

## Evaluation of urea treated maize straw (*Zea mays* L.) as a feeding strategy for dairy cows in small-scale dairy systems

Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) tratado con urea como una alternativa en la suplementación de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala

García-Martínez, Anastacio<sup>1</sup>, López-González, Felipe<sup>2\*</sup>, Prospero-Bernal, Fernando<sup>2</sup>, Albarrán-Portillo, Benito<sup>1</sup>, Arriaga-Jordán, Carlos Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Carr. Toluca-Tejupilco Km. 67.5, Barrio de Santiago, 51300 Temascaltepec de González, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Carretera Toluca-Ixtlahuaca km. 14.5, Unidad San Cayetano, 50200 Toluca, México.

\*Autor de correspondencia: flopezg@uaemex.mx

### ABSTRACT

**Objective:** An experiment was carried out to evaluate the productive response of dairy cows to rations with maize straw (*Zea mays* L.) treated with urea.

**Design/methodology/approach:** Nine cows were randomly selected from each unit and were assigned in a 3×3 Latin square design, repeated three times. The evaluated treatments were: T1=*ad libitum* maize straw, treated with 40 g urea kg<sup>-1</sup> DM, in urea solution at 10% and 28 d for reaction under plastic + 1 kg maize/cow/day; T2=*ad libitum* maize straw, untreated, sprayed with a urea solution to add 26 g urea kg<sup>-1</sup> DM at feeding + 1 kg maize/cow/day; and, T3=*ad libitum* untreated maize straw + 760 g soybean (*Glycine max* L.) meal as a source of crude protein (CP).

**Results:** Crude protein content of maize straw, increased 96% when straw was treated with urea; moreover, the amount of structural carbohydrates decreased. No significant differences were observed for milk yield, live weight and body condition score (P<0.05).

**Limitations on study/implications:** To see if the diet had the sufficient amount of protein is required analysis of milk urea nitrogen.

**Findings/conclusions:** The addition of urea maize straw increases the nutritive quality of the straw, however, it did not improve the productive parameters of the cows.

**Keywords:** forage, urea, dairy production.

### RESUMEN

**Objetivo:** evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras a la suplementación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) tratado con urea.

**Diseño/metodología/aproximación:** El trabajo se llevó a cabo en dos unidades de producción de leche en pequeña escala, se seleccionaron nueve vacas de cada unidad de producción y se acomodaron bajo un arreglo estadístico de cuadro

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 11-17.

**Recibido:** septiembre, 2019. **Aceptado:** febrero, 2020.

latino 3x3 repetidos tres veces. Los tratamientos evaluados fueron: T1=rastrojo de maíz a libre acceso, tratado con 40 g urea  $\text{kg}^{-1}$  MS, en solución al 10% y 28 d de reacción bajo plástico + 1 kg de maíz/vaca/día, T2=rastrojo a libre acceso, no tratado asperjado con una solución para adicionar 26 g urea  $\text{kg}^{-1}$  MS al momento de la alimentación + 1 kg de maíz /vaca/día y T3=rastrojo no tratado a libre acceso + 760 g de pasta de soya (*Glycine max* L.) como fuente de proteína cruda (PC). Las variables a evaluar fueron: rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal, así como el consumo voluntario. En el rastrojo de maíz se evaluó: materia seca (MS), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

**Resultados:** No se observaron diferencias significativas para el rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal ( $P < 0.05$ ), misma situación para el consumo voluntarios. En cuanto a los resultados en el rastrojo de maíz se observó un aumento de 96% de la proteína cruda cuando el rastrojo de maíz fue tratado con urea, y la cantidad de carbohidratos estructurales disminuyó 3% respecto al rastrojo sin urea.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** para poder ver si la dieta tenía la cantidad de proteína suficiente, es necesario realizar análisis de nitrógeno ureico en leche.

**Hallazgos/conclusiones:** La adición de urea al rastrojo de maíz incrementa la calidad nutritiva del rastrojo; sin embargo, no mejoró los parámetros productivos de las vacas.

**Palabras clave:** forraje, urea, producción de leche.

## INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), el mayor costo de la producción animal es por la alimentación (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005) por lo que es necesario buscar fuentes disponibles para mantener la producción de leche (Toppo *et al.*, 1997). Generalmente estas fuentes incluyen forraje de praderas y agostaderos, subproductos vegetales, desperdicios celulósicos, arvenses y arbustos.

