

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE RASTROJO DE PIÑA CON NIVELES CRECIENTES DE UREA**

Michael López-Herrera<sup>1</sup>, Rodolfo Wing-Ching Jones<sup>2</sup>, Augusto Rojas-Bourrillon<sup>2</sup>,

Sofía Rodríguez-Chacón<sup>3</sup>

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de urea en las características fermentativas y composición nutricional de los ensilados de rastrojos de piña. El trabajo fue realizado utilizando la técnica de microsilos en bolsas de 1kg. Se establecieron 4 niveles de urea (0, 0,5, 1, 1,5% p/p) con un único nivel de inóculo bacterial (1 L/t) para todos los tratamientos. La inclusión de urea afecta de forma significativa, aumentando el pH de los tratamientos conforme aumenta el % de urea incluido, el nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NT}$ ) también se afecta pero sus niveles son bajos, lo que indica que hay una buena conservación del nitrógeno en el silo, también se aumenta el contenido de PC, conforme se aumenta la inclusión de urea. La DIVMS se aumentada conforme se adiciona urea en los ensilados. El contenido de FDN y FDA y el contenido de energía de los tratamientos muestran diferencias significativas al compararlo con el tratamiento control, sin embargo no se encontraron diferencias en los tratamientos con inclusión de urea. El contenido de Carbohidratos no fibrosos (CNF) se reduce conforme se incrementa el nivel de urea incluido en las mezclas ensiladas. La inclusión de urea mejora el contenido de PC de los ensilados de rastrojos de piña permitiendo una mejor calidad del forraje y posibilidad de mejor aporte de nutrimentos para los animales rumiantes.

**Palabras clave:** Forraje, Aditivos para ensilaje, Nutrición de Rumiantes, proteína cruda, conservación

---

<sup>1</sup> Escuela de Zootecnia. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal Universidad de Costa Rica. Autor para correspondencia: [Michael.Lopez@ucr.ac.cr](mailto:Michael.Lopez@ucr.ac.cr)

<sup>2</sup> Escuela de Zootecnia. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal Universidad de Costa Rica.

<sup>3</sup> Dos Pinos-ELANCO Costa Rica

Recibido: 4 marzo 2014      Aceptado: 30 abril 2014

## ABSTRACT

**Nutritional value of pineapple straw silage with increased levels of urea.** The aim of this study was to determine the effect of different concentrations of urea in the fermentation characteristics and nutritional value of pineapple straw silage. Silage was conducted using the microsilage technique in 1kg bags. Four levels of were used (0, 0.5, 1, 1.5% w / w) with a single level of bacterial inoculum (1 L / t) for all treatments. The inclusion of urea increased significantly the pH of treatments according to level of urea included, the ammonia nitrogen ( $\text{NH}_3/\text{TN}$ ) is also affected by urea but levels are low, which indicates a good preservation of nitrogen in the silo, urea inclusion also increases CP, as the inclusion of urea increases. IVDMD was increased as urea is added in silage. The NDF and ADF content and energy content of the treatments showed significant differences compared with the control treatment; however no differences were found for treatments including urea. The non-fibrous carbohydrates (NFC) are reduced with increasing levels of urea in mixtures ensiled. The inclusion of urea improves CP content of pineapple straw silage allowing better forage quality and possibility of better supply of nutrients for ruminants.

**Keywords:** Forage, Silage additives, Ruminant Nutrition, crude protein, conservation

## INTRODUCCIÓN

El rastrojo de piña puede ser utilizado y conservado de forma satisfactoria para la alimentación de animales rumiantes, debido a su alto contenido de energía (NDT > 59%), sin embargo, posee bajo contenido de materia seca (MS) (< 11%) y de proteína cruda (PC) (<7,5%), lo que limita su uso como sustituto de forraje (López et al. 2009 y Rodríguez 2010).

Trabajos realizados por Rogério et al. (2007), Cunha et al. (2009), Azevedo et al. (2011), Lousada Jr. et al. (2005) en Brasil y Nhan et al. (2009) en Tailandia, con diferentes subproductos de la industria del cultivo de la piña, señalan que los subproductos poseen un

contenido de energía favorable para la producción de leche o carne, en sistemas de producción de rumiantes, con el inconveniente de un bajo contenido de proteína, alto contenido de FDN y bajo contenido de materia seca, por lo que se utilizan aditivos o procesos como la deshidratación para mejorar el aporte de nutrimentos en estos materiales.

Por ejemplo, López et al. (2009) mejoraron el contenido de materia seca y la energía del rastrojo de piña ensilado, al utilizar niveles crecientes de pulpa de cítricos deshidratada, sin embargo, no fue posible mejorar los niveles de proteína de estos materiales. López et al. (2009) también señalaron que el contenido de PC del rastrojo de piña podría aumentarse al utilizar fuentes altas en nitrógeno no proteico (NNP) como la urea (287,5% PC como NNP).

