ITEA (1996). Vol. 92A N.º 1, 11-20

INFLUENCIA DE LA HUMEDAD Y DE LA ADICIÓN DE UREASAS SOBRE LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO DE PAJA DE CEREAL CON UREA

M. Joy*
F. Muñoz*
X. Alibés**
J.D. Andueza*
* Unidad de Tecnología en Producción Animal
SIA-DGA. 50.080-ZARAGOZA
ESPAÑA
** IRTA
Passeig de Gracia, 44
08.007 BARCELONA
ESPAÑA

RESUMEN

Se llevaron a cabo dos experimentos para estudiar el efecto del contenido en humedad y de la adición de haba cruda de soja (HCS), como fuente externa de ureasas, sobre la eficacia del tratamiento de paja de cereal con urea. En la Experiencia 1 se trataron muestras de 0.5 kg de paja de trigo y de cebada a una dosis de 5% de urea y a una humedad final teórica de 20, 30 y 40%. Los resultados mostraron que el incremento de la humedad del tratamiento hasta un 30% provocaba una disminución del contenido en fibra neutro detergente (NDF) y un aumento de la digestibilidad de la materia seca *in vitro* (DMSIV), mientras que el 40% de humedad no conllevaba una mejora adicional. No se registraron diferencias entre los dos tipos de paja de cereal estudiados (cebada vs trigo).

La Experiencia 2 se realizó sobre 5 pilas de 300 kg de paja de cebada. Cuatro de ellas fueron tratadas con urea en solución acuosa a una dosis de 4%, a una humedad final teórica de 15 y 25%, con o sin adición de 3% de HCS. La restante pila quedaba como testigo. El grado de ureólisis registrado aumentó con el contenido en humedad y la adición de HCS. El aumento en humedad del tratamiento de 15 a 25% mejoró siempre el coeficiente de la DMSIV. Sin embargo, la adición de HCS únicamente tuvo efecto en los tratamientos realizados a 15% de humedad. Finalmente, los resultados del test de ingestión voluntaria mostraron que los tratamientos mejoraban la ingestión materia seca de paja, excepto cuando el tratamiento se realizaba a 15% de humedad y sin adición de HCS.

Palabras clave: Paja, tratamiento, urea, ureasas, humedad.

SUMMARY
INFLUENCE OF MOISTURE LEVEL AND ADDITION OF UREASES ON THE EFFECTIVENESS OF UREA TREATMENT

Two experiments were carried out to study the effect of moisture level and the addition of crude soya bean (HCS), as a source of ureases, on the effectiveness of the

treatment of straw with urea. In the experiment 1, samples of 0.5 kg of wheat straw and barley straw were treated with urea at a dosage of 5% and final moistures contents of 20, 30, and 40%. The results showed that the increase of moisture level up to 30% caused a large decrease of neutral detergent fiber (NDF) content and an increase of in vitro dry matter digestibility (IVDMD), but the additional increment in moisture did not bring about further improvement. No differences were observed between the straws studied (barley vs wheat).

Experiment 2 was carried out on 5 stacks of approximately 300 Kg of barley straw. Four stacks were treated with urea solution at 4% on DM basis, at 15 and 25% of moisture level, and with or without addition of 3%, on DM basis, of HCS. One stack remained untreated. The higher moisture content and the addition of HCS increased the degree of ureolysis. Increasing moisture content from 15 to 25% improved the IVDMD values. However, the addition of HCS only had effect in treatments at 15% of moisture. Finally, all treatments improved the dry matter intake of straw, except when was carried out with 15% moisture and without addition of HCS.

Key words: straw, treatment, urea, moisture, ureases.

Introducción

Al igual que el amoníaco anhidro, la urea puede ser utilizada como agente alcalino para mejorar la digestibilidad e ingestión de la paja (SUNDSTØL, 1988a,b). Para ello, la urea debe sufrir una ureólisis, dando como productos finales gas carbónico y amoníaco. Dicha reacción depende de factores tales como la presencia en cantidad suficiente de las enzimas ureasas, la temperatura ambiental y el contenido en humedad del material tratado. Dichos factores, junto con la dosis de urea aplicada y el tiempo de reacción, determinan la eficacia del tratamiento.