Los esquilmos agrícolas de algunos cereales, son usados como alimentos para rumiantes en muchas partes de México y el mundo, de los cuales el rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) es el que existe en mayor abundancia. Se estima que en México existe una producción de 90 millones de toneladas de esquilmos agrícolas, de los cuales el rastrojo de maíz es el que ocupa el primer lugar con 32 millones de toneladas (Martínez-Loperena *et al.*, 2011). Debido a la gran cantidad de carbohidratos estructurales y a la baja calidad nutritiva de los rastrojos, se ha sugerido el uso de tratamientos químicos, físicos o biológicos (Flachowsky *et al.*, 1996; Hamad *et al.*, 2010; Fuentes *et al.*, 2001; Martínez-Loperena *et al.*, 2011); sin embargo, la baja disponibilidad de aminoácidos esenciales en el intestino del animal hace que los animales no alcancen su potencial productivo. En algunos trabajos se ha demostrado que los forrajes tratados con sustancias químicas, mejora y aumenta la disponibilidad de nutrientes (Habib *et al.*, 2000). El uso de urea en el tratamiento de pajas y rastro-

jos ha tenido gran importancia en la alimentación de rumiantes, ya que en algunos casos pueden reemplazar a los pastos y ensilados aumentando el consumo de materia seca (MS), aunque el efecto sobre la producción de leche es mínimo (Silva *et al.*, 1998). Tomando en cuenta que la alimentación en las unidades de producción de leche en pequeña escala hace uso de rastrojo de maíz, se hace necesario mejorar su calidad nutritiva y valorar su efecto en la respuesta productiva de vacas en producción de leche, por lo que el objetivo fue evaluar la respuesta animal al tratamiento con urea o a la suplementación con pasta de soya (*Glycine max* L.) como fuente de proteína cruda (PC).

## MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en dos unidades de producción de leche en pequeña escala del Ejido San Cristóbal, Almoloya de Juárez, Estado de México (19° 24' N y 99° 51' O, a una altitud de 2,650 m), bajo el esquema de investigación participativa rural (Conroy, 2005). Para su realización, se diseñaron los tratamientos utilizando recipientes con capacidad para 200 L de agua y 20 kg de urea para preparar una solución al 10%, esta cantidad de agua fue suficiente para asperjar 500 kg de rastrojo (40 g de urea  $\text{kg}^{-1}$  MS). El rastrojo se colocó por capas de aproximadamente 15 a 30 cm de grosor sobre el plástico y se asperjó al mismo tiempo que fue compactado y así sucesivamente hasta terminar con el rastrojo destinado para el tratamiento. Finalmente, el rastrojo tratado se cubrió con plástico cuidando que quedara cerrado herméticamente para mejorar la reacción (Schiere *et al.*, 1989).

Los tratamientos evaluados durante el experimento fueron: T1=rastrojo

de maíz a libre acceso, tratado con 40 g de urea  $\text{kg}^{-1}$  MS, en solución al 10% y 28 d de reacción bajo plástico + 1 kg de maíz/vaca/día, T2=rastrojo a libre acceso, no tratado asperjado con una solución para adicionar 26 g de urea  $\text{kg}^{-1}$  MS al momento de la alimentación + 1 kg de maíz /vaca/día y T3=rastrojo no tratado a libre acceso + 760 g de pasta de soya como fuente de proteína cruda (PC). Los tratamientos se realizaron durante un año, de enero a marzo (Schiere et al., 1989). El rastrojo no tratado, se asperjo con urea previamente, y se proporcionó inmediatamente después de aplicar la solución (26 g de urea  $\text{kg}^{-1}$  MS).

### Manejo de los animales

Se seleccionaron nueve vacas de cada unidad de producción, con tres partos cada una, de acuerdo al número de días en leche, tratando en lo posible que no existieran más de 30 d entre ellas. Los días en leche en ambas unidades fueron de  $96 \pm 9$  d en leche. En cada unidad de producción se trabajó con nueve vacas, el diseño empleado en el experimento para asignar aleatoriamente los tratamientos a las unidades experimentales fue un arreglo estadístico de cuadro latino  $3 \times 3$  repetido tres veces.

