

Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea*

Productive performance and ruminal variables of lambs fed urea-treated maize stover

Guillermina Martínez-Trejo¹, Ma. Esther Ortega-Cerrilla^{2§}, Luis L. Landois Palencia², Armando Pineda Osnaya² y Jorge Pérez Pérez²

¹Campo Experimental Valle de México- INIFAP. Carretera Los Reyes- Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, C. P. 56250. Tel. 01 595 92 1 27 38. Ext. 172. (martinez.guillermina@inifap.gob.mx). ²Posgrado en Ganadería, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco. km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 95 2 02 00. Ext. 1706. [§]Autora para correspondencia: meoc@colpos.mx.

Resumen

El objetivo de este estudio fue el investigar el efecto de la alimentación en corderos con rastrojo de maíz tratados con urea o suplementado con urea diluida o mezclada en su alimentación. Consumo de alimento diario (DFI), ganancia diaria de peso (DWG), y transformación del alimento (FC) fueron determinados, así como la materia seca (DM), materia orgánica (OM), proteína cruda (CP), pared celular (CW), contenido celular (CC), celulosa (CEL) y hemi celulosa (HEM) digestibilidad *in vivo*, pH en el rumen (pH), amoníaco en el rumen (CRA), concentración de ácidos grasos volátiles (VFA) y degradabilidad de materia orgánica *in vitro* (DDM). Cuatro tratamientos fueron asignados al azar a 20 corderos criollo (20±5 kg) en un diseño completamente al azar. Las dietas de alimentación para los animales contenía 30% de concentrado y 70% de cualquier rastrojo de maíz sin tratar (UM); tratado con urea (TM) (4 kg de urea diluida en 20 L de H₂O 100⁻¹ kg de rastrojo de maíz, tratado por 30 días); suplementado con urea diluida (SM) (38 g de urea 50 mL⁻¹ H₂O), o urea mezclada en el alimento (MM) (38 g animal⁻¹ día⁻¹) al momento de alimentar a los corderos. La adición de urea no afectó al DFI, DGW, o FC. En la digestibilidad *in vivo* de DM, OM, CW, HEM y CEL fue mayor ($p < 0.05$) en TM, mientras que CP y CC fueron mayores en SM. No

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of feeding lambs with maize stover treated with urea or supplemented with urea diluted or mixed in the feed. Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG), and feed conversion (FC) were determined, as well as dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), cell wall (CW), cell content (CC), cellulose (CEL) and hemicellulose (HEM) *in vivo* digestibility, rumen pH (pH), rumen ammonia (CRA), volatile fatty acids concentration (VFA), and *in vitro* degradability of dry matter (DDM). Four treatments were randomly assigned to 20 male *Criollo* sheep (20 ± 5 kg) in a completely randomized design. Diets fed to animals contained 30% concentrate and 70.0% of either untreated maize stover (UM); treated with urea (TM) (4 kg of diluted urea in 20 L of H₂O 100⁻¹ kg of maize stover, treated for 30 days); supplemented with diluted urea (SM) (38g de urea 50 mL⁻¹ H₂O), or urea mixed in the feed (MM) (38g animal⁻¹ day⁻¹) at the moment lambs were fed. The addition of urea did not affect DFI, DWG, or FC. *In vivo* digestibility of DM, OM, CW, HEM and CEL was higher ($p < 0.05$) in TM, whilst CP and CC was higher in SM. There were no differences due to treatment ($p > 0.05$)

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: octubre de 2012

hubo diferencias debido a los tratamientos ($p > 0.05$) para el pH en el rumen y la concentración de VFA. CRA y la degradabilidad *in vitro* a las 24, 48 y 72 h, fueron mayores en las dietas que contenían urea.

Palabras clave: corderos, maíz, rastrojo de maíz, urea.

Introducción

Los sub productos agrícolas, especialmente la paja de los cereales, son ricos en carbohidratos representando una fuente importante de energía (Ajmal Khan *et al.*, 2007). Sin embargo, uno de los principales problemas de la paja es su baja digestibilidad (Saruklong *et al.*, 2010), debido a la presencia de componentes no polisacáridos, tales como lignina y sílice. La lignina junto con la celulosa y hemicelulosa, forman un complejo de lignocelulosa, el cual es resistente a la degradación por las enzimas de los microorganismos que se encuentran en el rumen (Vargas y Kolver, 1997). Por lo tanto, diferentes métodos o tratamientos han sido utilizados para mejorar la calidad de la paja o de los sub productos agrícolas, la mayoría enfocados a la degradación del complejo carbohidrato-lignina para facilitar el acceso de los microorganismos celulolíticos a los carbohidratos estructurales para poder incrementar la digestibilidad de la paja (Gao Tengyun, 2000).

Entre los tratamientos utilizados para mejorar la digestibilidad de la paja, se encuentran los físicos, biológicos y químicos, los cuales incrementa la disponibilidad de fracciones de fibra y mejorar la digestibilidad así como el consumo de la paja (Gao Tengyun, 2000). Jayasuriya y Perera (1982) demostraron que la urea puede ser utilizada como una fuente de amoníaco en el tratamiento de la paja, debido a que la urea produce amoníaco (Barrios-Urdaneta y Ventura, 2002), la cual actúa sobre las paredes celulares, facilitando el acceso de bacterias a los polisacáridos, también incrementa el contenido de nitrógeno (Tuen *et al.*, 1991). Las ventajas de la urea sobre el amoníaco, es que el manejo no es peligroso y que no hay necesidad de usar contenedores especiales para su almacenamiento, transporte y uso (Hadjipanayiotou, 1984).

El presente estudio investiga la alternativa de utilizar urea para el tratamiento de rastrojo de maíz, principalmente de sub productos agrícolas cosechados en México, para poder mejorar su valor nutricional en la alimentación de corderos de cría. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue el

for rumen pH and VFA concentration. CRA and *in vitro* degradability at 24, 48, and 72 h, were higher in the diets containing urea.

Key words: lambs, maize stover, urea.

Introduction

Agricultural by-products, especially cereal straws, are rich in carbohydrates representing an important source of energy (Ajmal Khan *et al.*, 2007). However one of the main problems of straws is their low digestibility (Saruklong *et al.*, 2010), due to the presence of nonpolysaccharide components, such as lignin and silica. Lignin, together with cellulose and hemicellulose, form a ligno-cellulose complex, which is resistant to degradation by the enzymes of rumen microorganisms (Varga and Kolver, 1997). Therefore, different methods or treatments have been used to improve straws or agricultural by-products quality, mostly focused on the degradation of the lignin-carbohydrate complex to facilitate the access of cellulytic microorganisms to structural carbohydrates in order to increase straw digestibility (Gao Tengyun, 2000).

Among the treatments used to improve digestibility of straws, there are physical, biological and chemical, which increase the availability of fiber fractions and improve digestibility and intake of straws (Gao Tengyun, 2000). Jayasuriya and Perera (1982) demonstrated that urea can be used as a source of ammonia in the treatment of straws, due that urea produces ammonia (Barrios-Urdaneta and Ventura, 2002), which acts on cell walls facilitating the access of bacteria to polysaccharides, also increasing nitrogen content (Tuen *et al.*, 1991). The advantages of urea over ammonia are that handling is not dangerous, and there are not special containers needed for its storage, transport and use (Hadjipanayiotou, 1984).