El incremento en humedad del material a tratar favorece la ureólisis (CLOETE et al., 1983; WILLIAMS et al., 1984a; DIAS DA SILVA et al., 1988; CHERMITI et al., 1989; MUÑOZ et al., 1991) y, por tanto, la acción del ion amonio sobre la pared celular (WAISS et al., 1972; MANDELL et al., 1988). Sin embargo, el contenido en humedad óptimo en este tipo de tratamiento depende de la dosis de urea aplicada (ABDOULI y KORCHANI, 1987; JOY et al., 1992), de la temperatura ambiental (CLOETE y KRITZINGER, 1984) y del tiempo de reacción (CLOETE et al., 1983).

Los residuos lignocelulósicos de los cereales poseen una población bacteriana importante que en condiciones favorables de temperatura y humedad provocan una acción positiva sobre la hidrólisis de la urea aportada en los tratamientos (YAMEOGO-BOUGOUMEA et al., 1993). En la actualidad no se conoce de forma precisa bajo qué condiciones sería necesario el aporte de una fuente exógena de ureasas vegetales (JOY, 1991; SHANOUNE et al., 1991). La bibliografía obtenida es escasa y presenta una gran variabilidad tanto a nivel de condiciones de tratamiento (KIANGI et al., 1981; JAYASURIYA y PEARCE, 1983; CLOETE y KRITZINGER, 1984; WILLIAMS et al., 1984b; YAMEOGO-BOUGOUMEA et al., 1993) como a nivel de resultados obtenidos (DIAS DA SILVA et al.,

1988; CHERMITI et al., 1989; BESLE et al., 1990; MUÑOZ et al., 1991).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la humedad y de la adición de una fuente externa de ureasas sobre la composición química y digestibilidad in vitro de la materia seca de la paja de trigo y de cebada tratada con urea. Adicionalmente se estudió también su influencia sobre la ingestión voluntaria.

Material y métodos

Realización del tratamiento con urea

Los tratamientos se realizaron sobre muestras de 0.5 kg de MS o sobre pilas de 300 kg MS de paja de cereal. Para ello, primeramente se disolvía la urea en agua en cantidades de acuerdo con la dosis de urea y la humedad a la cual se deseaba realizar el tratamiento. Los tratamientos en muestras de 0.5 kg se realizaban en botes de plástico y la solución de urea se mezclaba manualmente con la paja, de tal manera que se garantizaba la homogeneidad de la aplicación.

Las pilas de paja de 300 kg estaban formadas por tres mantos de tres pacas cada uno. La aplicación de la solución de urea era la siguiente: Se colocaba el primer manto de pacas sobre una lámina de plástico y se distribuía homogéneamente la solución de urea mediante una regadera o una manguera con boquillas. Seguidamente, se colocaba el segundo manto y se repetía el proceso. Finalizada la pila, se cubría con lámina de polietileno transparente de 0.7 mm de espesor y se cerraba herméticamente.

Análisis químicos

Las muestras eran desecadas a 60 °C en horno de ventilación forzada hasta peso constante y posteriormente eran molidas a 1 mm y almacenadas a una temperatura de 18-20 °C. Los análisis químicos realizados fueron materia seca (MS) y cenizas, nitrógeno total (NT), (AOAC, 1990). Fibra neutro detergente (NDF) (GOERING y VAN SOET T, 1970) y urea residual (WATT Y CHRISP, 1954). El grado de ureólisis correspondía a 100 menos el porcentaje de urea residual encontrada en la paja tras el período de reacción. Finalmente, se determinó la digestibilidad de la materia seca in vitro (DMSIV), según el método propuesto por TILLEY y TERRY (1963).

Experiencia 1: Estudio del efecto de la humedad sobre paja de trigo y de cebada tratada con urea

Se trataron muestras de 0.5 kg MS de paja de trigo y de paja de cebada con urea en solución acuosa, a una dosis de 50 g/kg MS y a una humedad final teórica de 20, 30 y 40%. Las muestras se almacenaban en botes de plástico, a temperatura ambiental de 20 °C. Transcurrido un período de 2 meses, se extraían submuestras que eran desecadas, molidas y almacenadas en condiciones ambientales de laboratorio para los posteriores análisis químicos.

Cada tratamiento sólo se realizó una vez lo que impidió poder realizar un estudio estadístico del efecto de la humedad ni del tipo de paja. Aunque se tomaron submuestras dentro de cada tratamiento, éstas no son consideradas para el estudio estadístico ya que demuestran la variabilidad dentro del tratamiento y no entre tratamientos, induciendo a diferencias no reales.