El trabajo tuvo una duración de 84 d, divididos en tres periodos de 28 d cada uno, de los cuales se consideraron 15 d de adaptación a la dieta y 13 d para la evaluación de la respuesta animal a los tratamientos. Además de los tratamientos las vacas recibieron 2.67 kg MS de un concentrado comercial con 180 g  $\text{kg}^{-1}$  MS de proteína cruda. Las vacas se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo en una pradera multiespecie durante 9 h, cuya superficie fue de 4.6 ha, compuesta por especies de la familia Poaceae, tales como ballico (*Lolium perenne*), variedad Nui y Beef builder, festuca (*Festuca arundinacea*) y ovillo (*Dactylis glomerata*) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), además de trébol blanco (*Trifolium repens*) y se ordeñaron manualmente a las 5:00 y 16:00 h. La carga animal a la que se pastoreo la pradera fue de 3.9 unidades animal  $\text{ha}^{-1}$ . La leche se pesó diariamente en la mañana y en la tarde los últimos 13 d de cada periodo experimental, utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg. Los animales fueron pesados cada 15 d (a la mitad y al final de cada periodo experimental) con báscula de barras y pantalla electrónica Ruddweigh de fabricación neozelandés, a las 8:00 h. Durante el pesaje se estimó la condición corporal de los animales utilizando la escala de 1 a 5 (Edmonson et al., 1989). El consumo voluntario de ras-

trojo de maíz se midió diariamente en la última semana de cada periodo. El consumo voluntario de rastrojo, se obtuvo por diferencia (consumo voluntario=rastrojo ofrecido-rastrojo rechazado).

### Análisis en el rastrojo y en las praderas

Se tomaron muestras de las praderas mediante la técnica de pastoreo simulado durante los 13 d de medición de cada periodo experimental. Estas muestras se secaron en una estufa a 60 °C hasta obtener su peso constante y se molieron. El contenido de nitrógeno (N) se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1984), el resultado se multiplicó por el factor 6.25 (AFRC, 1993) para obtener el contenido de proteína cruda (PC); el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó mediante el método ANKOM, utilizando la técnica de Van Soest et al. (1994). La disponibilidad de forraje en las praderas se determinó mediante los cálculos de la acumulación neta de forraje (ANF) (Hoogendoorn et al., 2016), con seis jaulas de exclusión distribuidas aleatoriamente en cada periodo a lo largo de la pradera, para delimitar el área de corte se utilizaron cuadrantes de 0.25  $\text{m}^2$  (0.50 m  $\times$  0.50 m), el corte se realizó fuera de la jaula (día cero) y dentro de la jaula (día 14) con tijeras de mano a nivel del suelo y el resultado se expresó en  $\text{kg MS ha}^{-1}$  (Teuber et al., 2007). Del rastrojo de maíz se obtuvieron seis muestras antes del tratamiento y seis después de los 28 d de reacción bajo plástico en cada unidad de producción.

Se tomaron muestras de rastrojo tratado con urea y sin urea, además de las praderas, a las cuales se les determinó el contenido de MS, PC, FDN, FDA a partir de los procedimientos establecidos en el laboratorio (Anaya-Ortega et al., 2009), la digestibilidad *in vitro* se determinó con el uso de líquido ruminal obtenido de dos borregos alimentados con heno de alfalfa y concentrado comercial con 18% de PC (Anaya-Ortega et al., 2009). La energía metabolizable se estimó a partir de la digestibilidad de la materia seca (Kiraz et al., 2011), para lo cual se utilizó las siguientes formulas:

$$ED \text{ (Mcal)} = 0.27 + 0.0428 \times DIVMS$$

donde: ED=energía digestible, DIVMS=Digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Una vez calculada la energía digestible se procedió a la estimación de la energía metabolizable mediante la siguiente formula:

$$EM \text{ (Mcal)} = 0.821 \times ED$$

donde  $EM$ =Energía metabolizable,  $DE$ =Energía digestible, posteriormente se realizó la transformación de megacalorías a megajoules.