The present study investigated the alternative of using urea for the treatment of maize stover, main agricultural by-product harvested in Mexico, in order to improve its nutritional value when fed to growing lambs. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of treating or supplementing maize stover with urea (diluted or mixed) on *in vivo* DM digestibility, and rumen variables such as rumen pH, rumen VFA and rumen ammonia concentration, as well as *in vitro* dry matter degradability of maize stover.

determinar el efecto de tratar o suplementar rastrojo de maíz con urea (diluida o mezclada) sobre la digestibilidad DM *in vivo*, y en variables del rumen como pH, VFA del rumen y concentración de amoníaco en el rumen, así como las degradabilidad de materia seca del rastrojo de maíz *in vitro*.

Materiales y métodos

Ensayo de crecimiento

Veinte corderos criollo machos con un peso inicial de 20 ± 5 kg fueron utilizados. Estos se mantuvieron en jaulas individuales y alimentadas frecuentemente al día con acceso libre al agua. Los corderos fueron identificados, pesados y desparasitados externa e internamente (Ivomec-F, 1 mL por 50 kg^{-1} de peso) y suplementados con vitaminas A, D y E. Los animales fueron distribuidos al azar a cuatro tratamientos, con cinco repeticiones cada uno. Los corderos fueron sujetos a un ensayo de crecimiento, el cual duró 60 días. Antes de iniciar esta prueba los corderos tuvieron un periodo de adaptación de 13 días para la dieta correspondiente. El consumo diario de alimento (DFI), ganancia de peso diario (DWG) y conversión de alimento (FC) fue determinado. Las dietas fueron proporcionadas dos veces al día (8:00 y 16:00 h) y los sólidos fueron recolectados. Los animales fueron pesados cada quincena; los alimentos eran retirados 12:00 h antes de que fueran pesados en las mañanas.

El rastrojo de maíz de la misma cosecha fue triturado en un molino de martillo con una criba de 5 mm; una parte del rastrojo fue almacenado y otra parte tratado con urea. El rastrojo de maíz sin tratar no recibió ningún procesamiento químico, los tratamientos fueron: 1) rastrojo de maíz sin tratar más suplemento (UM); 2) rastrojo de maíz tratado con urea más suplemento (TM); 3) rastrojo de maíz sin tratar más suplemento más urea diluida (38 g de urea disuelta en 50 ml de agua, rociado sobre 1 200 g de alimento fresco (SM); y 4) rastrojo de maíz sin tratar más suplemento más urea mezclada (38 g de urea mezclada con 1 200 g de alimento fresco (MM)). La urea fue adicionada al rastrojo de maíz dos veces al día en la alimentación, para poder cubrir las diferencias en el contenido de nitrógeno con relación a la urea tratada del rastrojo de maíz.

El rastrojo de maíz tratado con urea fue ensilado con urea disuelta en agua en una proporción de 4 kg de urea en 20 L de agua por 100 kg de rastrojo. La urea fue rociada

Materials and methods

Growth trial

Twenty male Criollo sheep with initial live weight of 20 ± 5 kg were used. They were kept in individual pens and fed ad libitum twice a day with free access to water. Sheep were identified, weighed, and internally and externally dewormed (Ivomec-F, 1 mL 50 kg^{-1} of live weight), and supplemented with vitamins A, D, and E. Animals were randomly distributed to four treatments, with five replicates each.

Lambs were subjected to a growth trial, which lasted 60 days. Before starting this test lambs had an adaptation period of 13 days to the corresponding diet. Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion (FC) were determined. Diets were fed ad libitum twice a day (8:00 and 16:00 h) and refusals were collected. Animals were weighed every fortnight; feed was withdrawn 12:00 h before they were weighed in the morning.

Maize stover from the same harvest was ground in a hammermill with a 5 mm screen; one part of untreated stover was stored and the other treated with urea. Untreated maize stover did not receive any chemical processing, treatments were: 1) untreated maize stover plus supplement (UM); 2) urea treated maize stover plus supplement (TM); 3) untreated maize stover plus supplement plus diluted urea (38 g urea dissolved in 50 mL of water, sprayed on 1 200g of fresh feed (SM); and 4) untreated maize stover plus supplement plus urea mixed (38 g urea mix with 1 200 g of fresh feed (MM)). Urea was added to the maize stover twice a day at feeding, in order to cover the differences in nitrogen content with relation to urea-treated maize stover.

The urea treated maize stover was ensiled with urea dissolved in water at the ratio of 4 kg of urea in 20 L of water per 100 kg of stover. Urea was uniformly sprinkled on the stover; the silo was sealed with greenhouse polyethylene and left for 30 days; later it was uncovered and left air drying for one week in order to eliminate the ammonium excess before giving it to the animals.

The diet consisted in maize stover (70%) and a supplement (30%) which contained 94% ground sorghum, 5% molasses and 1% mineral pre-mixture (Superbayphos) and vitamin

uniformemente sobre el rastrojo, el silo se selló con plástico de polietileno usado en invernaderos y dejado por 30 días; después fue descubierto y dejado a secar al aire libre por una semana para eliminar el exceso de amoníaco antes de dárselo a los animales.

La dieta consistió en rastrojo de maíz (70%) y un suplemento (30%) el cual contiene 94% de sorgo, 5% de melaza y 1% de minerales pre mezclados (Superbayphos) y vitamina A[®]. La dieta fue la misma para todos los tratamientos y sólo varió en la forma en que la urea fue provista (rastrojo de maíz con urea tratada y no tratada) (Cuadro 1).

Estudio de digestibilidad *in vivo*

Después de terminar el periodo de crecimiento del ensayo de 60 días, se evaluó la digestibilidad *in vivo*. Sólo se utilizaron cuatro animales por tratamiento, ajustando el consumo a 90% del consumo voluntario (Tuen *et al.*, 1991) por tres días, para poder asegurar el consumo de alimento total y durante los siguientes ocho días se recolectaron los sólidos. Los sólidos fueron pesados y almacenados a -4 °C y secados en un horno con aire forzado a una temperatura de 55 °C por 96 h, hasta alcanzar peso constante, para poder estimar el contenido de materia seca. La materia seca (DM), cenizas (A) y proteína cruda (CP) de las muestras fueron determinadas, de acuerdo a los procedimientos de la AOAC (2010); y la materia orgánica (OM) fue estimada, basado en la diferencia entre las cantidades del alimento consumido y excretado. Las paredes celulares, contenido de células, celulosa y hemicelulosa fueron analizados por el método de Van Soest *et al.* (1991). Los coeficientes de digestibilidad para cada variable fueron estimadas mediante la siguiente formula:

Coeficiente de digestibilidad= [(alimento consumido- excretado) / consumido] *100

Donde: alimento consumido= (alimento consumido DM) x (% de nutrientes del alimento); excretado= (DM de los sólidos producidos) x (% de nutrientes en los sólidos).