Experiencias en este sentido, indican que es posible mejorar el contenido de proteína y la digestibilidad de forrajes bajos en proteína cruda al utilizar urea (Yunus et al., 2000; Pietrosevoli et al., 1997; Stanton y Whittier, 2006), sin embargo se puede afectar el pH y el contenido de nitrógeno amoniacal del material al final del proceso de ensilaje (Wernli et al., 1993; McDonald, 1981).

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es el de determinar el efecto de incluir niveles crecientes de urea en la capacidad de conservación y en la composición bromatológica del rastrojo de piña cuando se ensila, para su utilización como alternativa en dietas para animales rumiantes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El material forrajero utilizado para este experimento fue recolectado en Pital de San Carlos, en la provincia de Alajuela, en el mes de junio del año 2010. La zona se caracteriza por presentar precipitaciones anuales entre 3.000 – 4.500 mm y una temperatura promedio de 25 °C. Para tal fin, se seleccionaron al azar 60 plantas de segunda cosecha con un peso promedio de 3,5 kg/planta, las cuales presentaban una edad de 18 meses.

El rastrojo de piña (hojas y, tallo y parte de las raíces) fue picado con cuchillo hasta obtener un tamaño de partícula promedio de 3 cm, a estos se les agregaron de acuerdo a cada tratamiento; 4 niveles de urea 0, 0,5, 1, 1,5% p/p en base fresca (lo que representa 4,7, 9,0 y

12,9% en base seca, respectivamente), un único nivel de inóculo bacterial artesanal (1 L/t) y de melaza (3% p/p) para todos los tratamientos. Cada tratamiento contó con 5 repeticiones para un total de 20 microsilos. Para la conservación del material se utilizaron bolsas de polietileno para empaque al vacío con capacidad para 1 kg y con un grosor de 0,0063 mm. Cada bolsa se consideró como una unidad experimental.

Se tomaron muestras compuestas por tratamiento previo al proceso de ensilaje, que fueron llevadas al Laboratorio de Bromatología del Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA) para analizar su composición nutricional y sus características para ser ensilado. El resto del material fue embolsado para someterlo al proceso de ensilaje, se utilizó una bomba de succión para extraer el aire de las bolsas y favorecer un proceso anaeróbico. Los microsilos se mantuvieron en condiciones ambientales por 60 días.

Al momento de la apertura de los microsilos, se realizó una valoración organoléptica de acuerdo a los parámetros indicados por Betancourt *et al.* (2005), donde se valoró el color, la textura y el olor del material ensilado, para color se evaluó como excelente una coloración verde olivo; como bueno un verde amarillento, como regular, el color verde oscuro; y como malo, un ensilaje con coloración oscura (negro). Para la evaluación del olor se tomó como excelente una sensación a fruta madura; como bueno, un ligero olor a vinagre; un fuerte olor a vinagre como regular y por último, un olor putrefacto como malo. En el caso de la textura de los ensilados, se consideró una categoría excelente o buena aquel material que conserva todos sus contornos definidos; como regular los bordes del material aparecen mal definidos; cuando no se aprecia diferencia entre hojas y tallos, se forma una masa amorfa y jabonosa al tacto, se calificó como malo. Por último, la determinación de la humedad en el material fermentado, se consideró como excelente o bueno el material que no humedece las manos al ser comprimido dentro del puño y se mantiene suelto después de retirada la presión; si presenta goteo cuando se comprime y forma una masa compacta se calificó como regular; y si el material se moldea con facilidad y genera efluentes se valoró como malo.

Las mezclas ensiladas fueron llevadas al CINA para ser analizadas. Tanto a las muestras previas como a las muestras ensiladas se les realizaron análisis de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (Cen) de acuerdo a AOAC (1995), carbohidratos no

fibrosos (CNF) según Eastridge (1994), además fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) con la metodología descrita por Van Soest y Robertson (1985). También se estimó la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) utilizando la metodología de Tilley y Terry (1963). Se realizó una estimación de la degradabilidad de la materia seca y de la proteína cruda de los materiales ensilados utilizando las ecuaciones descritas por Yan y Agnew (2004).

En el caso de las variables fermentativas, el pH se determinó utilizando un medidor de pH con electrodo de hidrógeno, la capacidad buffer (CB) se determinó utilizando la metodología de McDonald y Henderson (1962) y el contenido de nitrógeno amoniacal fue analizado utilizando la metodología descrita por Tobía (2004).

La determinación del contenido energético se realizó mediante el cálculo del nitrógeno ligado a la FDN (N-FDN), el nitrógeno ligado a la FDA (N-FDA) (Chalupa y Sniffen 1996) y utilizando las ecuaciones descritas por Adams et al. (1995) para el cálculo del NDT, el fraccionamiento de la energía se estimó utilizando las ecuaciones del NRC (2001) a una y tres veces mantenimiento.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar para el análisis de la información, a la vez se utilizó el modelo de análisis de ANOVA de SAS (2003), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + U_i + e_{ij}$$

donde

$y$  = es el valor de la variable de respuesta

$\mu$  = es la media

$U$  = es el efecto de la urea en los tratamientos.