El rendimiento de leche, peso vivo y condición corporal en estos experimentos se analizó por medio del análisis de varianza del diseño experimental en cuadro latino. El modelo utilizado en los experimentos fue el siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + L_i + C_{j(i)} + V_{k(j)} + P_l + T_m + e_{ijklm}$$

donde:  $\mu$ =media general;  $L_i$ =efecto de la unidad de producción  $i=1,2$ .  $C_{j(i)}$ =efecto del cuadro dentro de la unidad de producción  $j=1,2,3$ .  $V_{k(j)}$ =efecto de la vaca anidada dentro de cuadro  $k=1,2,3,\dots,18$ .  $p_l$ =efecto debido al periodo experimental  $l=1,2,3$ ;  $T_m$ =efecto debido a tratamiento  $m=1,2,3$ .  $e_{ijklm}$ =error experimental.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis bromatológico del forraje de las praderas (Cuadro 1), mostró que el contenido de proteína cruda en promedio fue de 224.8 g kg<sup>-1</sup> MS y se mantuvo constante durante el experimento. Respecto a los carbohidratos estructurales, se observó disminución conforme avanzaron los periodos de evaluación. Se registró mayor

acumulación neta de forraje en los periodos 2 y 3 con una ANF de 1729 kg ha<sup>-1</sup> y 2076.9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 1).

La cantidad de FDN disminuyó cuando el rastrojo de maíz fue tratado con urea, al igual que la FDA, presentándose en promedio resultados de 729.6 g kg<sup>-1</sup> MS y de 493.7 g kg<sup>-1</sup> MS (Cuadro 2). El contenido de PC en el rastrojo tratado se incrementó en 51.7% con respecto al rastrojo sin tratar (Cuadro 2), ya que registró un contenido de proteína de 50.4 g kg<sup>-1</sup> MS y el rastrojo tratado con urea fue de 97.3 g kg<sup>-1</sup> MS.

El Cuadro 3, muestra los resultados de consumo voluntario de rastrojo por parte de las vacas, en el cual se observa que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) tanto para tratamientos y periodos de evaluación, obteniendo en promedio un consumo de 6.54 kg MS/vaca/día.

La producción de leche no registró diferencias significativas tanto en periodos como en tratamientos evaluados ( $P>0.05$ ), la producción de leche en promedio fue de 15.35 kg vaca día<sup>-1</sup> (Cuadro 4), así como, los resultados de peso vivo de las vacas sin observar diferencias significativas entre tratamientos y periodos

**Cuadro 1.** Análisis nutricional y acumulación neta de forraje de las praderas por periodo.

Periodo	1	2	3	Promedio
PC (g kg <sup>-1</sup> MS)	209	247.7	217.8	224.8
FAD (g kg <sup>-1</sup> MS)	374.6	444.4	432.6	417.2
FND (g kg <sup>-1</sup> MS)	557.5	605.2	580.2	580.9
ANF (kg ha <sup>-1</sup> )	718.9	1729.0	2076.9	1508.2
ANF/día (kg ha <sup>-1</sup> )	8.5	20.5	24.7	17.9

MS=materia seca, PC=Proteína cruda, FDN=Fibra detergente neutro, FDA=Fibra detergente ácido, ANF=Acumulación neta de forraje.

**Cuadro 2.** Análisis nutricional de rastrojo de *Zea mays* L., en el experimento antes y después del tratamiento con urea.

Variable	FDA	FDN	PC	DIVMS	EM
RMCU (g kg <sup>-1</sup> MS)	486.4	721.1	50.4	571.5	9.2
RMSU (g kg <sup>-1</sup> MS)	501.1	738.1	97.3	652.4	10.5
Promedio	493.7	729.6	73.8	611.95	9.8

RMNU=Rastrojo de maíz con urea, RMSU=Rastrojo de maíz sin urea, FDA=fibra detergente ácido, FDN=fibra detergente neutro, PC=Proteína cruda, DIVMS=Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EM=Energía metabolizable (MJ/kg MS).

**Cuadro 3.** Consumo voluntario de rastrojo.

Variable	Tratamiento			Promedio	EEM
	T1	T2	T3		
Consumo de rastrojo (kg MS)	6.56	6.52	6.54	6.54	0.23 <sup>NS</sup>
	Periodo			Promedio	EEM
	P1	P2	P3		
	6.51	6.61	6.51	6.54	0.23 <sup>NS</sup>

T1=Rastrojo tratado con urea + 1 kg de grano de maíz molido, T2=Rastrojo no tratado + 26 g de urea/kg MS de rastrojo + 1 kg de grano de maíz molido, T3=Rastrojo no tratado + 760 g de pasta de soya, EEM=Error estándar de la media, NS=No significativo ( $P>0.05$ ), P1=Periodo uno, P2=Periodo dos y P3=Periodo tres.

**Cuadro 4.** Respuesta productiva de vacas productoras de leche a la inclusión de rastrojo de *Zea mays* L. tratado y sin tratar.