A los 45 y 60 días después de iniciar este estudio, se tomaron muestras del fluido de rumen de cuatro corderos de cada tratamiento por medio de una sonda esofágica, en el cual pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) (McCullough, 1967) y ácidos grasos volátiles (VFA's) fueron determinados (Erwin *et al.*, 1961).

A[®]. The diet was the same for all treatments and only varied in the way urea was provided (urea-treated and untreated maize stover) (Table 1).

Cuadro 1. Composición de las dietas utilizadas en el experimento de los corderos alimentados con rastrojo de maíz con y sin urea.

Table 1. Composition of diets utilized in the experiment of lambs fed with maize stover with and without urea.

Ingredientes (%)	Tratamientos			
	UM	TM	SM	MM
Rastrojo de maíz	70.00	70.00	70.00	70.00
Sorgo	28.20	28.20	28.20	28.20
Rastrojo	1.50	1.50	1.50	1.50
Sales minerales*	0.30	0.30	0.30	0.30

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; SM= maize stover + supplementation + diluted urea; MM= maize stover + supplementation + mixed urea; *P: 10%, Ca: 12%, Fe: 0.50%, Mg: 0.10%, Cu: 0.15%, Zn: 0.12%, Mn: 0.05%, Co: 0.05%, I: 0.02%, Se: 200 ppb y Vitamina A: 50000 UI.

In vivo digestibility study

After finishing the 60-day period of growth trial, *in vivo* digestibility was evaluated. Only four animals per treatment were utilized, adjusting intake to 90% of the voluntary intake (Tuen *et al.*, 1991) for three days, in order to secure total feed intake, and during the following eight days feces were collected. Feces were weighed and stored at -4 °C and dried in a forced-air oven at a temperature of 55 °C for 96 h, until reaching constant weight in order to estimate dry matter content. Dry matter (DM), ashes (A), and crude protein (CP) of the samples were determined, according to the AOAC procedures (2010); and organic matter (OM) was estimated, based on the difference between the consumed and the excreted quantities. Cell walls, cell content, cellulose and hemicellulose were analyzed by the methods of Van Soest *et al.* (1991). Digestibility coefficients for each variable were estimated by the following formula:

Digestibility coefficient= [(Feed intake- Excreted) / consumed] * 100

Where: feed intake= (Feed intake DM) x (% of feed nutrient); excreted= (DM of produced feces) x (% of nutrient in feces).

Degradabilidad del rastrojo de maíz *in vitro*

La degradabilidad del rastrojo de maíz *in vitro* también fue determinada en UM, TM, SM y MM. Se preparo un medio líquido (Cuadro 2). Fue esterilizado en un autoclave (Brinkman 2540 E) por 30 min a 121 °C, después fue calentado y se le agregó carbonato de calcio con un flujo constante de CO₂. Después de 5 min se agregó cisteína y calentado de nuevo por 5 min con flujo constante de CO₂.

Cuando el medio liquido estuvo listo, se agregaron 18 mL de este en tubos de ensayo (25 x 145 mm), junto con 0.1bg de UM, TM, SM o MM. Los tubos de ensayos fueron sellados y esterilizados en la autoclave por 20 min a 121 °C. Estos fueron enfriados; se agregó CO₂ a cada tubo e incubado por 72 h a 38 °C, con el fin de confirmar la esterilidad del medio. El medio fue inoculado con 0.2 bmL de líquido del rumen obtenido de una fistula del rumen de una vaca Holstein alimentada con una dieta a base de alfalfa y ensilado de maíz.

Una vez que los tubos de ensayo fueron inoculados, tres tubos de cada tratamiento fueron filtrados con un papel filtro comercial. El resto de los tubos fueron incubados por 24, 48 y 72 h a 38 °C. Después de este tiempo los tubos fueron filtrados y el papel filtro más la muestra fueron secados en horno por 24 h a 60 °C, por último éstos fueron transferidos a cajas petri y colocados en un desecador por 3 h. Después de que los papeles más las muestras fueran pesadas, se calcula la degradabilidad por la diferencia entre el peso inicial y el final de la muestra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición del medio liquido utilizado para determinar la degradabilidad del rastrojo de maíz *in vitro*.

Table 2. Composition of the liquid medium used to determine *in vitro* degradability of maize stover.

Ingredientes	Cantidad
Agua destilada	52.60 mL
Líquido rumial clarificado	30.00 mL
Solución mineral I	5.00 mL
Solución mineral II	5.00 mL
Resazurina 0.1%	0.10 mL
Tripticasa-Peptona	0.20 g
Extracto de levadura	0.10 g
Bicarbonato de sodio 8%	5.00 g
Cisteína solución de sulfato	2.00 mL

At 45 and 60 days after initiating this study, samples of rumen fluid of four sheep from each treatment were obtained by esophageal probe, in which pH, ammonia nitrogen (N- NH₃) (McCullough, 1967), and volatile fatty acids (VFA's) were determined (Erwin *et al.*, 1961).

In vitro degradability of maize stover

In vitro degradability of maize stover was also determined in UM, TM, SM and MM. A liquid medium was prepared (Table 2). It was sterilized in an autoclave (Brinkmann 2 540 E) for 30 min at 121 °C, then it was heated and calcium carbonate was added with constant CO₂ flux. After 5 min cysteine was added and heated again for 5 min with constant CO₂ flux.

When de liquid medium was ready, 18 mL were dispensed in test tubes (25 x 145 mm), together with 0.1 g of UM, TM, SM or MM. The test tubes were sealed and sterilized in the autoclave for 20 min at 121 °C. They were cooled; CO₂ was added to each tube and incubated for 72 h at 38 °C, in order to check the sterility of the medium. The medium was inoculated with 0.2 mL of rumen liquid obtained from a Holstein cow with rumen fistula fed a diet based on alfalfa and maize silage.

Once the test tubes were inoculated, three tubes of each treatment were filtered with commercial filtering paper. The rest of the tubes were incubated for 24, 48 and 72 h at 38 °C. After this time the tubes were filtered and the filtering paper plus the sample were oven dried for 24 h at 60 °C, latter they were transferred to Petri dishes and placed in a desiccator for 3 h. After that the papers plus the samples were weighed, degradability was calculated by the difference between the initial and final weight of the sample (Table 2).

Statistical analysis

Statistical analysis of the data of maize stover was analyzed by *t* test. Diets and digestibility in vivo by F test (Steel and Torrie, 1985). Data of productive performance and rumen variables with the GLM procedure (SAS, 2000); and anaerobic degradability in vitro of maize stover was analyzed with PROC MIXED (Littell *et al.*, 1998) according to a completely randomized design with repeated measurements. The comparison of means of treatments was done using the Dunnett test (Steel and Torrie, 1985).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos del rastrojo de maíz fue analizado por la prueba *t*. Las dietas y digestibilidad *in vivo* por la prueba F (Steel y Torrie, 1985). Los datos del rendimiento productivo y las variables del rumen con los procedimientos GLM (SAS, 2000); y la degradabilidad anaeróbica *in vitro* del rastrojo de maíz fue analizado con PROXMIXED (Littell *et al.*, 1998) de acuerdo con un diseño completamente al azar con mediciones repetidas. La comparación de medias de los tratamientos fue hecha utilizando la prueba Dunnett (Steel y Torrie, 1985).