Experiencia 2: Efecto de la adición de haba cruda de soja en tratamientos con urea a bajo contenido en humedad

Se realizaron cinco pilas de 300 kg de MS de paja de cebada y cuatro de ellas fueron tratadas en verano con urea en solución a una dosis de 40 g/kg MS de paja, a humedades de 15 ó 25%, con o sin adición de 30 g/kg MS de paja de HCS como fuente de ureasas. El HCS se expolvoreó equitativamente en cada uno de los tres mantos de la pila. La quinta pila se utilizó como testigo.

Tras un período de 2 meses, se trituraron las pilas en trozos de 5-12 cm de longitud y se almacenaron en el henil. Posteriormente, fueron evaluadas en una prueba de ingestión voluntaria, realizada en dos períodos, sobre 20 moruecos castrados (FleichchaffxRasa Aragonesa) (5 moruecos/lote/periodo) que recibían paja a voluntad y 200 g de concentrado[1] por animal y día, permitiéndose un rehusado del orden del 15%. Los animales que consumían paja sin tratar recibían 9 g de urea por animal y día, que se mezclaban con el concentrado. La ingestión voluntaria correspondió al consumo medio diario de los 6 últimos días, tras un período de adaptación de 21 días. Las muestras destinadas a laboratorio se obtenían a partir del muestreo diario que se realizaba en el momento de preparación de las dietas y se acumulaban por lotes. Posteriormente se sometían a los procesos de desecación, molienda y almacenado habituales hasta sus análisis químicos.

Para determinar el efecto del tratamiento con urea sobre la ingestión de materia seca, se llevó a cabo un análisis de varianza, seguido por un test Duncan. El efecto del nivel de humedad y de la adición de HCS, así como su interacción, fue determinado a través de un análisis de la varianza de dos factores (humedad x ureasas), siguiendo las recomendaciones de STEEL y TORRIE (1980).

Resultados

Experiencia 1

El contenido en NDF (Cuadro 1) de la paja de trigo y cebada fue 79.3 y 79.0%, respectivamente. Como consecuencia del tratamiento dicho contenido disminuyó entre 2.1 y 2.7 puntos en la paja de trigo y entre 0.6 y 2.9 puntos en la paja de cebada, dependiendo de la humedad del tratamiento. En la paja de cebada la máxima reducción se observó en el tratamiento realizado a 30% de humedad con 76.1%. Por otro lado, en la paja de trigo el nivel de humedad del tratamiento tuvo poca influencia sobre dicho contenido presentando valores de 76.6, 77.2, y 76.9% para las humedades de 20, 30, y 40%, respectivamente.

El contenido inicial en NT de los subproductos estudiados (Cuadro 1) fue 0.66 y 0.87% en la paja de trigo y cebada, respectivamente. El tratamiento con urea, independientemente del nivel de humedad, provocó un incremento notable de dicho contenido con valores que oscilaban entre 1.1 y 2.6%. Dicho incremento fue inverso al nivel de humedad, presentando los tratamientos a 20% contenidos de 2.2 y 2.6%, mientras que los tratamientos a 40% unos valores de 1.1 y

1. Composición del concentrado (% MS): cebada: 63.5; torta de soja: 25.0; carbonato cálcico: 2.8; fosfato bicálcico: 5.07; sulfato magnésico: 1.23; sal: 0.8; complejo mineral-vitamínico: 1.60.

1.4% respectivamente en paja de trigo y de cebada.

El grado de ureólisis alcanzado estuvo determinado por el contenido en humedad del tratamiento, alcanzando valores cercanos a 100% cuando el tratamiento se realizaba a 30% y 40% de humedad (Cuadro 1). Los dos tratamientos realizados a 20%, independientemente del tipo de paja, presentaron un bajo grado de ureólisis (27 y 29%), lo que se tradujo en el mayor contenido en NT que dichos tratamientos presentaron en relación a los restantes.

Los valores de DMSIV incrementaron como consecuencia del tratamiento, observándose un máximo aumento cuando el tratamiento se realizaba a 30% y 40 % de humedad, sin registrarse diferencias entre los dos tratamientos (Cuadro 1). Por el contrario, los tratamientos realizados a 20 % de humedad presentaron siempre un valor superior al testigo e inferior a los tratamientos realizados a mayor contenido en humedad.

