

## RASTROJO DE MAÍZ TRATADO CON UREA Y METIONINA PROTEGIDA EN DIETAS PARA OVINOS EN CRECIMIENTO

Evert Sánchez Acosta, María Esther Ortega Cerrilla, Germán Mendoza Martínez,  
Oziel D. Montañez Valdez y Silvia Elena Buntinx Dios

### RESUMEN

Se estudió la utilización de rastrojo de maíz tratado con urea y el suministro de metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. Treinta y dos borregos criollos, machos de 20 ±5kg de peso y dos meses de edad, fueron asignados aleatoriamente a cuatro tratamientos: 1) 70% de rastrojo de maíz sin tratar (RM) y 30% de concentrado (RST); 2) 70% de rastrojo tratado con urea (4kg de urea diluida en 20 litros de agua/100kg de rastrojo) (RU) y 30% de concentrado (RTU); 3) RST más metionina protegida (RST+Met) y 4) RTU + metionina protegida (RTU+Met). No se encontraron diferencias ( $P>0,05$ ) entre tratamientos en consumo diario de alimento ni en ganancia diaria de peso, así como tampoco en

la digestibilidad de la materia seca, orgánica y proteína cruda. No obstante, el tratamiento de rastrojo con urea aumentó la digestibilidad ( $P<0,05$ ) de la fibra detergente neutro y ácido, y celulosa. No se observaron diferencias entre tratamientos en el pH ni en la concentración de ácidos grasos volátiles, a excepción de la de ácido butírico que fue superior ( $P<0,01$ ) en RST respecto a RTU, pero igual a RST+Met a los 60 días de iniciado el experimento. La concentración de  $N-NH_3$  fue mayor ( $P<0,001$ ) en las dietas que contenían urea a los 45 y 60 días. El rastrojo de maíz molido tratado con urea y la inclusión de metionina protegida en dietas para ovinos aumentaron la digestibilidad de la fibra, pero no la ganancia diaria de peso.

### Introducción

El rastrojo de maíz es el alimento más abundante para los rumiantes durante parte del año en muchas regiones de México, por lo que el consumo de nutrientes es insuficiente para mantener a los animales. El tratamiento de forrajes de baja calidad con urea aumenta el consumo y la productividad de los animales (Flachowsky *et al.*, 1996, Hamad *et al.*, 2010). No obstante, la disponibilidad de algunos aminoácidos esenciales en el intestino delgado puede no ser suficiente para que rumiantes en crecimiento alcancen ganancias de peso adecuadas. Por lo tanto, el suministro adicional de metionina

protegida puede mejorar la ganancia de peso (Merchen y Tigemeyer, 1992; Campbell *et al.*, 1996; Sun *et al.*, 2007), pero hay escasa información disponible sobre la respuesta al suministro de este aminoácido en la dieta con altos niveles de forrajes de baja calidad para ovinos en crecimiento. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del tratamiento del rastrojo de maíz con urea y el suministro de metionina protegida sobre el consumo, ganancia de peso y digestibilidad de la dieta en ovinos en crecimiento.

### Materiales y Métodos

El rastrojo de maíz se molió con criba de 5mm, poste-

riormente una parte del mismo se almacenó (rastrojo sin tratar; RM) y la otra se trató con urea (RU). Después de moler el rastrojo se asperjó de manera uniforme con urea disuelta en agua a razón de 4kg de urea en 20 litros de agua por cada 100kg de rastrojo en base húmeda y se dejó por 30 días a temperatura ambiente (4-17°C). Transcurrido ese tiempo se destapó y se dejó secar al aire por una semana para eliminar el exceso de amoníaco.

Se utilizaron 32 ovinos machos criollos de 2 meses de edad y 20 ±5kg de peso, que fueron alojados en corraletas individuales con agua disponible las 24h. Los animales tuvieron un periodo de adap-

tación de 13 días a las corraletas y a la dieta, previo al inicio de la prueba de comportamiento que duró 60 días.