$e$  = es el efecto residual en el experimento.

La comparación entre tratamientos en caso que dicho efecto resulte significativo ( $p < 0,05$ ), se realizó utilizando la prueba de Waller-Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Características nutricionales y químicas de las mezclas de rastrojo de piña y urea**

Todos los tratamientos presentaron un pH ácido (Cuadro 1), menor al obtenido por López et al. (2009) en rastrojos de piña con adición de pulpa de cítricos deshidratada (PCD), misma tendencia se obtiene al comparar con los resultados de Nhan et al. (2009) con pulpa de piña y por Cunha et al. (2009) quienes evaluaron la cáscara y pulpa antes de ensilaje. Los valores de capacidad amortiguadora (CA) (Cuadro 1) de los materiales determinados en esta investigación son similares a los valores presentados por López et al. (2009) en mezclas de rastrojos de piña sin aditivos, pero mayores a los presentados por Rodríguez (2010) en mezclas de rastrojos de piña con adición de urea y melaza deshidratada con minerales (MDM).

En cuanto a las características nutricionales (Cuadro 1), los materiales previo al proceso de ensilaje presentaron niveles de MS menores a los encontrados en los trabajos de López et al. (2009) y Cunha et al. (2009), pero similares a los presentados por Rodríguez (2010).

En el caso del contenido de PC de las mezclas a ensilar, este aumenta conforme la inclusión de urea incrementa (Cuadro 1), tendencia que supera los valores informados por Cunha et al. (2009), Nhan et al. (2009), López et al. (2009) para el valor de PC en el rastrojo de piña. Los tratamientos evaluados sin inclusión de urea presentaron valores similares a los obtenidos por Lousada Jr. et al. (2005) y Rodríguez (2010) y los tratamientos con inclusión de urea presentaron niveles mayores a los trabajos publicados por Rogério et al. (2007), Pereira et al. (2009) y Correia et al. (2006), quienes trabajaron con subproductos de piña deshidratados. Esta tendencia se relaciona a la cantidad de proteína cruda que se genera a partir de la urea y al aporte de esta en base seca.

Cuadro1. Composición química de las mezclas de rastrojos de piña con niveles crecientes de urea (% p.p<sup>-1</sup> en base fresca).

Variables	Tratamientos			
	Nivel de urea (%) (p.p <sup>-1</sup> )			
	0	0,5	1,0	1,5
<b>Características químicas</b>				
pH	3,02	3,36	3,37	3,96
CB*	29,51	25,93	24,61	22,70
<b>Características nutricionales</b>				
MS (%)	9,80	10,30	9,40	10,20
PC (% MS)	8,70	16,10	14,90	18,50
EE (% MS)	1,77	1,88	1,63	1,06
Cenizas (% MS)	8,20	8,40	8,80	8,10
FDN (% MS)	69,71	64,62	62,16	56,57
FDA (% MS)	37,60	36,25	37,26	37,09
DIVMS (% MS)	67,00	71,30	70,60	65,90

\* mEq NaOH/100g MS

El contenido de FDN de las mezclas a ensilar sin aditivos fue mayor a los resultados presentados por López et al. (2009), Cunha et al. (2009) y Kellems et al. (1979), similares a los resultados presentado por Rodríguez (2010), Pompeu et al. (2006) y Rogério et al. (2007), pero menores a los resultados obtenidos en las investigaciones de Lousada Jr. et al. (2005) y Correia et al. (2006). Comportamiento que se relaciona a características propias de cada investigación, como a la edad del material utilizado.

En cuanto al valor de FDA (Cuadro 1), los tratamientos presentaron niveles similares a los presentados por Rodríguez et al. (2010), pero son mayores a los publicados por López et al. (2009), Cunha et al. (2009), Kellems et al. (1979), Rodríguez (2010), Pompeu et al. (2006),

Rogério et al. (2007), Correia et al. (2006) y Lousada Jr. et al. (2005). Estos valores de FDA podrían afectar la digestibilidad de las mezclas utilizadas en esta investigación aunque, son menores a los descritos por Sánchez y Soto (1998) en forrajes tropicales. Situación que podría potenciar su uso como alternativa de alimentación en sistemas de producción de rumiantes.

Al comparar los valores de DIVMS estimados en esta investigación, con los trabajos de López et al. (2009) se determinan digestibilidades menores, pero se obtienen resultados similares a los descritos por Rodríguez (2010), pero mayores a los obtenidos por Kellems et al. (1979). Situación que se podría relacionar al mayor contenido de FDA, producto a una mayor edad de cosecha.

En cuanto al EE y las cenizas, el rastrojo con niveles crecientes de urea presentaron niveles mayores de estas fracciones al compararlas con los trabajos de Rogério et al. (2007), Pereira et al. (2009) y Cunha et al. (2009).