Experiencia 2

En el Cuadro 2 se muestra la composición química, la DMSIV y la ingestión de materia seca (MSI) de la paja de cebada testigo y tratada con urea. El tratamiento con urea provocó siempre una reducción del contenido en NDF de 0.8 a 2.3 puntos con respecto a la paja testigo. Los efectos del aumento del contenido en humedad y de la adición de HCS no fueron uniformes, observándose una interrelación entre ellos. El incremento del contenido en humedad de 15 a 25% provocó una reducción de 1.5 puntos cuando el tratamiento se realizaba con HCS. Por el contrario, cuando el tratamiento se realizaba sin adición de HCS se registró un aumento de la fracción NDF cuando el nivel de humedad aumentaba de 15 a 25%.

El contenido en NT incrementó notablemente como resultado del tratamiento (Cuadro 2), con valores de 0.75% en la paja testigo y entre 1.80 y 2.42% en la paja tratada. En las muestras tratadas, tanto el incremento de la humedad como la adición de HCS provocaron una reducción del NT, con

CUADRO 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PAJA DE TRIGO Y DE CEBADA TESTIGO (T) Y TRATADA A 5% DE UREA A 20, 30, Y 40% DE HUMEDAD (EXPERIENCIA 1)

	Paja de trigo				Paja de cebada			
% MS	T	20%	30%	40%	T	20%	30%	40%
MO	91.46	91.26	91.76	91.44	92.17	92.43	92.30	92.0
NT	0.66	2.22	1.26	1.09	0.87	2.56	1.54	1.36
NDF	79.25	76.56	77.18	76.89	79.00	78.42	76.11	77.9
Ureol[1]	–	27	96	100	–	29	97	96
DMSIV[2]	41.06	46.6	48.9	48.0	40.88	47.7	51.2	51.3

1 Ureol= % de ureólisis: (100 - % de urea residual)
2 Digestibilidad de la materia seca in vitro

CUADRO 2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PAJA DE CEBADA TESTIGO (T) Y TRATADA A 4% DE UREA A 15 Y 25% DE HUMEDAD, CON O SIN ADICIÓN DE HABA CRUDA DE SOJA (HCS) (EXPERIENCIA 2)

% MS	Testigo	Tratamientos con urea			
		15 % humedad		25% humedad	
		+ HCS[1]	- HCS	+ HCS	- HCS
MO	90.4	90.2	89.7	90.3	89.8
NT	0.75	1.98	2.42	1.80	2.10
NDF	76.2	75.5	73.9	74.0	75.2
Ureol[2]	-	35	13	73	48
DMSIV[3]	48.3	56.0	51.0	59.6	63.5
MSI[4] (g/kg PV.75)	51.1[b]	58.4[a]	45.0[b]	58.5[a]	59.5[a]

1 HCS= Haba cruda de soja
2 Ureol= % de ureólisis: (100-% urea residual)
3 Digestibilidad de la materia seca in vitro
4 Efecto del tratamiento: 0.0006. a≠b: P<0.05 Efecto del nivel de humedad: 0.0115
Efecto de la adición de haba cruda de soja: 0.0328
Interacción Humedad*HCS: 0.0055

valores de 1.98 y 2.42% en el tratamiento a 15% de humedad y de 1.89 y 2.10% en el tratamiento a 25% de humedad, correspondientes en ambos casos a la adición y no de HCS, respectivamente.

La humedad y el HCS afectaron al grado de ureólisis (Cuadro 2). Los tratamientos realizados a 25% de humedad presentaron una ureólisis con 76 y 48%, mientras que los realizados a 15% de humedad tuvieron una ureólisis de 41 y 13%, correspondientes siempre a la adición y no adición de HCS. La adición de HCS tuvo siempre un efecto favorable sobre dicho parámetro, independientemente de la humedad a la cual se llevaba a cabo el tratamiento.

Todos los tratamientos con urea mejoraron la DMSIV, presentando la paja testigo un valor de 48.3% y la paja tratada un valor medio de 57.5% (Cuadro 2). El aumento del contenido en humedad provocó, a su vez, un incremento entre 4 y 13.5 puntos en DMSIV. Por otra parte, la adición de HCS únicamente tuvo efecto positivo en el tratamiento realizado a 15% de humedad, provocando un incremento de 4.6 puntos. En el tratamiento realizado a 25% de humedad, la adición de HCS provocó una disminución de 3.6 puntos con respecto a la no adición de dicha fuente de ureasas.