Los tratamientos fueron 1) RST: rastrojo de maíz sin tratar más suplemento, 2) RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más suplemento, 3) RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más suplemento y metionina protegida (5g por animal y por día, mezclada con agua y proporcionada a la hora de alimentar a los animales), y 4) RTU+Met: rastrojo de maíz tratado con urea más el suplemento y metionina protegida.

Los borregos consumieron 70% de RM o RU. Se proporcionó 30% de un suplemento compuesto por sorgo molido

### PALABRAS CLAVE / Borregos / Metionina / Rastrojo de Maíz / Urea /

Recibido: 21/01/2012. Modificado: 10/04/2012. Aceptado: 11/04/2012.

**Evert Sánchez Acosta.** Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México, México. Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Asesor Independiente.

**María Esther Ortega Cerrilla.** Médica Veterinaria Zootecnista, Universidad Nacional Autó-

noma de México (UNAM). Ph.D., University of Newcastle upon Tyne, RU. Profesora Investigadora, COLPOS, México. Dirección: COLPOS, Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, México, e-mail: meoc@colpos.mx

**Germán D. Mendoza Martínez.** Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Ph.D., University of Nebraska, EEUU. Profesor Investigador, UAM, México.

**Oziel D. Montañez Valdez.** Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad Antonio Narro,

México. Doctor en Ciencias, COLPOS, México. Profesor Investigador, Universidad de Guadalajara, México.

**Silvia Elena Buntinx Dios.** Médica Veterinaria Zootecnista, UNAM, México. Ph.D., North Carolina State University, EEUU. Profesora Investigadora, UNAM, México.

**CORN STUBBLE TREATED WITH UREA AND PROTECTED METHIONINE IN DIETS FOR GROWING SHEEP**

Evert Sánchez Acosta, María Esther Ortega Cerrilla, Germán Mendoza Martínez, Oziel D. Montañez Valdez and Silvia Elena Buntinx Dios

**SUMMARY**

The utilization of urea-treated corn stubble and the provision of protected methionine in diets for growing sheep was studied. Thirty two male two months old criollo lambs of 20 ±5kg in weight were assigned at random to four treatments: 1) 70% non-treated corn stubble (CS) and 30% concentrate (NTS); 2) 70% urea treated stubble -45kg urea diluted in 20 liters of water per 100kg of stubble) and 30% concentrate (UTS); 3) NTS with protected methionine (NTS+Met) and 4) UTS plus protected methionine (UTS+Met). No differences ( $P>0.05$ ) were found between treatments in daily food consumption nor in daily weight gain or digestibility of dry or

organic matter and crude protein. However, the treatment with stubble and urea increased ( $P<0.05$ ) digestibility of neutral and acid detergent fiber, and of cellulose. No differences in pH or volatile fatty acids were observed between treatments, except for butyric acid, which was higher ( $P<0.01$ ) in NTS than in UTS, but similar to NTS+Met at 60 days after start of the experiment. The concentration of N-NH<sub>3</sub> was greater ( $P<0.001$ ) in the diets containing urea at 45 and 60 days. Ground corn stubble treated with urea and protected methionine addition in sheep diets increased fiber digestibility, but not the daily weight gain.

**FORRAGEM DE MILHO TRATADO COM URÉIA E METIONINA PROTEGIDA EM DIETAS PARA OVINOS EM CRESCIMENTO**

Evert Sánchez Acosta, María Esther Ortega Cerrilla, Germán Mendoza Martínez, Oziel D. Montañez Valdez e Silvia Elena Buntinx Dios

**RESUMO**

Estudou-se a utilização de forragem de milho tratado com uréia e o subministro de metionina protegida em dietas para ovinos em crescimento. Trinta e dois carneiros crioulos, machos de 20 ±5kg de peso e dois meses de idade, foram designados aleatoriamente a quatro tratamentos: 1) 70% de forragem de milho sem tratar (RM) e 30% de concentrado (RST); 2) 70% de forragem tratado com uréia (4kg de uréia diluída em 20 litros de água/100kg de forragem) (RU) e 30% de concentrado (RTU); 3) RST mais metionina protegida (RST+Met) e 4) RTU + metionina protegida (RTU+Met). Não foram encontradas diferenças ( $P>0,05$ ) entre tratamentos de consumo diário de alimento, nem de ganho diário de peso, assim como tam-

