. En todo caso el tratamiento debería realizarse sólo en pajas de baja calidad, para lo que debería facilitarse un servicio de análisis rápido y económico, como el que supone la técnica NIRS.

Parece claro que las altas temperaturas pueden y deben ser aprovechadas para reducir la dosis de amoníaco y con ello el coste del tratamiento y la duración del mismo. En todo caso y habida cuenta de la incidencia de algunos casos de intoxicación en pajas termoamoniacadas, no debería inyec-



Las altas temperaturas deben aprovecharse para reducir la dosis de amoníaco y con ello el coste del tratamiento.

tarse el amoníaco en momentos de alta insolación, permitiendo que la alta temperatura que se alcanza inicialmente por la reacción exotérmica del amoníaco, pueda descender por debajo de los 60 ° C, temperatura que daría lugar a las reacciones de Maillard res-

ponsables de la formación de los componentes tóxicos (Van Soest, 1983)

## BIBLIOGRAFIA

Existe una amplia bibliografía a disposición del lector interesado. ■

# coagra

*Comunicaciones Agrarias*  
pone a su disposición  
el nuevo servicio **Coagra** de  
información agraria/agroalimentaria  
a través de la red IBERTEX

ELIJA LA INFORMACION QUE DESEA  
Y PAGUE SOLO POR ELLA

- Por fin, seleccione sólo las noticias que necesite.
- Disponga de la información al instante de producirse. Las 24 horas.
- Conecte con **Coagra** cada vez que lo desee o con nuestra BASE DE DATOS.
- Facilidad de acceso y rapidez de consulta.
- Muy bajo coste.

Desengaño, 4, 3º, 28004 Madrid

Tf: 91 531 11 44. FAX: 91 531 13 73