Resultados y discusión

Composición química del alimento

Los resultados obtenidos del análisis de paja se muestran en el Cuadro 3; el porcentaje de materia seca en el rastrojo de maíz tratado con urea fue menor con respecto a la paja sin tratar; la materia orgánica y cenizas se comportaron en forma similar; la proteína cruda y celulosa se incrementaron en el rastrojo de maíz tratado con urea (TM, $p < 0.05$). Sin embargo, en lo que respecta a la pared celular, el contenido celular, hemicelulosa y lignina, no hubo ninguna diferencia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química del rastrojo de maíz con y sin urea.

Table 3. Chemical composition of maize stover with and without urea.

	Tratamientos		EE	Pr > t
	UM	TM		
Materia seca (DM)	91.15	89.87	0.1331	0.0106
Materia orgánica (OM)	84.36	83.58	0.1498	0.0350
Ceniza	6.80	6.29	0.075	0.0214
Proteína cruda (CP)	5.76	12.73	0.1801	0.0007
Pared celular (CW=NDF)	43.31	46.88	0.8513	0.2920
Contenido de la célula (CC)	71.72	72.60	0.6207	0.0525
Hemicelulosa (HEM)	28.41	25.72	1.1021	0.1343
Celulosa (CEL)	33.42	38.51	0.4327	0.0071
Lignina	8.96	8.79	0.661	0.8211

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; EE= standard error.

El Cuadro 4 muestra la composición química de las dietas. No hubo diferencias entre las dietas UM y TM ($p > 0.05$), pero estuvieron entre UM, SM y MM, donde hubo una reducción

Results and discussion

Chemical composition of feed

The results obtained from the analysis of straws are shown in Table 3; dry matter percentage in urea-treated maize stover was lower with respect to the untreated straw; organic matter and ashes behaved in a similar way; crude protein and cellulose increased in maize stover treated with urea (TM, $p < 0.05$). However, with regard to cell walls, cell content, hemicellulose, and lignin, there was not any difference (Table 3).

Table 4 shows the chemical composition of the diets. There were no differences between the UM and TM diets ($p > 0.05$), but there were among UM, SM, and MM, where there was a decrease in organic matter and hemicellulose content. No differences were found for cell wall and lignin, but the percentage of ash, crude protein, cell content, and cellulose was higher ($p < 0.05$) in TM compared to UM.

The percentage of dry matter (DM) in urea-treated maize stover was lower than in the untreated stover, which coincides with the results obtained in studies carried out by Moss *et al.* (1993) using barley straw treated with sodium hydroxide (NaOH). The lower OM percentage observed in urea-treated stover might be due to the addition of urea diluted with water which diminished DM percentage, and in turn decreased OM content (Oji *et al.*, 2007).

The percentage of ash was lower ($p > 0.05$) in TM, compared with UM, however, in the diets it was opposite, since ash content was higher in TM, which could be due to the changes

en materia orgánica y contenido de hemi celulosa. No se encontraron diferencias para la pared celular y lignina, pero el porcentaje de ceniza, proteína cruda, contenido celular y celulosa fue mayor ($p < 0.05$) en TM comparado a UM.

in OM percentage and to the fact that in the complete diet the remaining ingredients for the analysis were taken into account (sorghum, molasses, and minerals) These results differ from other studies, where an increment in ash content in barley straw treated with NaOH was observed (Moss *et al.*, 1993).

Cuadro 4. Composición química de la dieta utilizada en el experimento con rastrojo de maíz con y sin urea.

Table 4. Chemical composition of the diets used in the experiment with maize stover with and without urea.

Variable	Tratamientos				EE	Pr > F
	UM	TM	SM	MM		
Materia seca (DM)	90.67	90.86	85.72***	91.98***	0.1055	<.0001
Materia orgánica (OM)	84.75	83.89***	79.81***	86.34***	0.1117	<.0001
Ceniza	5.93	6.97***	5.91	5.64	0.0678	0.0006
Proteína cruda (CP)	8.92	11.99***	14.39***	16.58***	0.5582	0.0025
Pared celular (CW=NDF)	46.50	45.39	44.71	44.89	1.0014	0.6270
Contenido de la célula (CC)	63.80	64.67	71.97***	63.83	1.0046	0.0115
Hemicelulosa (HEM)	19.54	16.50***	19.11	20.92	0.4858	0.0130
Celulosa (CEL)	19.97	22.56	24.26	17.72	1.0843	0.0450
Lignina	5.24	5.81	6.09	5.22	0.3980	0.4241

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; SM= maize stover + supplementation + diluted urea; MM= maize stover + supplementation + mixed urea; EE= standard error; *** Comparison of means with Dunnett test (UM vs TM, UM vs SM, and SM vs MM).

El porcentaje de materia seca (DM) en el rastrojo de maíz con urea fue menor que en el rastrojo de maíz sin tratar, lo cual coincide con los resultados obtenidos en un estudio realizado por Moss *et al.* (1993) utilizando paja de cebada tratada con hidróxido de sodio (NaOH). El bajo porcentaje de OM observada en el rastrojo tratado con urea, se podría deber a la adición de urea diluida con agua la cual descende el porcentaje DM, lo cual hace que disminuya el contenido de OM (Oji *et al.*, 2007).

El porcentaje de ceniza fue menor ($p > 0.05$) en TM, comparado con UM; sin embargo, en las dietas fue lo contrario, ya que el contenido de ceniza fue mayor en TM, lo cual se podría deber a los cambios en el porcentaje de OM y al hecho de que en la dieta completa los ingredientes restantes para el análisis fueron tomados en cuenta (sorgo, melaza y minerales). Éstos resultados difieren de otros estudios, donde se observó un incremento en el contenido de ceniza en la paja de cebada tratada con NaOH (Moss *et al.*, 1993).

Los valores de proteína cruda en el rastrojo de maíz tratado con urea fue mayor (12.73%) con relación al rastrojo de maíz sin tratar (5.76%). Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros estudios. Ramírez *et al.* (2007) mencionan que el porcentaje de proteína fue mayor cuando el rastrojo de maíz fue tratado con 6.5% de urea (15.6%) comparado con el testigo (7.4%). El incremento de proteína en la paja

Crude protein values in urea-treated maize stover were higher (12.73%) with relation to the untreated maize stover (5.76%). These results agree with those obtained in other studies. Ramírez *et al.* (2007) indicated that protein percentage was higher when maize stover was treated with 6.5% of urea (15.6%) compared to the control (7.4%). The protein increment in treated straws might have been due to nitrogen addition. The higher protein content in SM and MM compared to TM was probably due to the fact that TM was uncovered to facilitate the elimination of ammonium smell, which might have caused volatilization of nitrogen and therefore its loss.