pouco na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e proteína crua. No entanto, o tratamento de forragem com uréia aumentou a digestibilidade ( $P<0,05$ ) da fibra detergente neutro e ácido e, celulosa. Não se observaram diferenças entre tratamentos no pH nem na concentração de ácidos graxos voláteis, com exceção da de ácido butírico que foi superior ( $P<0,01$ ) em RST em relação a RTU, mas igual a RST+Met aos 60 dias de iniciado o experimento. A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi maior ( $P<0,001$ ) nas dietas que continham uréia aos 45 e 60 dias. A forragem de milho moído tratado com uréia e a inclusão de metionina protegida em dietas para ovinos aumentaram a digestibilidade da fibra, mas não o ganho diário de peso.

(65%), heno de alfalfa (30%), melaza (4%) y 1% de premezcla mineral (Ca 12,0%; P 10,0%; Fe 0,50%; Cu 0,15%; Zn 0,12%; Mg 0,10%; Mn 0,055%; Co 0,050%; I 0,020%; Se 200ppm, vitamina A 50000UI).

En el ensayo de crecimiento las variables medidas fueron consumo diario de alimento (CDA) y ganancia diaria de peso (GDP) El alimento se ofreció diariamente *ad libitum* fraccionado en dos comidas. Los animales se pesaron al iniciar el experimento y posteriormente cada 15 días para determinar la GDP, previo ayuno de 12h.

Terminado el ensayo de crecimiento se determinó la

digestibilidad *in vivo* de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC), fibra detergente neutro (DFDN), fibra detergente ácido (DFDA) y celulosa (DC), con cuatro animales tomados al azar de los ocho de cada tratamiento. Los animales fueron alimentados *ad libitum* por tres días y posteriormente se restringió el consumo al 90% del obtenido *ad libitum* por cinco días (Tuen *et al.*, 1991), para después hacer recolección total de heces durante ocho días (Elam *et al.*, 1962).

Al rastrojo de maíz con y sin urea, dietas y heces se les determinó materia seca (MS),

proteína cruda (PC) y cenizas según AOAC (2005), y fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y celulosa de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991). Además se determinó materia orgánica (MO) por diferencia entre la materia seca y cenizas.

A los 45 y 60 días del estudio se tomaron muestras de líquido ruminal por medio de una sonda esofágica 3h después de proporcionar el alimento. Se determinó pH, nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>; Mc Cullough, 1967) y concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) por cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961).

El análisis de la composición química del rastrojo de maíz sin y con urea, así como el de las dietas se realizó por medio de una prueba de T (Steel y Torrie, 1988), usando el paquete estadístico SAS (2000).

Los datos de consumo, ganancia de peso, pH, conversión alimenticia, concentración de AGV, nitrógeno amoniacal y digestibilidad *in vivo* fueron analizados para un diseño completamente al azar, en un arreglo factorial 2×2 con cuatro tratamientos, usando medidas repetidas, con el paquete SAS (2000). Para la variable ganancia de peso se consideró como covariable el peso inicial.

TABLA I  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RASTROJO DE MAÍZ  
SIN TRATAR Y TRATADO CON UREA

Variable (%)	Tratamientos			
	RM	RU	EE	Pr > F
Materia seca	92,65 a	90,52 b	0,25	0,001
Materia orgánica	92,10 a	92,34 a	0,02	0,070
Cenizas	7,90 a	7,16 a	0,17	0,264
Proteína cruda	5,66 a	12,63 b	0,06	0,001
FDN	70,54 a	72,04 a	0,18	0,103
FDA	42,60 a	46,53 b	0,28	0,040
Celulosa	32,87 a	38,82 b	0,15	0,006
Lignina	8,28 a	8,10 a	0,14	0,699

RM: rastrojo de maíz sin tratar, RU: rastrojo de maíz tratado con urea, EE: error estándar; a, b: medias con distinta literal son diferentes.

