

ARTÍCULO CIENTÍFICO

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA CÁSCARA DE PIÑA ENSILADA CON CANTIDADES CRECIENTES DE UREA Y HENO¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar², Carlos M. Campos-Granados³

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición nutricional de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno para su potencial uso en alimentación de novillas u otros rumiantes. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos en arreglo factorial 2 x 3. El primer factor correspondió a dos niveles de inclusión de urea (0 y 1%) y el segundo, tres niveles de inclusión de heno de transvala (*Digitaria decumbens* Stent., cv. transvala) (0, 2 y 4%), lo que resultó en seis tratamientos a saber: 1: Cáscara de piña + 0% urea + 0% heno, 2: Cáscara de piña + 0% urea + 2% heno, 3: Cáscara de piña + 0% urea + 4% heno, 4: Cáscara de piña + 1% urea + 0% heno, 5: Cáscara de piña + 1% urea + 2% heno, 6: Cáscara de piña + 1% urea + 4% heno. La cáscara de piña en fresco con o sin la adición de aditivos (heno y/o urea) posee características favorables para ser ensilada. Cuando se adiciona heno, la concentración de materia seca aumenta significativamente ($P < 0,05$). Al adicionar 1% de urea a la mezcla a ensilar, la concentración de proteína cruda aumenta significativamente ($P < 0,05$). Se encontraron muy pocas variables que cambiaron a lo largo del periodo experimental. La concentración de MS y PC se mantuvieron muy constantes a lo largo del tiempo. Todos los tratamientos analizados presentaron características organolépticas correspondientes a ensilados de buena calidad y se concluye que la cáscara de piña puede ensilarse sola o con urea y heno hasta por un periodo de seis meses.

Palabras clave: ensilaje, calidad nutricional, alimentación animal, subproductos, rumiantes.

¹ Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-B4-222. Universidad de Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Para correspondencia: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr

³ Universidad de Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Para correspondencia: carlosmario.campos@ucr.ac.cr

ABSTRACT

Nutritional quality of pineapple peel ensiled with increasing quantities of urea and hay. The objective of this study was to determine the nutritional composition of ensiled pineapple peel with increasing amounts of urea and hay for potential use for feeding dairy heifers or other ruminants. A randomized complete block design with three repetitions and six treatments in a factorial arrangement 2 x 3 was used. The first factor corresponded to two levels of inclusion of urea (0 and 1%) and the second, included three levels of Transvala hay (*Digitaria decumbens* Stent., Transvala) (0, 2 and 4%), resulting in six treatments as follows: 1: Pineapple peel + 0% urea + 0% hay, 2: Pineapple peel + 0 % urea + 2% hay, 3: Pineapple peel + 0% urea + 4% hay, 4: Pineapple peel + 1% urea + 0% hay, 5: Pineapple peel + 1% urea + 2% hay, 6 : Pineapple peel + 1% urea + 4% hay. Pineapple peel with or without the addition of additives (hay and/or urea) has favorable characteristics for ensiling. When hay is added, dry matter concentration is significantly increased ($P < 0.05$). By adding 1% of urea to the mixture to silage, crude protein concentration is significantly increased ($P < 0.05$). Few variables changed during the experimental period. DM and CP concentration remained very constant over time. All treatments showed organoleptic characteristics of good quality silages. It is concluded that pineapple peel can be ensiled alone or with urea and hay for a period of up to six months.

Key words: silage, nutritional quality, animal nutrition, byproducts, ruminants.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la producción de piña en el país y en el mundo ha permitido el establecimiento de un mercado de gran importancia económica. De acuerdo con Adegbite et al. (2014), la piña es la tercera fruta tropical de importancia económica en el mundo, después del banano y el melón. Se estima que a nivel mundial la producción de piña fresca fue de 17,5 a 18,0 millones de toneladas entre los años 2006 y 2010, siendo Filipinas, Brasil, Costa Rica, Tailandia y China los principales países productores, representando el 55% de la producción total (López-Herrera et al., 2014).

De manera conjunta al crecimiento en la producción y en las ventas de esta fruta, se ha venido dando un incremento en la cantidad de subproductos que se obtienen de su cultivo e industrialización, como la planta entera, los rastrojos (plantas sin raíces), las coronas,

los tallos, las cáscaras, la pulpa y el corazón (López-Herrera et al., 2014). Por cada hectárea de cultivo de piña cosechada, se producen entre 200 y 250 toneladas de material verde (planta entera) que no tienen uso y presentan un gran potencial para ser utilizados en la alimentación de rumiantes (López-Herrera, 2008). También, el uso de las coronas del fruto como alternativa alimenticia para el ganado lechero está en crecimiento y representan entre el 9 y 11% del peso fresco del fruto (190 – 260 g) dependiendo de la densidad de siembra y del cultivar (Rebolledo et al., 2006).