The percentage of cell wall (FDN) did not show differences ($p > 0.05$) between TM and UM. However Ramírez *et al.* (2007) reported a reduction in FDN in maize stover treated with urea of 8.9%. The results obtained in the present study were lower to those reported by these authors, however urea is an agent with less alkaline potential than other chemicals which have also been used to improve straw digestibility, such as NaOH being its effects on cell wall constituents lower than those of other chemicals (Table 4).

Differences in cell content between TM and UM were not observed. Regarding the results related to hemicellulose percentage, they were similar among treatments, which

tratada pudiera haber sido debido a la adición de nitrógeno. El mayor contenido de proteína en SM y MM comparados a TM probablemente fue debido al hecho de que TM fue descubierto para facilitar la eliminación del olor amoniacal, el cual pudiera haber causado la volatilización del nitrógeno y por su pérdida.

El porcentaje de la pared celular (FDN) no mostro diferencias ($p > 0.05$) entre TM y UM. Sin embargo, Ramírez *et al.* (2007) reportó una reducción en FDN del rastrojo de maíz tratado con urea de 8.9%. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron menores que aquellos reportados por estos autores; sin embargo, la urea es un agente con menor potencial alcalino que otros químicos, el cual también ha sido usado para mejorar la digestibilidad de la paja, tales como el NaOH teniendo un efecto menor sobre los constituyentes de la pared celular que aquellos de otros químicos (Cuadro 4).

No se observaron diferencias entre el contenido celular de TM y UM. Con respecto a los resultados relacionados al porcentaje de hemi celulosa, fueron similares entre tratamientos, lo cual difiere de lo mencionado por Días-Da-Silva y Sundstol (1986), quienes reportaron que el contenido de hemi celulosa disminuyó en paja de trigo tratada con urea (32.9%) con relación al testigo (25.5%). Éstos resultados se pueden atribuir al hecho de que en su estudio, la urea fue dejada a actuar por un periodo de 60 días y en el presente experimento, sólo se dejó por 30 días; por otra parte, sólo la urea fue rociada, donde en el experimento de Dias-Da-Silva y Sundstol (1986) también fue aplicado Na_2SO_4 (4 g por litro de solución).

El porcentaje de celulosa de TM en el rastrojo, así como en las dietas fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que en SM. Dias-Da-Silva y Sundstol (1986) reportaron resultados similares, debido, probablemente al rompimiento del enlace de la hemi celulosa con la lignina; además, estos tratamientos solubilizan la hemi celulosa, sílice y lignina, pero no a la celulosa presente en el forraje (Jackson, 1977). No se observaron diferencias ($p < 0.05$) en el porcentaje de lignina entre tratamientos; Oliveros *et al.* (1993) cuando trato el rastrojo de maíz con urea no encontró diferencias significativas en el contenido de lignina con respecto al testigo, (9.2% y 9.3%, respectivamente), atribuido al bajo potencial alcalino de la urea vs NaOH.

Ensayo de crecimiento

No se observaron diferencias ($p > 0.05$) en el consumo de material seca, ganancia de peso diario o conversión de alimento (Cuadro 5).

differs from what was indicated by Dias-Da-Silva and Sundstol (1986), who reported that hemicellulose content diminished in urea-treated wheat straw (32.9%) with relation to the control (25.5%). These results may be attributed to the fact that in their work, urea was left acting for a 60-day period, and in the present experiment, only for 30 days; moreover, only urea was sprinkled, whereas in Dias-Da-Silva and Sundstol's experiment (1986) also Na_2SO_4 was applied (4g per liter of solution).

The cellulose percentage of TM in stover as well as in the diets was significantly higher ($p < 0.05$) than in SM. Dias-Da-Silva and Sundstol (1986) reported similar results, due probably to the breaking of the linkage with hemicellulose and lignin; furthermore, this treatment solubilizes hemicellulose, silica, and lignin, but not cellulose present in forage (Jackson, 1977). Differences ($p < 0.05$) in lignin percentage among treatments were not observed; Oliveros *et al.* (1993) when treated maize stover with urea did not find significant differences in lignin content with respect to the control, (9.2% and 9.3%, respectively), attributable to the lower alkaline potential of urea vs NaOH.

Growth trial

Differences were not observed ($p > 0.05$) on dry matter intake, daily weight gain, or feed conversion (see Table 5).

Significant differences among treatments were not observed for the growth trial for any of the variables evaluated; these results agree with those reported in other studies for dry matter intake (Manyuchi *et al.*, 1994). Weight gain did not present differences ($p > 0.05$) among treatments; these results are similar to those found by Hadjipanayiotou (1984) and Llamas *et al.* (1985), which could be due to the high percentage of stover in the diet. It also must be pointed out that the present study was carried out in winter and there were frosts, so the animals might have used the highest proportion of the consumed nutrients to maintain their body temperature, and a minimum to gain weight.

With respect to feed conversion, there were no differences among treatments, these results agree with those reported by Martínez *et al.* (1985); however, feed conversion recorded by Urrutia *et al.* (1982) in sheep fed maize stover treated with sodium hydroxide showed a positive response (24.8 control and 15.2 treated stover), does not agree with the results obtained in this experiment. Generally,

Cuadro 5. Variables del rendimiento productivo de corderos alimentados con rastrojo de maíz con y sin urea.
Table 5. Variables of productive performance of sheep fed with maize stover with and without urea.

Variable	Tratamientos				EE	Pr > F
	UM	TM	SM	MM		
Consumo diario de alimento	1.033	0.992	1.041	1.022	0.0209	0.3998
Ganancia diaria de peso	0.047	0.062	0.060	0.067	0.0095	0.5126
Conversión alimenticia	25.271	20.470	19.266	20.092	2.8057	0.4473

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; SM= maize stover + supplementation + diluted urea; MM= maize stover + supplementation + mixed urea; EE= standard error; *** Comparison of means with Dunnett test (UM vs TM, UM vs SM, and SM vs MM).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para el ensayo de crecimiento de las variables evaluadas; estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios para el consumo de materia seca (Manyuchi *et al.*, 1994). La ganancia de peso no presentó diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos; éstos resultados son similares a aquellos encontrados por Hadjipanayiotou (1984) y Llamas *et al.* (1985) lo cual se pudiera deber al alto porcentaje de rastrojo en la dieta. También se debe mencionar que el presente estudio se llevó a cabo en invierno y hubo heladas, por lo que los animales pudieron usar una mayor proporción de nutrientes consumidos para mantener su temperatura corporal y tener una ganancia mínima de peso.

Con respecto a la conversión de alimentos, no hubo diferencias entre tratamientos, éstos resultados coinciden con los reportados por Martínez *et al.* (1985); sin embargo, la conversión de alimentos registrada por Urrutia *et al.* (1982) en corderos alimentados con rastrojo de maíz tratados con hidróxido de sodio mostraron una respuesta positiva (24.8 testigo y 15.2 el rastrojo tratado), lo cual no concuerda con lo obtenido en el presente estudio. Generalmente, los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden deber a la edad de los animales usados, el tipo de rastrojo alimentado, su proporción en la dieta y la temporada en la que se realizó el experimento.