## Resultados y Discusión

El porcentaje de MS (Tabla I) en el rastrojo tratado con urea fue menor ( $P < 0,05$ ) que en el rastrojo sin tratar, debido posiblemente a que al diluir la urea y aplicarla con agua se incrementó el contenido de humedad en el rastrojo tratado. En la dieta la MS fue similar en los dos tratamientos (Tabla II). Estos resultados son similares a los obtenidos por Martínez *et al.* (2012), quienes encontraron que al tratar rastrojo de maíz con urea disminuyó el porcentaje de materia seca. Joy *et al.* (1992) y Chermiti *et al.* (1994) también observaron una disminución de MS al tratar paja de cebada con urea.

El contenido de MO no presentó diferencias ( $P > 0,05$ ) en el rastrojo de maíz tratado con urea y sin tratar; sin embargo, en las dietas se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ). Se observó un menor porcentaje de MO ( $P < 0,05$ ) en la dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, debido a la aplicación de la urea en solución, lo que además de reducir el contenido de MS también disminuyó la de MO. Estos resultados coinciden con los reportados por Martínez *et al.* (2012).

En el rastrojo tratado con urea el porcentaje de PC fue mayor ( $P < 0,01$ ), lo que se vio reflejado en las dietas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ben

Salem *et al.* (1994), Madrid *et al.* (1996) y Martínez *et al.* (2012), quienes trataron con urea rastrojo de sorgo, paja de cebada y rastrojo de maíz, respectivamente. Estos autores atribuyen el incremento de la proteína en las pajas tratadas a la adición de nitrógeno proveniente de la urea; el aumento de proteína cruda observado en este estudio en el rastrojo de maíz tratado con urea y en la dieta que tenía este rastrojo, puede deberse a la misma causa.

El porcentaje de FDN no presentó diferencias ( $P > 0,05$ ) en el rastrojo sin tratar y tratado con urea (Tabla I), pero sí en las dietas ( $P < 0,05$ ), siendo mayor en la dieta con rastrojo tratado con urea (Tabla II), lo cual coincide con lo observado por Mgheni *et al.* (1994) al tratar paja de arroz con urea. El valor de FDA fue mayor ( $P < 0,05$ ) en el rastrojo tratado con urea, lo que se reflejó en la dieta que lo contenía; estos resultados son similares a los observados por Cann *et al.* (1991) y Tuen *et al.* (1991) en paja de arroz tratada con amoníaco y urea, respectivamente.

El rastrojo de maíz tratado con urea tuvo un mayor porcentaje de celulosa ( $P < 0,01$ ), lo que también se observó en las dietas. Martínez *et al.* (2012) reportaron porcentajes de celulosa similares a los encontrados en este estudio en rastrojo de maíz tratado con urea, al igual que Ma-

TABLA II  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS  
UTILIZADAS CON RASTROJO DE MAÍZ SIN TRATAR  
Y TRATADO CON UREA

Variable (%)	Dietas			
	RST	RTU	EE	Pr > F
Materia seca	90,35 a	89,60 a	0,12	0,155
Materia orgánica	93,91 a	92,65 b	0,10	0,047
Cenizas	6,08 a	7,34 b	0,01	0,001
Proteína cruda	7,79 a	10,79 b	0,02	0,001
FDN	73,05 a	78,07 b	0,26	0,022
FDA	40,73 a	48,79 b	0,43	0,022
Celulosa	31,01 a	41,08 b	0,25	0,005
Lignina	7,34 a	8,02 a	0,12	0,185

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, EE: error estándar; a, b: medias con distinta literal son diferentes.

TABLA III  
CONSUMO DIARIO PROMEDIO DE MATERIA SECA  
DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIETAS  
CON RASTROJO DE MAÍZ SIN TRATAR Y TRATADO  
CON UREA, Y SIN O CON METIONINA (kg/día)

Días	Tratamientos				EE	Pr > F
	RST	RTU	RST+Met	RTU+Met		
1-15	0,893	0,919	0,823	0,892	0,01	0,127
16-30	0,882	0,905	0,827	0,907	0,01	0,226
31-45	0,896	0,909	0,832	0,907	0,01	0,196
46-60	0,893	0,909	0,850	0,916	0,01	0,504

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más metionina protegida, RTU+Met: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más metionina protegida, EE: error estándar, n= 8.

drid *et al.* (1996) en paja de arroz tratada con urea. Estos resultados pueden deberse a que el tratamiento con urea solubiliza la hemicelulosa y el sílice, pero no la celulosa presente en el forraje (Jackson, 1977).