### **Características fermentativas de los ensilados de rastrojo de piña con niveles crecientes de urea**

**pH:** El grado de acidez de los materiales ensilados fue afectado de manera significativa ( $p < 0,05$ ) por la adición de urea (Cuadro 2), siendo el tratamiento con mayor contenido de urea el que presentó un mayor valor de pH. Comportamiento que concuerda con los resultados obtenidos por Gutiérrez et al. (2003), quienes obtuvieron valores mayores de pH conforme adicionaron mayor contenido de pollinaza a la cáscara y pulpa de piña y a lo explicado por McDonald (1981) quien indica que cuando se adiciona urea o materiales altos en nitrógeno ( $\%PC=N*6,25$ ) a materiales bajos en PC durante el proceso de ensilaje, se obtienen ensilados con pH mayor, en el silo. En el caso de los tratamientos de 0,5 y 1,0% de urea, estos presentaron un valor de pH menor que el tratamiento 1,5, esto se puede deber a una mayor capacidad amortiguadora en este último tratamiento, ya que este efecto puede afectar la fermentación y el pH final en el silo (McDonald, 1981).

De acuerdo a Hiriart (2008) y McDonald (1981) los forrajes con altos contenidos de humedad presentan un pH más elevado que los forrajes que poseen menos de 70% de humedad. Todos los valores son aceptables de acuerdo a Moore y Peterson (1995) quienes señalan como óptimo para ensilados de forrajes con alto contenido de humedad, valores entre 4,0 - 4,20. Valores de pH en los materiales ensilados, excepto el tratamiento 1,5% urea, fueron menores a los obtenidos por Betancourt (2004) y Cubero (2010) en ensilados de maíz, López et al. (2009), y Rodríguez (2010) en ensilados de rastrojos de piña, y que los valores obtenidos por Cunha et al. (2009) y Gutiérrez et al. (2003) quienes evaluaron ensilados de cáscaras y pulpa de piña. Lo cual indica un adecuado proceso de fermentación, que permite la conservación de este material, en condiciones de alta humedad y niveles crecientes de urea.

**Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NT}$ ):** el contenido de nitrógeno amoniacal de las mezclas ensiladas no fue afectado por los niveles crecientes de urea (Cuadro 2), siendo el tratamiento con mayor inclusión de urea el que presentó el mayor contenido de  $\text{NH}_3/\text{NT}$ , sin embargo el contenido de esta fracción es muy bajo debido a un pH ácido que limita el crecimiento de organismos descomponedores que podrían reducir la calidad de los materiales ensilados (McDonald, 1981).

El contenido de nitrógeno amoniacal en todos los tratamientos fue menor a los valores, descritos por Peña y Del Pozo (1992), Moreno (1977) e Hiriart (2008) para ensilados de buena calidad. Mismo comportamiento se obtuvo, al compararlo con los resultados presentados por Gutiérrez et al. (2003), para mezclas ensiladas de cáscaras y pulpa de piña mezcladas con pollinaza y a los valores obtenidos por López *et al.* (2009), Nhan et al. (2009) y Rodríguez (2010) quienes trabajaron con el rastrojo de piña. Lo cual se podría relacionar, a la cantidad y composición de la fuente nitrogenada adicionada a los materiales ensilados y a la edad del rastrojo.

Cuadro 2. Composición química de las mezclas de rastrojos de piña con niveles crecientes de urea (% p.p<sup>-1</sup> en base fresca), después de 60 días de ensilaje.

Variables	Tratamientos*			
	Nivel de Urea (%) (p.p <sup>-1</sup> )			
	0	0,5	1	1,5
<b>Características químicas</b>				
pH	2,96 <sup>ab</sup>	2,58 <sup>b</sup>	2,80 <sup>b</sup>	3,86 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> /NT	0,57 <sup>ab</sup>	0,45 <sup>ab</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>
<b>Características nutricionales</b>				
MS (%)	9,39 <sup>b</sup>	10,01 <sup>a</sup>	10,04 <sup>a</sup>	10,23 <sup>a</sup>
PC (% MS)	8,17 <sup>d</sup>	18,47 <sup>c</sup>	25,52 <sup>b</sup>	30,07 <sup>a</sup>
EE (% MS)	2,60	2,80	2,90	3,00
Cenizas (% MS)	8,46 <sup>b</sup>	9,47 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	9,32 <sup>a</sup>
FDN (% MS)	65,12 <sup>a</sup>	54,82 <sup>b</sup>	54,92 <sup>b</sup>	55,03 <sup>b</sup>
FDA (% MS)	39,45 <sup>a</sup>	34,87 <sup>b</sup>	33,77 <sup>b</sup>	33,42 <sup>b</sup>
CNF (% MS)	17,7 <sup>a</sup>	16,44 <sup>a</sup>	9,41 <sup>b</sup>	4,58 <sup>c</sup>
DIVMS (% MS)	67,32 <sup>c</sup>	72,90 <sup>ab</sup>	71,65 <sup>b</sup>	74,27 <sup>a</sup>
NDT (%)	60,6 <sup>a</sup>	63,8 <sup>b</sup>	64,6 <sup>b</sup>	64,9 <sup>b</sup>
EN <sub>L</sub> 1x (Mcal kg MS <sup>-1</sup> )	1,36 <sup>a</sup>	1,44 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	1,47 <sup>b</sup>
EN <sub>L</sub> 3x (Mcal kg MS <sup>-1</sup> )	1,34 <sup>a</sup>	1,39 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,41 <sup>b</sup>
EN <sub>G</sub> (Mcal kg MS <sup>-1</sup> )	0,75 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>	0,87 <sup>b</sup>	0,88 <sup>b</sup>