Digestibilidad in vivo

La digestibilidad aparente de la materia seca, pared celular, contenido celular, hemicelulosa y celulosa (Cuadro 6) fue mayor ($p < 0.05$) en TM con relación a UM. La digestibilidad de la proteína cruda fue menor ($p > 0.05$) en TM que en SM y MM pero fue mayor ($p < 0.05$) que en UM (Cuadro 6).

the results obtained in the present study could be the consequence of the age of the animals used, the type of stover fed, its proportion in the diet and the season when the experiment was carried out.

In vivo digestibility

Apparent digestibility of dry matter, organic matter, cell wall, cell content, hemicellulose, and cellulose (Table 6) was higher ($p < 0.05$) in TM with relation to UM. Crude protein digestibility was lower ($p > 0.05$) in TM than in SM and MM but was higher ($p < 0.05$) than in UM (Table 6).

The coefficients of digestibility in vivo of dry matter, organic matter, cell walls, cellulose, and hemicellulose were higher ($p < 0.05$) in TM with relation to UM; these results are higher to those reported by Zhao *et al.* (2007) at feeding sheep with maize stover based diets either supplemented with urea or urea sprayed maize stover. Digestibility of urea-treated stover could cause nitrogen release in the rumen for the case of SM and MM, allowing a higher microbial fermentation. In vivo digestibility of cell walls (FDN) was higher ($p < 0.05$) in TM than in UM, Djaanegara *et al.* (1984/85) and Jian-Xin *et al.* (1995) reported similar results. The increase in digestibility *in vivo*, when straw treated with diluted urea is used, does not only seem due to the increment in nitrogen content, but possibly also to the effect on cell wall structure (Jayasuriya and Perera, 1982).

Crude protein digestibility was not affected ($p > 0.05$) in TM compared with UM, which differs from the results observed by Jian-Xin *et al.* (1995), who did find differences in protein digestibility when feeding sheep with rice straw treated with ammonium bicarbonate. Abate and Melaku (2009) reported that crude protein digestibility was higher

Cuadro 6. Efecto del tratamiento del rastrojo de maíz con urea sobre la digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, paredes celulares, contenido celular, hemicelulosa y celulosa.**Table 6. Effect of treating maize stover with urea on *in vivo* digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, cell walls, cell content, hemicellulose and cellulose.**

Variable	Tratamientos				EE	Pr > F
	UM	TM	SM	MM		
Materia seca (DM)	60.12	67.23***	58.67	57.36	1.3029	0.0008
Materia orgánica (OM)	62.83	69.23***	61.52	60.26	1.2181	0.0010
Proteína cruda (CP)	54.10	59.23	63.93***	68.16***	1.6871	0.0005
Pared celular (CW=NDF)	27.09	45.20***	26.18	33.98	2.6217	0.0009
Contenido de la célula (CC)	83.69	82.58	83.20	74.76***	0.8993	<.0001
Hemicelulosa (HEM)	37.81	49.77***	41.77	46.83***	2.2615	0.0129
Celulosa (CEL)	39.13	52.14***	44.92	29.84	2.9182	0.0012

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; SM= maize stover + supplementation + diluted urea; MM= maize stover + supplementation + mixed urea; EE= standard error. *** Comparison of means with Dunnett test (UM vs TM, UM vs SM, and SM vs MM).

Los coeficientes de digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica, paredes celulares, celulosa y hemicelulosa fueron mayores ($p < 0.05$) en TM con relación a UM; éstos resultados son mayores a aquellos reportados por Zhao *et al.* (2007) en los corderos alimentados con rastrojo de maíz basados en dietas, ya sea suplementados con urea o urea rociada sobre el rastrojo de maíz. La digestibilidad del rastrojo de maíz en urea tratada pudiera causar liberación de nitrógeno en el rumen para el caso de SM y MM, permitiendo una mayor fermentación microbiana. La digestibilidad *in vivo* de las paredes celulares (FDN) fue mayor ($p < 0.05$) en TM que en UM, Djaanegara *et al.* (1984 y 1985) y Jian-Xin *et al.* (1995) reportaron resultados similares; el incremento en la digestibilidad *in vivo*, cuando la paja tratada con urea diluida es usada, no sólo parece incrementarse debido al contenido de nitrógeno, pero posiblemente también tiene efecto sobre la estructura celular (Jayasuriya y Perera, 1982).

La digestibilidad de la proteína cruda no fue afectada ($p > 0.05$) en TM comparado con UM, lo cual difiere de los resultados obtenidos por Jian-Xin *et al.* (1995), quien encontró diferencias en la digestibilidad de proteína cuando se alimentaron a los corderos con paja de arroz tratada con bicarbonato de amonio. Abate y Melaku (2009) reportaron que la digestibilidad de proteína cruda fue mayor cuando se uso paja de cebada tratada con urea para alimentar a los corderos; la diferencia entre los resultados obtenidos en este experimento y aquellos obtenidos por éstos autores se pudiera atribuir a las diferentes pajas y a la diferencia de peso de los animales usados en estos estudios. De igual forma, la digestibilidad del contenido celular no mostró diferencias significativas en TM con

when urea treated barley straw was fed to sheep; the difference between the results obtained in this experiment and those observed by these authors might be attributable to the different straws and the different weight of animals used in these studies. Likewise, digestibility of cell content did not show significant differences in TM with respect to UM, either; this could be due to the fact that the diet offered in this study consisted mostly (70%) of maize stover.

Ruminal variables

Rumen pH (Table 7) did not show significant differences ($p > 0.05$) among treatments. Differences in rumen ammonia nitrogen concentration (N-NH_3) were not observed between TM and UM in the different treatments (Table 7); however the concentrations for SM and MM were much higher than in UM and TM.

The results of rumen pH of the present experiment did not show significant differences among treatments, which agree with those reported by other authors (Zhao *et al.*, 2007), values were within the normal range for the development of rumen microorganisms (6.0-7.0) (Yokoyama and Johnson, 1988), which indicates that using maize stover treated with urea, diluted or mixed urea, did not affect pH of the rumen fluid of the sheep.

Volatile fatty acid concentration (acetic, propionic and butyric) (Table 7) were similar ($p > 0.05$) among UM and TM, and SM; however, butyric acid was differences ($p < 0.05$) for MM.

respecto a UM, o esto pudiera deberse al hecho de que la dieta ofrecida en este estudio consistió principalmente (70%) de rastrojo de maíz.

Variables ruminales

El pH del rumen (Cuadro 7) no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos. No se observaron diferencias en la concentración de nitrógeno amoniacal del rumen (N-NH₃) entre TM y UM en los diferentes tratamientos (Cuadro 7); sin embargo, las concentraciones para SM y MM fueron mucho mayores que en UM y TM.

Rumen ammonia nitrogen concentration was not different ($p > 0.05$) between TM and UM, the concentrations for SM and MM, however, were much higher than in UM and TM; these results differ from the ones reported by Zhao *et al.* (2007). Ammonia values observed in this study were below the normal concentration (1.79 mg dL⁻¹) for UM; for TM they were within the normal range (11.78 mg dL⁻¹), for the SM and MM treatments, they were above the normal concentration, which could affect the digestibility of the feed components and, consequently, the productive performance of the animals.