En cuanto a su composición nutricional, la mayoría de subproductos de la piña se caracterizan por su alto contenido de energía en términos de nutrimentos digestibles totales (>59%), pero debido a que posee bajo contenido de materia seca (<11%) y proteína cruda (<7,5%), su utilización como sustituto de forraje debe ser parcial (López-Herrera et al., 2009). Sin embargo, puede ser suplementada con fuentes de nitrógeno no proteico como la urea o desechos avícolas como la pollinaza y gallinaza.

También algunas de las características nutricionales de los subproductos de la piña se pueden comparar con forrajes de buena calidad, principalmente al valorar los contenidos de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y de carbohidratos no fibrosos (CNF) (Rojas, 2011).

En nuestro país se han realizado diversas investigaciones que demuestran que los subproductos del cultivo de la piña poseen una composición nutricional similar a forrajes empleados en sistemas ganaderos y que pueden ser conservados por medio de la técnica del ensilaje para su posterior utilización (Gutiérrez et al., 2003; López-Herrera et al., 2009; Rodríguez, 2010). Así mismo, trabajos realizados en sistemas de producción en Brasil (Junior et al., 2006; Rogério et al., 2007; Cunha et al., 2009), Etiopía (Negesse et al., 2009), Malasia (Mokhtar et al., 2007), Rumanía (Dhanasekaran et al., 2011) y Estados Unidos (Otagaki et al., 1961; Kellems et al., 1979) recomiendan de forma favorable el uso de los subproductos de la piña en la alimentación de rumiantes.

La técnica del ensilaje surge como una opción viable por su utilidad y fácil implementación por parte de los productores. Esta alternativa asegura la disponibilidad del recurso alimenticio durante todo el año en sistemas de producción de rumiantes, debido a que es aplicable a diversos materiales vegetativos que se obtienen en el trópico (Titterton y Bareeba, 2001).

El proceso de ensilaje se basa en la fermentación, utilizando una pequeña cantidad de energía para la producción de ácidos grasos volátiles en condiciones anaeróbicas, lo que produce un incremento en la acidez del material que no permite el desarrollo de ciertos microorganismos que lo puedan descomponer. El forraje se conserva prácticamente en las mismas condiciones en que fue almacenado y es, probablemente, la única tecnología que pueda satisfacer la alta demanda de nutrientes requeridos en las explotaciones lecheras del trópico (Ojeda, 1999; Ojeda, 2000).

Al ser la técnica de ensilaje una alternativa para la conservación de desechos agrícolas, y debido a que la zona Norte y Atlántica de nuestro país alberga el 29,6 y 13,2% de la población bovina nacional, respectivamente; esta práctica podría beneficiar a las 16.811 fincas ganaderas que se encuentran en estas regiones; las cuales representan el 42,8% del total de fincas en el país (CORFOGA, 2000), ya que se transforma un desecho en una fuente forrajera utilizable para la alimentación del ganado.

Varios ensayos han evaluado la incorporación de fuentes nitrogenadas para aumentar la concentración de proteína cruda en los ensilajes de subproductos de piña, pero ninguno ha evaluado la inclusión de un material que pueda incrementar la concentración de materia seca y de fibra de la cáscara de piña al ser ensilada. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición nutricional de la cáscara de piña ensilada con urea y heno para su potencial uso en alimentación de novillas u otros rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada en el Alto de Ochomogo en la provincia de Cartago. Su altitud es de 1542 m.s.n.m, con una precipitación media anual de 2050 mm distribuida en los meses de mayo a noviembre y una humedad relativa media de 84%. La temperatura media anual es de 19,3 °C, alcanzando como máximo 23 °C y como mínimo 13 °C (Elizondo-Salazar, 2011).

Material utilizado

El subproducto de piña utilizado en el presente ensayo provino de la empresa Productos Florida S.A, ubicada en Barreal de Heredia. Dicha empresa se dedica a la elaboración de jugos para exportación. En la planta de procesamiento, la piña se lava y se exprime, de manera mecánica, dos veces para extraerle el jugo. Por ser este residuo mayoritariamente cáscara, para efectos del presente ensayo se ha considerado como cáscara.

Preparación de la mezcla

Para cada tratamiento se preparó una mezcla de 500 Kg. Inicialmente se colocó la cáscara de piña sobre una superficie de cemento limpia. Dependiendo del tratamiento, se agregó urea en grano en la proporción indicadas en el apartado de diseño estadístico y se mezcló con la cáscara de piña con ayuda de una pala. Luego para los tratamientos respectivos, se fue agregando el heno en capas en las proporciones indicadas en el apartado indicado anteriormente y se volvió a mezclar. La labor de mezclado se continuó hasta que el material quedó uniformemente distribuido. Una vez preparada la mezcla, se colocó en nueve bolsas de polietileno de 0,03 mm de espesor con una capacidad de 65 Kg.