\*Letras iguales en la misma fila, indica que no se determinaron diferencias significativas (p<0,05)

### **Características bromatológicas de los ensilados de rastrojo de piña con niveles crecientes de urea**

**Materia seca:** La inclusión de urea genera un incremento promedio de 0,70 unidades porcentuales en el contenido de materia seca, siendo esta diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), no se encontró diferencias entre los tratamientos con urea (Cuadro 2) El contenido de MS de los tratamientos es bajo debido a estructuras en las hojas de la planta que almacenan el agua (Bartholomew et al. 2003), además de la acumulación de agua por la técnica utilizada (López 2008), lo que hace necesaria la utilización de materiales bajos en humedad que permitan aumentar el contenido de MS en mezclas para ensilajes (McDonald (1981) y López (2008).

El contenido de MS en los tratamientos evaluados es menor que el obtenido por López et al. (2009) en rastrojo de piña, también es menor que los valores presentados por Lallo et al. (2003), Azevedo et al. (2011), Kellems et al. (1979) y Cunha et al. (2009). Comportamiento que se podría relacionar al contenido de materia seca inicial de las mezclas a ensilar, las cuales fluctuaron entre 9,30 a 10,40% (Cuadro 1). Autores como Pompeu et al. (2003), Lousada Jr. et al. (2005), Rogério et al. (2007) y Pereira et al. (2009) informan de contenidos de materia seca de entre 89,3 – 97,6% MS en subproductos de piña deshidratados, lo que brinda otra manera de trabajar con estos materiales. Según el contenido de FDN y de acuerdo a la tasa de pasaje estimada para los tratamientos evaluados (Yan y Agnew, 2004b), la degradabilidad de la MS estimada se encuentra entre 43 – 64% (Cuadro 3). Lo cual le confiere a los ensilados de rastrojo de piña con niveles crecientes de urea un mayor aprovechamiento y una posible respuesta productiva por parte de los animales suplementados.

**Proteína cruda:** El contenido de proteína de los materiales ensilados está influenciado por la inclusión de urea en la mezcla (Cuadro 2), siendo las diferencias entre los tratamientos significativas ( $p < 0,05$ ). En promedio se mejora la concentración de PC de los ensilados en 16,52 unidades porcentuales, lo cual permite potenciar el uso de esta alternativa en la suplementación de animales rumiantes.

Los materiales ensilados con inclusión de urea, mejoran su contenido de proteína y supera los resultados de experiencias similares, como las descritas por Gutiérrez et al. (2003), López et

al. (2009), Kellems et al. (1979), Pompeu et al. (2006), Cunha et al. (2009) y Prado et al. (2003). Las mezclas con inclusión de urea, presentan la misma tendencia descrita por Gutiérrez et al. (2003) quienes trabajaron con cáscaras y pulpa de piña mezclada con pollinaza, debido al aporte que presenta la pollinaza a nivel de nitrógeno (Tobía y Vargas, 2000).

Con base en las ecuaciones establecidas por Yan y Agnew (2004b), la tasa de degradación estimada de la proteína fluctuó entre 72 y 90,7% (Cuadro 2). Esta mejora, en el aprovechamiento de la proteína cruda, permite potenciar el uso de esta alternativa en programa de alimentación de rumiantes. Estos autores, también señalan que la degradabilidad de la proteína a una tasa de pasaje de 0,02/h (consumo 1x) en un ensilaje aumenta conforme la concentración de proteína en el material aumenta.

Cuadro 3. Estimación de la degradabilidad de la proteína y la materia seca de acuerdo a la tasa de pasaje, de los ensilados de rastrojos de piña con inclusión de urea (% p/p en base fresca), con 60 días de proceso de ensilaje.