Cuadro 7. pH, N-NH₃ y VFA en corderos alimentados con rastrojo de maíz con y sin urea.

Table 7. Rumen pH, N-NH₃ and VFA in sheep fed with maize stover with and without urea.

Variable	Tratamientos					Pr > F
	UM	TM	SM	MM	EE	
pH	6.430	6.536	6.706	6.669	0.0830	0.1261
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	1.794	11.774	32.815***	44.136***	4.1640	<.0001
VFA (mmol dL ⁻¹)						
Acético	43.604	44.646	45.415	55.198***	2.6090	0.0293
Propiónico	11.750	11.506	11.405	14.916***	0.7815	0.0221
Butírico	5.779	4.784	5.710	7.396	0.4961	0.0203

UM= maize stover + supplementation; TM= urea-treated maize stover (4%) + supplementation; SM= maize stover + supplementation + diluted urea; MM= maize stover + supplementation + mixed urea; N-NH₃= Nitrógeno amoniacal. VFA= volatile fatty acids; EE= standard error; *** Comparison of means with Dunnett test (UM vs TM,

Los resultados del pH en el rumen del presente experimento no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por otros autores (Zhao *et al.*, 2007), los valores estuvieron dentro del rango normal para el desarrollo de microorganismos en el rumen (6-7) (Yokoyama y Johnson, 1988), lo cual indica que el uso del rastrojo de maíz tratado con urea, diluida o urea mezclada, no afectó al pH en el fluido del rumen del cordero.

La concentración de ácidos grasos volátiles (acético, propionico y butírico) (Cuadro 7) fueron similares ($p > 0.05$) entre UM y TM y SM; sin embargo, hubo diferencias en el ácido butírico ($p < 0.05$) para MM.

La concentración de nitrógeno amoniacal no fue diferente ($p > 0.05$) entre TM y UM, las concentraciones para SM y MM; sin embargo, fueron mucho mayores que en UM y TM; estos resultados difieren de los reportados por Zhao *et al.* (2007). Los valores de amoniaco observados en este estudio fueron menores que la concentración normal (1.79 mg dL⁻¹) para UM; para TM estos estuvieron dentro del rango normal (11.78 mg dL⁻¹), para los tratamientos SM y MM, estuvieron arriba de la concentración normal, lo cual

Differences were not found ($p > 0.05$) among UM, TM and SM, in acetic, propionic, and butyric acid concentrations, though there were differences ($p < 0.05$) for MM in the concentration for acetic and propionic acids. In all treatments, sheep showed typical rumen fermentation for forage, with acetate-propionate ratio of more than 4:1, which agrees with Mgheni *et al.* (1994).

In vitro degradability of maize stover

Dry matter degradability *in vitro* (Figure 1) at 0 h; was not different among treatments ($p > 0.05$). At 24 h, differences ($p < 0.05$) among treatments were observed; the percentage of degradability in TM increased with respect to UM. Similarly, significant differences among the urea-supplemented treatments were observed. The results at 48 and 72 h of incubation were considerably different among treatments ($p < 0.05$).

Dry matter digestibility *in vitro* at zero hour did not show significant differences among treatments, which might be due that there was not enough time for the rumen microorganisms to degrade a considerable percentage of treated or untreated stover. Significant differences were found among treatments

podría afectar la digestibilidad de los componentes del alimento y consecuentemente, el rendimiento productivo de los animales.

No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre UM, TM y SM, en la concentración del ácido actico, propionico y butírico, además no hubo diferencias ($p < 0.05$) para MM en la concentración de los ácidos acético y propionico. En todos los tratamientos, los corderos presentaron una fermentación típica en el rumen para el forraje, con una proporción de acetato-propionato de más de 4:1, lo cual coincide con Mgheni *et al.* (1994).

Degradabilidad del rastrojo de maíz *in vitro*

La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (Figura 1) a 0 horas; no fue diferente entre tratamientos ($p > 0.05$). A las 24 h, se observaron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos; el porcentaje de degradabilidad en TM incremento con respecto a UM. De igual manera se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con urea suplementada. Los resultados a las 48 y 72 h de incubación fue considerablemente diferente entre tratamientos ($p < 0.05$).

La digestibilidad de materia seca *in vitro* a las cero horas no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo cual se pudiera deber a que no hubo tiempo suficiente para que los microorganismos del rumen degradaran un porcentaje considerable del rastrojo tratado o sin tratar. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a las 24, 48 y 72 h de incubación, lo cual coincide con las observación de Llamas *et al.* (1985) quien evaluó la digestibilidad *in vitro* de paja de trigo tratada con amoníaco, y observó un incremento en la digestibilidad de la paja tratada, con respecto a paja sin tratar (60.1% y 52.1%, respectivamente). Fahmy y Klopfenstein (1992) reportó que la digestibilidad *in vitro* de OM en el rastrojo de maíz mejoró, cuando ésta fue tratada con urea, SO_2 y urea + SO_2 , respectivamente.

Conclusión

El tratamiento del rastrojo de maíz con urea disminuyó el porcentaje de materia seca, materia orgánica, ceniza y el porcentaje de proteína cruda y celulosa se incremento. No se observaron diferencias para pared celular, contenido

at 24, 48, and 72 h of incubation, which coincides with the observation by Llamas *et al.* (1985), who evaluated dry matter digestibility *in vitro* of wheat straw treated with ammonia, and observed an increase in digestibility of treated, with respect to untreated straw (60.1% and 52.1%, respectively). Fahmy and Klopfenstein (1992) reported that digestibility *in vitro* of OM in maize stover improved, when it was treated with urea, SO_2 , and urea + SO_2 , respectively.

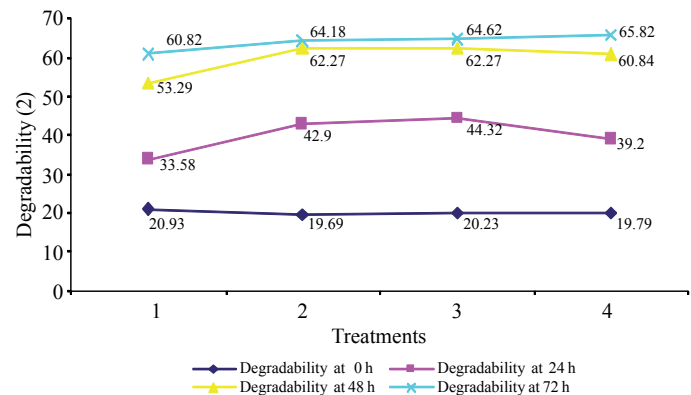


Figura 1. Porcentaje de degradabilidad *in vitro* del rastrojo de maíz a 0, 24, 48 y 72 h de incubación.

Figure 1. Percentage of *in vitro* degradability of dry matter maize stover at 0, 24, 48, and 72 h of incubation.