Variable	Tratamientos			Promedio	EEM
	T1	T2	T3		
Producción de leche (kg vaca día <sup>-1</sup> )	15.31	15.33	15.43	15.35	0.39 <sup>NS</sup>
Peso vivo (kg)	511.30	507.90	514.50	511.23	3.52 <sup>NS</sup>
Condición corporal (1-5)	1.81	1.81	1.88	1.83	0.22 <sup>NS</sup>
	Periodos			Promedio	EEM
	P1	P2	P3		
Producción de leche (kg/vaca/día)	14.82	15.45	15.79	15.35	0.39 <sup>NS</sup>
Peso vivo (kg)	506.6	513.01	514.10	511.23	3.52 <sup>NS</sup>
Condición corporal (1-5)	1.86	1.83	1.83	1.84	0.22 <sup>NS</sup>

T1=Rastrojo de maíz tratado con urea + 1 kg de grano de maíz molido, T2=Rastrojo no tratado + 26 g de urea/ kg MS de rastrojo + 1 kg de grano de maíz molido, T3=Rastrojo no tratado + 760 g de pasta de soya, EEM=Error estándar de la media, NS=No significativo ( $P>0.05$ ), P1=Periodo uno, P2=Periodo dos y P3=Periodo tres.

evaluados ( $P>0.05$ ), que se mantuvo constante en el tiempo que duro el experimento. La condición corporal fue consistente durante los periodos de evaluación, sin presentar diferencias significativas entre los periodos y los tratamientos evaluados ( $P>0.05$ ), el promedio de la condición corporal fue de 1.83 (Cuadro 4).

La calidad nutritiva de las praderas fue buena, según Di Marco (2011) una pradera se considera de buena calidad cuando el contenido de proteína cruda es mayor a 150 g kg<sup>-1</sup> MS y el contenido de FDN está por debajo de 500 g kg<sup>-1</sup> MS y se mantuvo durante el experimento, esto se debe a que los animales se mantuvieron en pastoreo continuo, lo que ocasiono que existiera un rebrote constante de la pradera. La cantidad de proteína cruda de la pradera oscilo en promedio en 230.3 g kg<sup>-1</sup> MS, la cual es mayor a lo que reportan en sistemas de producción de leche en pequeña escala (Albarrán et al., 2012; Celis-Alvarez et al., 2016). El contenido de materia seca (MS) fue menor en el rastrojo tratado con urea que en el rastrojo sin tratar, esto se debe a que la cantidad de agua puede diluir la cantidad de materia seca (Oji et al., 2007). Estos resultados coinciden con los encontrados por otros autores, quienes reportaron una disminución en el contenido de materia seca al tratar el rastrojo con urea, ellos reportan valores de 911.5 g kg<sup>-1</sup> MS y 922 g kg<sup>-1</sup> MS en rastrojo sin tratar y de 878.7 g kg<sup>-1</sup> MS y de 900 g kg<sup>-1</sup> MS en rastrojo tratado con urea respectivamente (Martínez-Trejo et al., 2012; Sánchez et al., 2012).

El contenido de FDN y FDA disminuyó cuando el rastrojo de maíz fue tratado con urea, esto se debe a que la urea tiene un efecto sobre la celulosa y la hemicelulosa, hin-

chando las fibras, lo cual las hace más digestibles (Dutta et al., 2004; Gunun y Wanapat, 2012). Algunos autores reportan un incremento en la cantidad de carbohidratos estructurales de maíz tratado con urea y sin tratar, ellos reportan contenidos de FDN de 70.54 en rastrojo sin tratar y un incremento de 72.04 en rastrojo tratado con urea. Gunun and Wanapat, 2012 reportan un incrementó en el contenido de FDA de 42.60 a 46.53 en rastrojo sin tratar y tratado con urea respectivamente.