Tasa de pasaje % h <sup>-1</sup>	Degradabilidad de la PC		Degradabilidad de la MS	
	0,02	0,08	0,02	0,08
Tratamientos				
0 % urea	78	72	52	38
0,5 % urea	91	83	64	47
1,0 % urea	90	83	64	47
1,5 % urea	86	79	64	47

**Características de la pared celular:** La inclusión de urea afecta de forma significativa ( $p < 0,05$ ) el contenido de FDN. Provoca una reducción promedio de 10,20%, sin presentar diferencias entre el nivel de urea adicionado (Cuadro 3). Los niveles de FDN en los materiales ensilados permiten consumos entre 1,84 – 2,20% del peso corporal en materia seca, de acuerdo a la ecuación descrita por Belyea et al. (1996), si se utilizara el rastrojo de piña con adición de urea sin limitación por humedad o contenido de nutrimentos. En cuanto al comportamiento de la FDA, los ensilados presentaron el mismo comportamiento que con la FDN, pero la reducción

promedio fue de 5,43%, sin importar el nivel de urea adicionado. Lo que permite obtener una mayor digestibilidad en de los ensilados con inclusión de urea, de acuerdo a lo indicado por Van Soest et al. (1991) quienes indican que altos contenidos de FDA se relacionan con baja digestibilidad en los forrajes. De acuerdo al trabajo realizado por Yan y Agnew (2004 a y b) la degradación de la materia seca en el rumen se reduce conforme aumenta la concentración de FDN en los alimentos para rumiantes, además Sánchez y Soto (1998) reafirman lo señalado por diversos autores acerca de la correlación negativa entre la concentración de FDA y la digestibilidad de los alimentos para rumiantes, es decir que a mayor FDA menor digestibilidad del alimento.

El contenido de FDN y FDA determinados en esta investigación son mayores que los valores obtenidos en rastrojos de piña por López et al. (2009), Lallo et al. (2003), Lousada Jr. et al. (2005), Prado et al. (2003), Pereira et al. (2009) y Cunha et al. (2009), pero similares a los obtenidos por Gutiérrez et al. (2003), Correia et al. (2006), Azevedo et al. (2011) y Rogério et al. (2007). Resultados que potencian el uso de esta alternativa de alimentación, en sistemas de producción de rumiantes, en periodos de escasez de forraje o para la reducción de costos.

**Carbohidratos no fibrosos:** Se determinó una disminución de esta fracción (Cuadro 2), conforme aumentó el nivel de urea adicionada, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos con incorporación de urea, esto debido a la relación matemática que existe en el cálculo de los CNF, ya que de acuerdo a Mertens (1996) el cálculo de los CNF debe sumar el 100% de la materia seca, y al existir una tendencia a incrementar el contenido de PC, los CNF disminuyen. Este comportamiento de reducción en el contenido de CNF al aumentar la inclusión de nitrógeno en la mezcla ensilada coincide con los comportamientos de las mezclas ensiladas obtenidas por Rodríguez (2010) y Gutiérrez et al. (2003).

Según el tratamiento a comparar, el contenido de CNF es menor a los resultados descritos por Rogério et al. (2007), López et al. (2009) y Azevedo et al. (2011) en el caso de los tratamientos con 1 y 1,5% de inclusión de urea. Comportamiento que se podría relacionar al alto contenido de proteína cruda, que presentan estos ensilados. Mientras que, los tratamientos sin aplicación de urea y 0,5% de inclusión, superan los valores informados por Rogério et al. (2007), lo cual se podría relacionar a las características del rastrojo utilizado.

**Cenizas:** En cuanto a la fracción mineral, se determinaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el tratamiento sin aditivo y los que contienen urea, sin embargo no existen diferencias entre el porcentaje de inclusión de urea. Estas diferencias entre aplicar y no aplicar urea, en el contenido de cenizas, podría relacionarse al incremento en materia seca según el nivel de urea adicionado y al contenido de cenizas en las diferentes partes de la planta. En este sentido Kellems et al. (1979) analizaron partes de la planta de piña y encontraron diferentes contenidos minerales, lo que quiere decir que en una mezcla compuesta por diferentes partes de la planta, el contenido de cenizas puede variar de forma significativa.

**Digestibilidad in vitro de la materia seca** La inclusión de urea afecta de forma significativa la digestibilidad de los materiales ensilados, al presentar un incremento en la digestibilidad de los materiales conforme se aumenta la inclusión de urea. Lo cual se podría relacionar a la tendencia en disminuir el contenido de FDN y FDA de los ensilados con incrementos en los niveles de urea adicionada.

La mayor parte de los tratamientos fue mayor a los valores reportados por Kellems *et al.* (1979) y Rodríguez (2010) en plantas de piña (rastros), además fueron mayores a los valores obtenidos por Cubero et al. (2010) quienes evaluaron ensilados de maíz, pero menores a los valores obtenidos por López *et al.* (2009) y Gutiérrez *et al.* (2003). Los tratamientos evaluados poseen una buena digestibilidad, esto indica que su aprovechamiento por el rumiante podría ser mayor al que se puede esperar de forrajes tropicales como la Morera, el pasto Jaragua y el pasto Kikuyo (Estrada et al., 1998).

### **Caracterización energética de los ensilados de rastrojo de piña y niveles crecientes de urea**

Los tratamientos seleccionados presentaron una concentración de energía mayor a la obtenida por López *et al.* (2009) en ensilados de rastros de piña sin PCD y con 5% de inclusión de PCD, Pereira *et al.* (2009), Correia et al. (2006) y Rogério *et al.* (2007), pero menores que el tratamiento sin aditivos de la investigación de Cubero et al. (2010) quienes trabajaron con ensilados de maíz. El tratamiento control presentó un contenido de NDT similar a los ensilados

de maíz reportados por Betancourt (2004), pero los tratamientos con adición de urea tuvieron valores mayores a los presentados por el autor anterior.