Conclusion

Treatment of maize stover with urea decreased the percentage of dry matter, organic matter, ash and increased the percentage of crude protein and cellulose. No differences were observed for cell wall, cell content, hemicellulose, and lignin. The productive performance of the sheep was not modified by urea treatment. The treatment of maize stover with urea increased the apparent digestibility of dry matter, organic matter, cell wall, hemicellulose, and cellulose. Digestibility of crude protein was higher in the treatment when mixed urea was added and cell content digestibility was lower in the treatment with maize stover treated with urea. The pH of rumen liquid and volatile fatty acid concentration were similar for all treatments. Rumen ammonia concentration increased in maize stover when urea was added. *In vitro* anaerobic degradability of maize stover, treated and supplemented with urea, was higher at 24, 48, and 72 h of incubation than in untreated maize stover.

End of the English version



celular, hemi celulosa y lignina. El rendimiento productivo del cordero no fue modificado por el tratamiento de urea. El tratamiento del rastrojo de maíz con urea incremento la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, pared celular, hemi celulosa y celulosa. La digestibilidad de proteína cruda fue mayor en el tratamiento donde se adicionó la urea mezclada y la digestibilidad del contenido celular fue menor en el tratamiento con rastrojo de maíz tratado con urea. El pH del líquido del rumen y la concentración de ácidos grasos volátiles fueron similares para todos los tratamientos. La concentración de amoníaco en el rumen incremento en el rastrojo de maíz cuando se agregó urea. La degradabilidad anaeróbica in vitro del rastrojo de maíz, tratado y suplementado con urea, fue mayor a las 24, 48 y 72 h de incubación que en el rastrojo de maíz sin tratar.

Literatura citada

- Abate, D. and Melaku, S. 2009. Effect of supplementing urea-treated barley straw with Lucerne or vetch hays on feed intake, digestibility and growth of Arsi Bale sheep. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:579-586.
- Ajmal Khan, M.; Sarwar, M.; Ahmad, T.; Batti, S. A.; Nisa, M. and Wang-Shik, L. L. 2007. Influence of organic acids or fermentable carbohydrates on feeding value of urea treated wheat straw for *Nili-Ravi* buffalo bulls fed *ad libitum* diets. *Ital. J. Anim. Sci.* 6:508-511.
- The Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2010. Official methods of analysis. 18th ed. Arlington, VA, USA.
- Barrios-Urdaneta, A. and Ventura, M. 2002. Use of "dry ammoniation" to improve the nutritive value of *Brachiaria humidicola* hay. *Livestock Research for Rural Development*. <http://www.cipav.org.co/1rrd1rrd14/4/barr144.htm>.
- Dias-Da-Silva, A. A. and Sundstol, F. 1986. Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14:67-79.
- Djajanegara, A.; Molina, B. T. and Doyle, P. T. 1984/85. The utilization of untreated and calcium hydroxide treated wheat straw by sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:141-150.
- Erwin, E. S.; Marco, G. J. and Emery, E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.
- Fahmy, S. T. M. and Klopfenstein, T. J. 1992. Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 1. *In vitro* studies. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38:351-357.
- Gao, T. 2000. Review: Treatment and utilization of crop straw and stover in China. *Livestock Research for Rural Development*. (12) 1. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd12/1/gao121.htm>. (consultado septiembre, 2011).
- Hadjipanayiotou, M. 1984. The value of urea-treated straw in diets of lactating goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 11:67-74.
- Jackson, M. G. 1977. Review article: the alkali treatment of straws. *Animal Feed Sci. Technol.* 2:105-130.
- Jayasuriya, M. C. N. and Perera, H. G. D. 1982. Urea-ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. *Agric. Wastes.* 4:143-150.
- Jian-Xin, L.; Yao-Ming, W. and Ning-Ying, X. 1995. Effects of ammonia bicarbonate treatment on kinetics of fiber digestion, nutrient digestibility and nitrogen utilization of rice straw by sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 52:131-139.
- Littell, R. C.; Henry, P. R. and Ammerman, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Animal Sci.* 76:1216-1231.
- Llamas, L. G.; Cañez, C. H.; Gómez, A. R.; Díaz, N. T. y Romero, G. H. 1985. Uso de paja de trigo tratada con amoníaco en la alimentación de novillos en crecimiento en corral de engorda. *Téc. Pec. Méx.* 48:46-53.
- Manyuchi, B.; Mikayiri, S. and Smith, T. 1994. Effect of treating or supplementing maize stover with urea on its utilization as feed for sheep and cattle. *Animal Feed Sci. Technol.* 49:11-23.
- Martínez, A. A.; Soriano, T. J. y Shimada, A. S. 1985. Crecimiento de borregos pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro. *Téc. Pec. Méx.* 48:54-61.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chem. Acta.* 17:297-304.
- Mgheni, D. M.; Kimambo, A. E.; Sundstol, F. and Madsen, J. 1994. The influence of urea supplementation or treatment of rice straw and fish meal supplementation on rumen environment and activity in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49:223-235.
- Moss, A. R.; Givens, D. I. and Furnish, S. 1993. A comparison of farm-scale methods of application of hydroxide on the nutritive value of a winter wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:199-212.

- Oji, U. I.; Etim, H. E. and Okoye, F. C. 2007. Effects of urea and aqueous ammonia treatment on the composition and nutritive value of maize residues. *Small Ruminant Research*. 69:232-236.
- Oliveros, B. A.; Britton, R. A. and Klopfenstein, T. J. 1993. Ammonia and/or calcium hydroxide treatment of maize stover: intake, digestibility and digestion kinetics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:59-72.
- Ramírez, G. R.; Aguilera-González, J. C.; García-Díaz, G. and Núñez-González, A. M. 2007. Effect of urea treatment on chemical composition and digestion of *Cenchrus ciliaris* and *Cynodon dactylon* hays and *Zea Mays* residues. *J. Animal Veterinary Advances*. 6:1036-1041.
- Saruklong, C. J. W.; Cone, W. P. and Hendriks, W. H. 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A review. *Asia-Aus. J. Anim. Sci.* 23:680-692.
- Statistical Analysis System (SAS). 2000. User's Guide: Statistics, version 8.25. Ed. SAS Inst., Inc. Cary. N. C. USA.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. México: 2ª Edición, McGraw-Hill. 622 p.
- Tuen, A. A.; Dahan, M. M.; Young, B. A. and Vijchulata, P. 1991. Intake and digestion of urea-treated, urea-supplemented and untreated rice straw by goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32:333-340.
- Urrutia, M. J.; Martínez, R. L. y Shimada, A. S. 1982. Valor nutritivo del rastrojo y ensilaje de maíz, con y sin mazorca, tratados con hidróxido de sodio, para borregos en crecimiento. *Téc. Pec. Méx.* 42:7-16.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. and Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Varga, G. A. and Kolver, E. S. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. *J. Nutr.* 127:819S-823S.
- Yokoyama, M. T. y Johnson, K. A. 1988. Microbiología del rumen e intestino. In: Church, D. C. (Ed.). *El rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición*. España: Acribia. 137-157 pp.
- Zhao, X. G.; An, J.; Luo, Q. J. and Tan, Z. L. 2007. Effect of method and level of urea supplementation on nutrient utilization and ruminal fermentation in sheep fed a maize stover based diet. *J. Appl. Anim. Res.* 31:125-130.