Las cantidades de materia seca de paja ingeridas en la prueba de ingestión realizada con moruecos adultos, se representan en el Cuadro 2. La paja testigo, junto con la paja tratada a 15% de humedad sin adición de HCS fueron los tratamientos que presentaron las ingestiones más bajas, con 51.1 y 45.0 g MS/kg $PV^{0.75}$, respectivamente, las

cuales fueron significativamente inferiores ($P<0.05$) a las registradas en los tres tratamientos restantes. En los 4 tratamientos con urea, se observó una interacción significativa ($P<0.01$) entre el factor humedad y adición de HCS. Ello enmascara el efecto de la humedad y de la adición de HCS sobre la ingestión de materia seca. El incremento de la humedad hasta 25% únicamente provocó una mejora de la ingestión cuando el tratamiento se realizaba sin adición de HCS, desde 45.0 a 59.5 g MS/Kg $PV^{0.75}$. Finalmente, la adición de HCS sólo provocó un incremento de la MSI de paja cuando el tratamiento con urea se realizaba a 15% de humedad, desde 45.0 a 58.4 g MS/Kg $PV^{0.75}$. Cuando el tratamiento se realizó a 25% de humedad la adición de HCS no provocó ninguna mejora significatica ($P>0.05$) de la MSI de paja.

Discusión

Todos los tratamientos estudiados tuvieron un efecto positivo sobre la composición química y digestibilidad de la paja, aunque el efecto varió en función de las condiciones a las cuales se realizaba el tratamiento, así como del tipo de paja utilizada.

En la Experiencia 1, los tratamientos realizados a 30% y 40% de humedad se comportaron como los más eficaces, tanto a nivel de la composición química como a nivel de la DMSIV. La mejora adicional debido al incremento desde 30 a 40% de humedad fue mínima, lo que induce a concluir que el aumento del contenido en humedad por encima del 30% en el tratamiento a 5% de urea, no provoca mejoras adicionales notables. Ello atiende a que una vez alcanzado el contenido óptimo, la posterior adición de agua no conlleva mejora adicional. WAISS et al. (1984), SUNDSTØL Y COXWORTH (1984), IBRAHIM et al. (1986) y CHERMITI et al. (1989) tampoco observaron mejoras adicionales cuando se adicionaba agua a partir del nivel de humedad óptima. De acuerdo con ello, los resultados observados en la Experiencia 2 mostraron un incremento del efecto del tratamiento cuando el contenido en humedad aumentaba de 15 a 25%, siendo ello consecuencia de la escasa ureólisis registrada en el tratamiento realizado a 15% de humedad. WILLIAMS et al. (1984a) y ABDOULI y KORCHANI (1987) observaron un efecto positivo del incremento del contenido en humedad hasta aproximadamente 50%. Los diferentes resultados pueden ser debidos a las condiciones de realización del tratamiento (dosis, temperatura, tiempo de reacción), las cuales varían según el tipo de estudio.

La respuesta al tratamiento fue similar en los dos tipos de paja, excepto a nivel de la DMSIV, cuyo valor fue ligeramente superior en la paja de cebada, posiblemente como consecuencia de su calidad inicial inferior. Muchos autores apuntan que la calidad inicial del producto a tratar influye en la respuesta al tratamiento, siendo dicha respuesta mayor cuanto menor es la calidad inicial (LUFADEJU, 1985; RAMANZIN et al., 1986; KJOS et al., 1987; WALLI et al., 1988).

La adición de haba cruda de soja en la Experiencia 2 favoreció siempre el grado de ureólisis (WILLIAMS et al., 1984b; CHERMITI et al., 1989), el cual fue notablemente más baja (13%) cuando el tratamiento se realizaba a 15% de humedad. Dichos resultados junto con la interacción significativa ($P<0.01$) entre HCS y humedad muestran la dependencia entre dichos factores (DIAS DA SILVA et al., 1988; JOY, 1991; SAHNOUNE et al., 1991; JOY et al., 1992; YAMEOGO-BOUGOUMA et al., 1993). El mayor valor de DMSIV no se correspondió con el trata-

miento que presentó ni el mayor grado de ureólisis ni el menor contenido en NDF, lo que, según UDEN (1984), puede ser un reflejo de que las determinaciones biológicas, como es el análisis *in vitro*, no son métodos óptimos para la estimación de la digestibilidad de la materia seca de los forrajes bastos.