López et al. (2009) indican que los rastrojos de piña poseen buen contenido de NDT y energía con respecto a pastos tropicales (C4), por lo que al utilizarlo en dietas para rumiantes se puede mejorar el perfil energético de la ración, sin embargo señalan que tanto la MS como la PC limitan su utilización como forraje principal en una ración diaria.

## CONCLUSIONES

Los rastrojos de piña mezclados con urea pueden ser conservados exitosamente a pesar de alto contenido de agua, la inclusión de urea mejora los contenidos de PC de los ensilados, la utilización de melaza como fuente de carbohidratos solubles permitió una adecuada conservación del forraje reduciendo las pérdidas por aumento en el pH y en  $\text{NH}_3/\text{NT}$ .

El contenido de energía de los rastrojos es mejor que el de muchos pastos y forrajes tropicales y al adicionar nitrógeno a la ración se mejora considerablemente el contenido de PC en los ensilados, sin embargo el contenido de MS de los rastrojos de piña es un factor que limita su utilización como forraje principal, debido a su bajo aporte de nutrimentos en dietas para rumiantes, por lo que se deben buscar alternativas que permitan.

## LITERATURA CITADA

Adams, R.S., Comerford, J.W., Ford, S.A., Graves, R.E., Heald, C.W., Heinrichs, A.J., Henning, W.R., Hutchinson, L.J., Ishler, V.A., Keyser, R.B., O`connor, M.L., Specht, L.W., Spencer, S.B., Varga, G.A., Yonkers, R.D. (1995). Dairy Reference Manual. Third

- edition. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Pennsylvania State University. United States. 108 p.
- Association Of Official Analytical Chemist (AOAC). (1991). Methods of analysis. Washington D.C.
- Azevêdo, J.A., Filho, S.C., Detmann, E., Pina, D., Pereira, L.G., De Oliveira, K., FERNANDES, H., SOUZA, N.K. (2011). Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(2), 391 – 402.
- Barquero, M. (2011). Área sembrada de piña se duplicó en los últimos 4 años. Artículo de Periódico La Nación. Lunes 8 de agosto de 2011. Página 25A. Costa Rica
- Batholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, K.G. (2003). Pineapple: Botany and uses. CABI Publishing. United Kingdom. 313 p.
- Betancourt, J. C, (2004). Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*), a tres densidades de siembra. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 110 pp.
- Belyea, R., Steevens, B., Garner, G., Whittier, J., Sewell, H. (1996). Using NDF and ADF To Balance Diets. Missouri University Extension: G3161. USA.
- CHALUPA, W., SNIFFEN, C.J. (1996). Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle – today and tomorrow. *Animal Feed Science and Technology* 58: 65 – 75.
- Correia, M.X., Costa, R.G., Da Silva, J.H., De Carvalho, F.F., De Medeiros, A. (2006). Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(4) 1822-1828 (supl.)
- CUBERO, J.F., ROJAS, A., WINGCHING, R. (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense* 34(2): 237-250.
- Cunha, M.D.G., Oliveira, E., Ramos, J.L., Alcântara, M.D. (2009). Conservação e utilização do resíduo de abacaxi na alimentação de ovinos no curimataú ocidental da paraíba. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuaria* 3 (3): 55-62.

- Eastridge, M. (1994). Influence of fiber intake on animal health and productivity. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 45 p.
- Estrada, X., Ibrahim, M., Camero, A., Abarca, S., Hidalgo, C. (1998). Degradación ruminal de forrajes tropicales cuando se sustituye King grass (*Pennisetum purpureum*\**Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus alba*). FAO. Roma. Italia. 5p.
- Gutiérrez, F., Rojas, A., Dormond, H., Poore, M., Wingching, R. (2003). Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agronomía Costarricense*. 27(1), 79 – 89.
- Hiriart, M. (2008). *Ensilados. Procesamiento y Calidad*. Editorial Trillas. México. 110p.
- Kellems, R.O., Wayman, O., Nguyen, A.H., Nolan, J.C., Campbell, C.M., Carpenter, J.R., Ho-A, E.B. (1979). Post-harvest pineapple plant forage as a potential Feedstuff for beef cattle: evaluated by laboratory Analyses *in vitro* and *in vivo* digestibility and Feedlot trials. *Journal of Animal Science* 48 (5), 1040-1048.
- Lallo, F.H., Nunes, I., Gonçalves, W., Zeoula, L.M., Barros, F., Yoshimi, F. (2003). Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduos industriais de abacaxi sobre a degradabilidade ruminal em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32(3), 719 – 726.
- Lopez, M. (2008). Valoración nutricional de los rastrojos de piña (*Ananas comosus*) como una alternativa forrajera de bajo costo para la alimentación del ganado. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 106 p.
- Lopez, M., Wingching-Jones, R., Rojas, A. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Agronomía Costarricense* 33(1), 1 – 15.
- Lousada, Jr. J.E., Miranda, J., Rodríguez, N., Machado, J.C., Braga, R. (2005). Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34 (2), 659-669.
- McDonald, P. (1981). *The biochemistry of silage*. John Wiley Ltd. New York. 226 p.
- McDonald, P., Henderson, A.R. (1962). Buffering capacities of herbage samples as factor of silage. *Journal of Science Food and Agriculture* 13, 395-400.