La lignina no varió ( $P > 0,05$ ) entre los rastrojos ni entre las dietas (Tablas I y II), lo que coincide con Oliveros *et al.* (1993) y Martínez *et al.* (2012) con rastrojo de maíz. Sin embargo, otros autores como Adebowale *et al.* (1989) al tratar rastrojo de maíz con  $\text{NH}_3$ , reportaron un incremento en el porcentaje de lignina y lo atribuyen a que el contenido de paredes celulares disminuyó.

No se encontraron diferencias ( $P > 0,05$ ) en el consumo de materia seca (Tabla III) en los diferentes periodos. Estos resultados son similares a los de Madsen *et al.*

(2005) y Sun *et al.* (2007) pero contrarios a los obtenidos por Flachowsky *et al.* (1996), Rode *et al.* (1997), Misra *et al.* (2006), García *et al.* (2009) y Mapato *et al.* (2010), quienes observaron un aumento en el consumo al alimentar ovinos o bovinos con pajas tratadas con urea. Esta respuesta se atribuye a modificaciones químicas de la paja como consecuencia de la aplicación de urea, más que al nitrógeno adicionado. Sin embargo, en estos estudios el porcentaje de la dieta ofrecida como paja tratada o sin tratar, fue menor que en el presente trabajo, en el que la mayor parte de la ración lo constituyó el rastrojo de maíz, el que por su voluminosidad y baja digestibilidad limita el consumo de materia seca (Colucci *et al.*, 1992). La adición de metionina tampoco mejoró el consumo, aún

TABLA IV  
GANANCIA DIARIA PROMEDIO DE PESO (GDP)  
DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIETAS  
CON RASTROJO DE MAÍZ SIN TRATAR Y TRATADO  
CON UREA, Y SIN O CON METIONINA (kg/día)

Días	Tratamientos				EE	Pr>F
	RST	RTU	RST+Met	RTU+Met		
1-15	0,058	0,095	0,074	0,091	0,005	0,095
16-30	0,074	0,062	0,074	0,074	0,009	0,959
31-45	0,083	0,045	0,108	0,129	0,011	0,089
46-60	0,070	0,049	0,045	0,079	0,009	0,525

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más metionina protegida, RTU+Met: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más metionina protegida, EE: error estándar, n= 8.

en la dieta con urea que tenía un mayor contenido de nitrógeno, contrario a lo reportado por Archibeque *et al.* (2002), quienes encontraron un mayor consumo de alimento en novillos al aumentar el contenido de nitrógeno y proporcionar metionina protegida.

Con respecto a la GDP (Tabla IV) no se observaron diferencias significativas ( $P<0,05$ ) entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, en todos los períodos la GDP fue baja, debido al alto contenido de rastrojo de maíz en la dieta y también a que parte de este estudio se realizó en invierno, en que se presentaron algunas noches heladas, lo que causó bajas temperaturas (-2 a 12°C), siendo probable que los animales designaran

parte de los nutrientes consumidos para el mantenimiento de la temperatura corporal y una menor proporción para ganancia de peso (Kerr, 2008).

La digestibilidad *in vivo* de la MS, MO y PC fue similar entre tratamientos ( $P>0,05$ ; Tabla V), a diferencia de otros trabajos (Hamad *et al.*, 2010; Mapato *et al.*, 2010) en que la digestibilidad de la MS y MO aumentó. No obstante, el tratamiento del rastrojo con urea incrementó la digestibilidad de la FDN, FDA y celulosa. Esta respuesta sugiere que el tratamiento de rastrojo de maíz con urea favoreció la ruptura de enlaces existentes entre celulosa, hemicelulosa y lignina (Castrillo *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 2007).