En cuanto al contenido de proteína cruda (PC), se observó un incremento del 96% del rastrojo tratado con urea comparado con el rastrojo sin tratar, este incremento de proteína cruda se debe a la hidrólisis de la urea. Algunos autores reportan un incremento en el contenido de proteína cruda en rastrojo tratado con urea (Martínez-Trejo et al., 2012; Sánchez et al., 2012). Los resultados de este trabajo son similares a los reportados (Martínez-Loperena et al., 2011; Toppo et al., 1997) quienes reportan un incremento de PC al adicionar urea a rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.). En rastrojo de maíz se reportan incrementos en la cantidad de proteína cruda de 5.19% a 7.49%, estos resultados son menores al incremento que se encontró en el presente trabajo (Gunun et al., 2013). El consumo voluntario de rastrojo por parte del animal se mantuvo constante durante todo el experimento (6.54 kg MS vaca día<sup>-1</sup>), lo cual indica que la urea no ayuda a que el rastrojo tenga mayor digestibilidad. Resultados similares a los reportados por otros autores al adicionar urea al rastrojo de arroz (Arellano et al., 2016). En el rendimiento de leche no se mostró un incremento en el rendimiento de leche a pesar de que como se muestra en el Cuadro 3

el rastrojo de maíz tratado con urea mostró un mayor contenido de proteína cruda. En un estudio realizado en Tailandia con vacas cruzadas (75% Holstein) se reporta aumentos de 3.5% en producción de leche al adicionar urea a rastrojo de arroz (13.1 kg de leche a 14.7) kg de leche, sin embargo, este incremento no es significativo (Mapato *et al.*, 2010). En un estudio llevado a cabo con búfalos se reportó un incremento en la producción de leche al adicionar urea al rastrojo de maíz, reportando producciones de 9.16 kg de leche sin urea y de 10.8 kg de leche con urea, difiriendo con este trabajo (Nisa *et al.*, 2007). En otro estudio llevado a cabo con vacas cruzadas se logró un incremento en la producción de leche al adicionar bloques de urea melaza en la dieta de las vacas (8.75 a 11.5 kg de leche) (Khadda *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

El peso vivo de las vacas y la condición corporal de las vacas se mantuvo similar tanto en los periodos como en los tratamientos, siendo en promedio de 511.23 kg por vaca y de 1.83 respectivamente, de acuerdo a los resultados de condición corporal, las vacas se encontraban en balance energético negativo, lo que implica que las vacas estuvieron moviendo reservas corporales para la producción de leche. La adición de urea al rastrojo no mejoro el consumo voluntario, lo cual se reflejó en el rendimiento de leche, que no tuvo incremento significativo. Lo anterior indica que a pesar de que el rastrojo tratado con urea incrementa el contenido de proteína cruda, no se incrementa la digestibilidad de la materia seca.