El hecho de que la ingestión fuese menor en el tratamiento realizado a 15% de humedad sin adición de HCS con respecto al no tratado podría ser resultado del escaso efecto que presentó dicho tratamiento sobre la DMSIV. En relación a ello, DRYDEN y KEMPTON (1983/84) concluían que el aumento de la ingestión era principalmente debido al incremento de la digestibilidad. Otro factor que también pudo influir fue el escaso grado de ureólisis registrado, lo que se tradujo en una presencia elevada de urea en la paja y, según BENHAMED y DULPHY (1985), pudo provocar un rechazo de la paja por parte del animal. El incremento del contenido en humedad de 15 a 25% provocó un aumento significativo de la ingestión cuando el tratamiento se realizaba sin adición de HCS. Cuando se adicionaba HCS el aumento del contenido en humedad del tratamiento no provocó ningún incremento de la ingestión. Ello muestra, una vez más, la interrelación existente entre el efecto de la humedad y adición de HCS (DIAS DA SILVA et al., 1988; JOY et al., 1992)

De estos estudios se desprende que en el tratamiento de paja de trigo y de cebada a 5% de urea el aumento del contenido en humedad hasta un 30% provocó un efecto positivo sobre el valor nutritivo. Sin embargo el posterior aumento a 40% no conllevó una mejora adicional importante. Por otro lado, la adición de HCS en el tratamiento de paja de cebada a 4% de urea fue positivo cuando el tratamiento se realizaba a 15% y no a 25%, demostrando ello la interrelación entre la humedad y la adición de una fuente externa de ureasas.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a J. PÉREZ REVUELTO, M.T. FUSTERO y A. LEGUA por su colaboración en la obtención de los resultados. También deseamos agradecer al CONAI y CEE-STD por la ayuda económica prestada.

Bibliografía

ABDOULI H., KHORCHANI T., 1987. Traitement des pailles à l'urée. I-Conditions d'utilisation de l'urée, source d'ammoniac, dans le traitement de la paille. *Fourrages, 110*, 205-218.

ABDOULI H., KHORCHANI T., KRAIEM K., 1988. Traitement de la paille à l'urée. II-Effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité. *Fourrages, 114*, 167-176.

A.O.A.C., 1990. official methods of analysis. Association of official analytical chemists. (15th edn.) Arlington, USA.

BENAHMED H., DULPHY J.P., 1985. Note sur la valeur azotée de fourrages pouvres traités par l'urée ou l'ammoniac. *Ann. Zootechn., 34*(3), 335-346.

BESLE J.M., CHENOST M., TISSERAND J.L., LEMONE J.P., FAURIE F., GRENET N., 1990. Ammoniation of straw by urea: extent of ureolysis and improvement of nutritive value at low level of added water. *Reprod. Nutr. Dev.*, suppl. 2, 174s

CHERMITI., NEFZAOUI A., CORDESSE R., 1989. Paramètres d'ureolyse et digestibilité de la paille traitée a l'urée. Ann. *Zootechn., 38*, 63-72.

CLOETE S.W.P., KRITZINGER M.M., 1984. A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. I. The effect of temperature, moisture level and treatment period. *S. Afric. J. Anim. Sci., 14*(2), 55-58.

CLOETE S.W.P., de VELIERS T.T, KRITZINGER N.M. 1983. The effect of temperature on the ammoniation of wheat straw by urea. *S. Afric. J. Anim. Sci., 13*(3), 202-203.

DIAS DA SILVA A., MASCARENHAS-FERREIRA A., GUEDES V.M., 1988. Effects of moisture level, treatment time and soya bean addition on the nutritive value of urea-treated maize stover. *Anim. Feed Sci. Technol., 19*, 67-77.

DRYDEN G. McL., KEMPTON T.J., 1983/84. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Anim. Feed Sci. Technol., 10*, 65-75.

GOERING H.K., VAN SOEST P.J., 1970. Forage fibre analysis. *USDA. ARS Agric. Handb., 379*, 1-12.

IBRAHIM M.N.M., SCHIERE J.B., PEREA H.G.D., 1986. Effect of method of urea solution application on the nutritive value of treated rice straw. *Agricultural Wastes, 18*, 225-232.