TABLA V  
DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE LAS DIETAS  
CON RASTROJO DE MAÍZ TRATADO CON UREA  
O SIN TRATAR, Y SIN O CON METIONINA (%)

	Tratamientos					
	RST	RTU	RST+Met	RTU+Met	EE	Pr>F
DMS	57,37	61,13	54,46	54,56	2,67	0,296
DMO	60,14	63,31	58,45	57,58	2,58	0,443
DPC	44,13	48,51	40,02	40,59	3,98	0,439
DFDN	56,82 b	67,56 a	57,07 ab	62,80 ab	2,54	0,032
DFDA	28,02 bc	54,75 a	23,12 c	44,87 ab	4,07	0,001
DCEL	52,11 b	72,76 a	46,92 b	65,94 a	2,20	0,001

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más metionina protegida, RTU+Met: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más metionina protegida, EE: error estándar, n= 4.

No se encontraron diferencias ( $P>0,01$ ) en los valores de pH ruminal (Tabla VI) entre los tratamientos evaluados, que fueron menores a los observados en otros trabajos en los que se han proporcionado subproductos agrícolas tratados con urea a ovinos (Hamad *et al.*, 2010). Sin embargo, los valores de pH registrados en todos los tratamientos se encuentran dentro del intervalo normal (6,0-7,0) para el desarrollo adecuado de los microorganismos celulolíticos ruminales (Yokoyama y Johnson, 1988). El tratamiento del rastrojo de maíz con urea y la suplementación con metionina protegida no afectaron el pH del líquido ruminal.

La concentración de nitrógeno amoniacal (Tabla VI)

fue mayor ( $P<0,01$ ) en los tratamientos RTU y RTU+Met que en RST y RST+Met debido al mayor aporte de nitrógeno en la ración, lo que coincide con lo encontrado por varios investigadores (Cann *et al.*, 1991; Tuen *et al.*, 1991; Tiwari *et al.*, 2008; Hamad *et al.*, 2010; Mapato *et al.*, 2010).

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento del rastrojo de maíz con urea o el suministro de metionina en la dieta, no afectan ( $P>0,01$ ) la concentración de ácido acético o propiónico, ni la relación acetato:propionato 4:1 (Tabla VII). Resultados similares fueron reportados por Man-yuchi *et al.* (1992) y Mghe-ni *et al.* (1994). Sin embargo, a los 60 días se observó

TABLA VI  
VALORES DE PH Y NITRÓGENO AMONIA-CAL  
DE LÍQUIDO RUMINAL DE OVINOS ALIMENTADOS  
CON DIETAS CON RASTROJO DE MAÍZ  
TRATADO CON UREA, SIN TRATAR, Y SIN O  
CON METIONINA

	Días	Tratamientos				EE	Pr>F
		RST	RTU	RST+Met	RTU+Met		
pH	45	6,45	6,65	6,76	6,35	0,05	0,450
	60	6,54	6,54	6,60	6,46	0,03	0,521
(mg·dl <sup>-1</sup> )							
N-NH <sub>3</sub>	45	2,00 a	16,01 b	3,96 a	16,00 b	0,98	0,003
	60	2,08 a	18,92 b	3,63 a	14,88 b	1,11	0,003

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más metionina protegida, RTU+Met: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más metionina protegida, EE: error estándar, n= 4.

TABLA VII  
VALORES DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN OVINOS  
ALIMENTADOS CON DIETAS CON RASTROJO DE MAÍZ  
SIN TRATAR O TRATADO CON UREA  
Y SIN O CON METIONINA (mmol·dl<sup>-1</sup>)

	Días	Tratamientos				EE
		RST	RTU	RST+Met	RTU+Met	
Acético	45	55,31	59,13	36,05	50,31	3,04
	60	50,71	49,94	51,43	50,86	1,55
Propiónico	45	14,02	15,00	8,74	12,38	0,77
	60	12,57	11,08	10,32	12,45	0,34
Butírico	45	6,93	6,14	5,17	5,89	0,40
	60	6,72 a	4,10 b	5,62 ab	5,71 ab	0,20

RST: dieta con rastrojo de maíz sin tratar, RTU: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea, RST+Met: dieta con rastrojo de maíz sin tratar más metionina protegida, RTU+Met: dieta con rastrojo de maíz tratado con urea más metionina protegida, EE: Error estándar, n= 4.  
a, b: letras distintas entre columnas indican diferentes valores ( $P<0,01$ ).

una disminución ( $P < 0,01$ ) en el tratamiento con urea en la concentración de ácido butírico en el líquido ruminal. Los borregos que recibieron la dieta con rastrojo de maíz sin tratar tuvieron una mayor concentración de ácido butírico ( $P < 0,01$ ) que aquellos que recibieron la que contenía rastrojo tratado; sin embargo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos suplementados con metionina.