## LITERATURA CITADA

- Albarrán, B., García, A., Espinoza, A., Espinosa, E., & Arriaga C.M. (2012). Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small scale production systems in Mexico's Highlands. *Indian J Anim Res* 46: 317-324.
- Anaya-Ortega, J.P., Garduño-Castro, G., Espinoza-Ortega, A., Rojo-Rubio, R., & Arriaga-Jordán, C.M. (2009). Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale campesino dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 41: 607-616.
- Arellano, V.I., Pinto, R.R., Guevara, H.F., Reyes, M.L., Hernández, S.D., & Ley, C.A. (2016). Caracterización del uso de directo de rastrojo de maíz (*Zea mayz* L.) por bovinos. *Rev Mex Cien Pec* 7: 1117-1129.
- Celis-Alvarez, M.D., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, J.G., & Arriaga-Jordán CM. (2016). Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Trop Anim Health Prod* 48: 1129-1134.
- Conroy, C. (2005). Participatory Livestock Research, (ITDG Publishing, Bourton on Dunsmore, Warwickshire, U.K.).
- Di Marco, O. (2011). Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Blancarde. [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45calidad.pdf). consultado el 30 Nov 2016.
- Dutta, N., Sharma, K., & Naulia, U. (2004). Nutritional evaluation of lentil (*Lens culinaris*) straw and urea treated wheat straw in goats and lactating buffaloes. *Asian-Austral J Anim Sci* 17:1529-1534.
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., & Webster, G.A. (1989). body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 72:68-78.
- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macías, A., Del Valle, M.C., & Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Téc Pecu Mex* 4:39-46.
- Flachowsky, G.W., Ochrimenko, W.I., Schneider, M. & Richter, G.H. (1996). Evaluation of straw treatment with ammonia sources on growing bulls. *Anim Feed Sci Technol* 60: 117-130.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., & Ortiz, R.B. (2001). Análisis químico y digestibilidad *in vitro* del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agro Meso* 12: 189-192.
- Gunun, P., & Wanapat, M. (2012). Effect of physical form of ureatreated rice straw on nitrogen balance, rumen fermentation and nutrient digestibility in dairy steers. *Khon Kaen Agric J* 40:62-68.
- Gunun, P., Wanapat, M., & Anantasook, N. (2013). Rumen Fermentation and Performance of Lactating Dairy Cows Affected by Physical Forms and Urea Treatment of Rice Straw. *Asian- Austral J Anim Sci* 26: 1295-1303.
- Habib, G., Hassan, M.F., & Siddiqui, M.M. (2000). Degradation characteristics of straw from different wheat genotypes and their response to urea ammoniation treatment. Department of Animal Nutrition. Agricultural University, Peshawar, Pakistan. *Anim Feed Sci Technol* 72: 373-386.
- Hamad, M.R., Abed-Elazeem, S.N., Aiad, A.M., Mohamed, A., & Soliman, A.M. (2010). Replacement value of urea treated corn with cobs for concentrate feed mixture in pregnant ewes rations. *J Am Sci* 6: 166-178.
- Hoogendoorn, C.J., Newton, P.C.D., Devantier, B.P., Rolle, B.A., Theobald, P.W., & Lloyd-West, C.M. (2016). Grazing intensity and micro-topographical effects on some nitrogen and carbon pools and fluxes in sheep-grazed hill country in New Zealand. *Agric Ecos Envir* 217: 22-32.
- Khadda, B.S., Kanak, L., Kumar, R., Jadav, J.K., & Rai, A.K. (2014). Effect of urea molasses minerals block on nutrient utilization, milk production and reproductive performance of crossbred cattle under semiarid ecosystem. *Indian J Anim Sci* 84: 302-305.
- Kiraz, B.A. (2011). Determination of relative feed value of some legume hays harvested at flowering stage. *Asian J. Anim Vet Adv* 6(5): 525-530.
- Mapato, C., Wanapat, M., & Cerdthong, 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-Loperena, R., Castelán-Ortega, O.A., González-Ronquillo, M., & Estrada-Flores, J.G. (2011). Determinación de la calidad nutritiva, fermentación *in vitro* y metabolitos secundarios en arvenses y rastrojo de maíz utilizados para la alimentación del ganado lechero. *Trop Subtrop Agroec* 14: 525-536.
- Martínez-Trejo, G., Ortega-Cerrilla, M.E., Landois-Palencia, L.L., Pineda-Osnaya, A., & Pérez-Pérez, J. (2012). Rendimiento productivo y

- las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Rev Mex Cien Agrí* 3: 1157-1170.
- Nisa, M., Sarwar, M., Shahzad, M.A., & Hassan, Z. (2007). Influence of urea-molasses treated wheat straw fermented with cattle manure on nutrient intake, digestibilities, milk yield and its composition in early lactating Nili Ravi buffaloes. *Ital J Anim Sci* 6: 480-483.
- Oji, U.I., Etim, H.E., & Okoye, F.C. (2007). Effects of urea and aqueous ammonia treatment on the composition and nutritive value of maize residues. *Small Rumin Res* 69: 232-236.
- Ramírez, G.R., Aguilera-González, J.C., García-Díaz, G., & Nuñez-González, A.M. (2007). Effect of urea treatment on chemical composition and digestion of *Centrus ciliaris* and *Cynodon dactylon* hays and *Zea mays* residues. *J Anim Vet Adv* 6: 1036-1041.
- Sánchez, A.E., Ortega, C.M.E., Mendoza, M.D., Montañez, V.O.D., & Buntinx, D.S.E. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*. 37: 395-399.
- Schiere, J.B., Ibrahim, M.N., Deworl, U.J.H., & Zemmeling, G. (1989). Response of growing cattle given rice straw to lick blocks containing urea molasses. *Anim Feed Sci Technol* 26: 179-189.
- Silva, A.T., & Orskov, E.R. (1988). Fiber degradation in the rumens of animals receiving hay untreated or ammonia treated straw. *Anim Feed Sci Technol* 19: 277-287.
- Teuber, N., Parga, J., Balocchi, O., & Parga, M.J. (2007). *Manejo del Pastoreo*. Imprenta América. Chile, p 129.
- Toppo, S., Verma, A.K., Dass, R.S., & Mehram, U.R. (1997). Nutrient utilization and rumen fermentation pattern in crossbred cattle fed different planes of nutrition supplemented with urea molasses mineral block. *Anim Feed Sci Technol* 64: 101-112.