JAYASURIYA, MC N., PEARCE G.R., 1983. The effect of urease enzyme on treatment time and the nutritive value of straw treated with ammonia as urea. *Anim. Feed Sci. Technol., 8*, 271-281.

JOY M., 1991. Mejora del valor nutritivo de la paja de cereal mediante el tratamiento químico con urea. *Tesis doctoral.* Universidad Autónoma de Barcelona. *178 pp.*

JOY M., ALIBES X., MUÑOZ F., 1992. Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. *Anim. Feed Sci. and Technol., 38*, 319-333.

KIANGI E.M.I., KATEGILE J.A., SUNDSTØL F., 1981. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Anim. Feed Sci. Technol., 6*, 377-386.

KJOS N.P., SUNDSTØL F., MCBURNEY M.I., 1987. The nutritive value of weather-damaged and good-quality straw of barley, wheat and oat, untreated and treated with ammonia or sodium hydroxide. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutri., 57*, 1-15.

LUFADEJU E.A., BBLACKET G.A., ØRSKOVER.R., 1985. The effect of variety of spring barley straw and ammonia treatment on nutritive value. *Proc. Nutr. Soc., 44* (3). 97 A.

MANDELL I.B., CHRISTISON G.I., NICHOLSON H.H., COXWORTH E.C., 1988. The effect of variation in the water content of wheat straw before ammoniation on its nutritive value for beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol., 20*, 111-124.

MUÑOZ F., JOY M., FACI R., ALIBÉS X., 1991. Treatment of lignocellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of ureases. *Ann. Zootechnie, 40*, 215-225.

RAMANZIN M., ØRSKOV E.R., TUAH A.K., 1986. Rumen degradation of straw. 2. Botanical fractions of straw from two barley cultivars. *Anim. Prod., 43*, 271-278.

SAHNOUNE S., BESLE J.M., CHENOST M., JOUANY J.P., COMBES D. 1991. Treatment of straw with urea. 1. Ureolysis in a low water medium. *Anim. Feed Sci. Technol., 34*, 75-93

STEEL R.G.D., TORRIE J.H., 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (2nd. ed.). McGraw-Hill book Co., New York. 622 pp.

SUNDSTØL F., 1988a. Straw and other fibrous by-products. *Livestock Production Sci., 19*, 137-158.

SUNSTØL F., 1988b. Improvement for poor quality forages and roughages. In: *World Animal Science. B. Disciplinary approach feed Science.* 257-273.

SUNDSTØL F., COXWORTH E.M., 1984. Ammonia treatment. In: *Straw and other fibrous by-products as feed.* Eds. SUNDSTØL F., OWEN E. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo. 196-247pp.

TILLEY J.M., TERRY R.A., 1963. A two stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *J. Br. Grassld. Soc., 18*, 104-111.

UDEN P., 1984. Laboratory methods for evaluating the nutritive value of untreated fibrous by-products. In: *Straw and other fibrous by-products as feed.* Eds. SUNDSTØL F., OWEN E. Elsevier Applied Science. Amsterdam. 533-557 pp.

WAISS A.C., GUGGOLZ J., KOHLER G.O., WALKER H.G., GARRET W.N., 1972. Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. *J. Anim. Sci., 35*(1), 109-112.

WALLI T.K., ØRSKOVER.R., BHARGAVA P.K., 1988. Rumen degradation of straw. 3. Botanical fractions of two rice straw varieties and effects of ammonia treatment. *Anim. Prod., 46* (3), 347-352.

WATT G.W., CHRISP J.D., 1954. The determination of urea in feeding-stuffs. *Analyt. Chem., 26*, 452

WILLIAMS P.E.V., INNES G.M., BREWER A., 1984a. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. *Anim. Feed Sci. Technol., 11*, 103-113.

WILLIAMS P.E.V., INNES G.M., BREWER A., 1984b. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Additions of soya bean (urease), sodium hydroxide and molasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Anim. Feed Sci. Technol., 11*, 115-124.

YAMEOGO-BOUGOUMA V., CORDESSE R., ARNAUD A., INESTEA M. 1993. Identification de l'origine des uréases impliquées dans le traitement de la paille de blé dur à l_urée et caractérisation de la flore microbienne présente. *Ann. Zootech., 42*, 39-47.

(Aceptado para publicación el 31 septiembre de 1995)