## Conclusiones

El tratamiento del rastrojo de maíz con urea y la adición de metionina protegida en la dieta no mejora el consumo de materia seca, la ganancia diaria de peso o la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y proteína cruda de la dieta. Tampoco afecta el pH ruminal ni la concentración de AGV en líquido ruminal. El tratamiento del rastrojo con urea aumenta la concentración de  $N-NH_3$  y mejora la digestibilidad de FDN, FDA y celulosa. Debido a la importancia que el rastrojo de maíz tiene en muchos países para ser usado en la alimentación animal, es posible utilizarlo tratándolo con urea; sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para aumentar la digestibilidad de este subproducto, para así poderlo emplear en una mayor proporción en la alimentación de rumiantes.

## REFERENCIAS

- Adebowale EA, Orskov ER, Hooten PM (1989) Rumen degradation of straw. 8. Effect of alkaline hydrogen peroxide on degradation of straw using either sodium hydroxide or gaseous ammonia as source of alkali. *Anim. Prod.* 48: 553-559.
- Archibeque SL, Burns JC, Huntington GB (2002) Nitrogen metabolism of beef steers fed endophyte-free tall fescue hay: effects of ruminally protected methionine supplementation. *J. Anim. Sci.* 80: 1344-1351.
- AOAC (2005) *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> ed. AOAC International. Gaithersburg, MD, EEUU. 684 pp.
- Ben Salem H, Nefzaoui A, Rokbani N (1994) Upgrading of sorghum stover with anhydrous ammonia or urea treatments. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48: 15-26.
- Campbell CGE, Titgemeyer EC, St-Jean G (1996) Efficiency of D-methionine vs L-methionine utilization by growing steers. *J. Anim. Sci.* 74: 2482-2487.
- Cann IKO, Kobayashi Y, Wakita M, Hoshino S (1991) Digestion properties of ammoniated rice straw in the rumen and lower tract of sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35: 55-68.
- Castrillo C, Fondevila M, Guada JA, de Vega A (1995) Effect of ammonia treatment and carbohydrate supplementation on the intake and digestibility of barley straw diets by sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51: 73-90.
- Colucci PE, Fald D, Macleod GK, Grieve DG (1992) *In situ* organic matter degradability of untreated and urea-treated varieties of spring barley and oat straws, and of untreated varieties of winter wheat straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37: 73-84.
- Chermiti A, Teller E, Vanbelle M, Collignon G, Matatu B (1994) Effect of ammonia or urea treatment of straw on chewing behavior and ruminal digestion processes in non-lactating cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 47: 41-51.
- Elam CJ, Reynolds PJ, Davis RE, Everson DO (1962) Digestibility studies by means of chromic oxide, lignin and total collection techniques with sheep. *J. Anim. Sci.* 21: 189-192.
- Erwin ES, Marco GJ, Emery E (1961) Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- Flachowsky GW, Ochrimenko WI, Schneider M, Richter GH (1996) Evaluation of straw treatment with ammonia sources on growing bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 117-130.
- García MA, Albarrán PB, Castellán OOA, Espinoza OA, Arriaga JCM (2009) Urea treated maize straw for small scale dairy systems in the highlands of Central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 41: 1487-1494.
- Hamad MR, Abed-Elazeem SN, Aiad AM, Mohamed A, Soliman AM (2010) Replacement value of urea treated corn with cobs for concentrate feed mixture in pregnant ewes rations. *J. Am. Sci.* 6: 166-178.
- Jackson MG (1977) Review article: The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2: 105-130.
- Joy M, Alives X, Muñoz F (1992) Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38: 319-333.