- Mertens, D. (1996). Formulating Dairy Rations. Using fiber and Carbohydrate Analyses to formulate dairy rations. U.S Dairy Forage Research Center. Informational Conference with dairy and forage industries. 81– 92.
- Moore, K.J., Peterson, M.A. (1995). Post-harvest physiology and preservation of forages. Crop Science Society of America Inc. Special publication N.º 22. Wisconsin, USA. 91-107 p.
- Moreno, A. H. (1977). Evaluación de ensilajes de pasto Panamá (*Saccharum sinense*), para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 98 p.
- Nhan, N.T.H., Hon, N.V., Preston, T.R. (2009). Ensiling with or without additives to preserve pineapple residue and reduce pollution of the environment. *Livestock Research for Rural Development* 21(7). Retrieved March 8, 2012, at 10:15 am, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/7/nhan21096.htm>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press. Washington DC. 408 p.
- Peña, P. M., Del Pozo, P. (1992). *Explotación de pastos y forrajes*. ISCAH: La Habana, Cuba. 106 p.
- Pereira, E.S., Filho, J.G., Freitas, E.R., Neiva, J.N., Cândido, M.J. (2009). Valor energético de subprodutos da agroindústria brasileira. *Archivos de Zootecnia* 58(223), 455 – 458.
- Pietrosemoli, S., Ventura, M., Gutierrez, G. (1997). Adición de urea y melaza en la preparación de silaje de *Brachiaria brizantha* para bovinos en crecimiento. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal* 5 (Supl. 1). 205 – 207.
- Pompeu, R.C., Neiva, J.N., Cândido, M.J., Filho, G., De Aquino, D., Lobo, R. (2006). Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. *Revista Ciência Agronômica*, 37(1), 77 – 83.
- Prado, I., Lallo, F.H., Zeoula, L.M., Neto, S., Gonçalves, W., Marques, J. (2003). Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduos industriais de abacaxi sobre el desempenho de bovinos confinados. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32(3), 737 – 744.

- Rodríguez, S. (2010). Mejoramiento de la calidad nutricional de rastrojos de piña (*Ananas comosus*), con niveles crecientes de urea y minelaza. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 109 p.
- Rogério, M.C.P., Borges, I., Neiva, J.N.M., Rodriguez, N.M., Pimentel, J.C.M., Martins, G.A., Ribeiro, T. P., Costa, J.B., Santos, S.F., Carvalho, F.C. (2007). Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus L.*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59(3), 773 – 781.
- Sánchez, J. M., Soto, H. (1998). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Revista Nutrición Animal Tropical (Costa Rica)* 4(1), 7-19.
- SAS. (2003). SAS 9.1.3 for Windows. Service Pack 4.Win\_Pro plataforma. Copyright © 2002-2003 by SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA.
- Stanton, T.L., Whittier, J. (2006). Urea and NPN for cattle and sheep. Fact Sheet N° 1608. Livestock series/Management. Colorado State University. United States. 3p.
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A. (1963). A two-stage technique for the In vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science* 18(2), 104 – 111.
- Tobia, C., Rojas, A., Villalobos, E., Soto, H., Uribe, L. (2004). Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2), 27-35.
- Tobia, C., Vargas, E. (2000). Evaluación de las excretas de pollos de engorde (Pollinaza) en la alimentación animal. I. Disponibilidad y Composición química. *Agronomía Costarricense* 24(1), 47-53.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. (1985). Analysis of forages and fibrous food. AS 613. Cornell University, A Laboratory Manual. Department of Animal Science. Ithaca NY. 613 p.
- Yan, T., Agnew, R.E. (2004a). Prediction of nutritive values in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy concentrations using nutrient compositions and fermentation characteristics. *Journal of Animal Science* 82: 1367 – 1379.
- Yan, T., Agnew, R.E. (2004b). Prediction of nutritive values in grass silages: II. Degradability of nitrogen and dry matter using digestibility, chemical composition and fermentation data. *Journal of Animal Science* 82: 1367 – 1379.

- Yunus, M., Ohba, N., Shimojo, M., Furuse, M., Masuda (2000). Effects of adding urea and molasses on Napiergrass silage quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 13(11): 1542 – 1547.
- Wernli, C., Uslar, C., Jahn, E. (1993). Deyecciones de ave o urea como suplementos nitrogenados del ensilaje de maíz, para la producción de leche. *Agricultura técnica (Chile)* 53(2): 126 – 135.