- Kerr S (2008) *Winter Livestock Management*. Small Farms Extension Service. Oregon State University. <http://smallfarms.oregonstate.edu/sfn/w08livestock> (Cons. 03/04/2012).
- Madrid J, Hernández F, Pulgar MA, Cid JM (1996) Dried lemon as energetic supplement of diet based on urea-treated barley straw: Effects on intake and digestibility in goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63: 89-98.
- Madsen TG, Nielsen L, Nielsen MO (2005) Mammary nutrient uptake response to dietary supplementation of rumen protected lysine and methionine in late and early lactating dairy goats. *Small Rum. Res.* 56: 151-164.
- Manyuchi B, Orskov ER, Kay RNB (1992) Effects of feeding small amounts of ammonia treated straw on degradation rate and intake of untreated straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38: 293-304.
- Mapato C, Wanapat M, Cherdthong A (2010) Effects of urea treatment of straw and dietary level of vegetable oil on lactating dairy cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 42: 1635-1642.
- Martínez TG, Ortega CME, Landois PLL, Pineda OA, Pérez PJ (2012) Productive performance and ruminal variables of lambs fed urea treated maize stover. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3: (en prensa).
- Mc Cullough H (1967) The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem. Acta* 17: 297-304.
- Merchen NR, Titgemeyer EC (1992) Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70: 3238-3247.
- Misra AK, Mehra UR, Dass RS (2006) Assessment of feeding urea ammoniated wheat straw on growth performance, feed intake and nutrient utilization in crossbred calves reared under stall-fed grazing condition. *Livestock Res. Rural Dev.* 18. Article 164. [www.cipav.org.co/lrrd18/11/misr18164.htm](http://www.cipav.org.co/lrrd18/11/misr18164.htm) (Cons. 22/12/2011).
- Mgheni DM, Kimambo AE, Sundstol F, 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.
- Oliveros B, Britton ARA, Klopfenstein TJ (1993) Ammonia and/or calcium hydroxide treatment of maize stover, intake, digestibility and digestion kinetics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44: 59-72.
- Ramírez GR, Aguilera-González J.C, García-Díaz G, Núñez-González AM (2007) Effect of urea treatment on chemical composition and digestion of *Cenchrus ciliaris* and *Cynodon dactylon* hays and *Zea mays* residues. *J. Anim. Vet. Adv.* 6: 1036-1041.
- Rode LM, Jakober KD, Kudo H, Cheng KJ (1997) Utilization of barley straw chemically treated with ammonium sulfite, anhydrous ammonia or urea by ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 105-109.
- SAS (2000) *User's Guide: Statistics*. Version 8.25. SAS Institute. Cary, NC, EEUU.
- Steel P, Torrie H (1988) *Bioestadística*. McGraw Hill. México. 622 pp.
- Sun ZH, Tan ZL, Liu SM, Tayo GO, Ling B, Teng B, Tang SX, Wang, WJ, Liao YP, Pan YF, Wang JR, Zhao XG, Hu Y (2007) Effects of dietary methionine and lysine source on nutrient digestion, nitrogen utilization, and duodenal amino acid flow in growing goats. *J. Anim. Sci.* 85: 3340-3347.
- Tiwari SP, Kumari K, Gendley MK (2008) Effect of feeding untreated and urea treated rice straw on total volatile fatty acids and bacteria production rates in cross bred (Red Sindhi x Jersey) calves. *Livestock Res. Rural Dev.* 20. Article 194. [www.lrrd.org/lrrd20/12/tiwa20194.htm](http://www.lrrd.org/lrrd20/12/tiwa20194.htm) (Cons. 22/12/2011).
- Tuen AA, Dahan MM, Young BA, Vijchulata P (1991) Intake and digestion of urea-treated, urea-supplemented and untreated rice straw by goats. *Anim. Feed Technol.* 32: 333-341.
- Van Soest PJ, Robertson J, Lewis B (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Yokoyama MT, Johnson KA (1988) Microbiología del rumen e intestino. En Church DC (Ed.) *El Rumiente. Fisiología Digestiva y Nutrición*. Acricbia. Zaragoza, España. pp. 137-157.