Llenado de las bolsas

El material se fue colocando y compactando de forma manual en cada bolsa, en capas de aproximadamente 30 cm de alto, repitiendo el proceso hasta que quedará únicamente la parte superior de la bolsa desocupada para poder recoger los bordes. Finalmente, el extremo de cada bolsa se amarró con una gaza plástica de 3,0 mm de ancho y se ajustó al máximo, doblando el extremo libre de la bolsa hacia abajo para impedir el eventual ingreso de agua al interior de la bolsa, pues las mismas quedaron al aire libre tal como normalmente suele ocurrir a nivel de campo. El peso promedio de cada silo-bolsa fue de 55 ± 3 Kg. De cada mezcla o tratamiento se tomaron tres muestras representativas para ser analizadas en el laboratorio.

Análisis de laboratorio

El periodo experimental tuvo una duración de 180 días. Con el objetivo de evaluar las características fermentativas y nutricionales de cada tratamiento a lo largo del tiempo, se abrieron tres silo-bolsas de cada tratamiento a los dos, cuatro y seis meses y de cada bolsa se tomaron dos muestras representativas que se enviaron al laboratorio, donde se pesaron y se secaron a 60 °C durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante. Luego, las muestras se molieron a 2 mm y se determinó el contenido de materia seca en una estufa a 105 °C, proteína cruda por el método de Kjeldahl y cenizas totales (AOAC, 2000). La fibra neutro detergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina fueron analizados con el método descrito por Goering y Van Soest (1970) y Van Soest et al. (1991). Los valores de hemicelulosa y celulosa se obtuvieron por diferencia de las fracciones correspondientes. Para la determinación del pH de las muestras, se utilizó un potenciómetro marca OAKTON (Euteck Instruments), modelo pH 700.

Se llevó a cabo una evaluación organoléptica que se efectuó inmediatamente luego de abrir las bolsas de ensilaje, según la metodología descrita por Betancourt et al. (2005) la cual considera los parámetros olor, color y textura como determinantes de la calidad del producto obtenido siguiendo la siguiente escala de medición:

Escala de olor: 4 = agradable, 3 = ligeramente olor a moho, 2 = moderado olor a moho, 1 = fuerte olor a moho, 0 = fétido.

Escala de color: 4 = verde pálido, 3 = verde musgo, 2 = verde oscuro, 1 = verde pardo, 0 = pardo.

Escala de textura: 4 = firme y consistente, 3 = consistente, 2 = medio, 1 = suave, 0 = mucílago.

Donde:

4 = Excelente calidad

3 = Buena calidad

2 = Regular calidad

1 = Mala calidad

0 = Pésima calidad

En este caso no se consideró el color, ya que las coloraciones de la cáscara de piña son diferentes a la coloración de los forrajes.

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos en arreglo factorial 2 x 3. El primer factor correspondió a dos niveles de inclusión de urea (0 y 1%) y el segundo, tres niveles de inclusión de heno de transvala (*Digitaria decumbens* Stent., cv. transvala) (0, 2 y 4%), lo que resultó en seis tratamientos a saber:

Tratamiento 1: Cáscara de piña + 0% urea + 0% heno

Tratamiento 2: Cáscara de piña + 0% urea + 2% heno

Tratamiento 3: Cáscara de piña + 0% urea + 4% heno

Tratamiento 4: Cáscara de piña + 1% urea + 0% heno

Tratamiento 5: Cáscara de piña + 1% urea + 2% heno

Tratamiento 6: Cáscara de piña + 1% urea + 4% heno

Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2004). Se efectuó la separación de medias con la prueba de Waller-Duncan, en aquellas variables que resultaron significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición bromatológica, así como el pH obtenido antes del proceso de ensilaje de la cáscara de piña sola o con los diferentes aditivos se muestran en el Cuadro 1.

El pH obtenido en las muestras indica que la cáscara de piña en fresco con o sin la adición de aditivos (heno y/o urea) posee características favorables para ser ensilada, debido a que el pH es menor al que se puede obtener del forraje fresco de maíz y al de los pastos tropicales. Esto es de suma importancia ya que el proceso de ensilaje se ve favorecido en ambientes donde el pH desciende por debajo de 4,0 - 4,5, condiciones que permiten la proliferación de las bacterias productoras de ácido láctico, las cuales permiten la adecuada conservación del forraje (Moore y Peterson, 1995).

Cuadro 1. Perfil bromatológico y pH del ensilado de cáscara de piña con diferentes cantidades de inclusión de urea y heno antes del proceso de ensilaje.

	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
pH	3,30	3,20	3,20	3,40	3,40	3,30
MS, %	13,83 ^b	18,43 ^a	19,60 ^a	14,48 ^b	19,07 ^a	18,96 ^a
PC, %	7,51 ^b	6,86 ^b	6,89 ^b	18,00 ^a	20,06 ^a	17,25 ^a
Cenizas, %	4,02 ^b	5,63 ^a	5,83 ^a	4,31 ^b	5,72 ^a	5,59 ^a
FDN, %	50,49 ^a	54,50 ^b	57,12 ^b	50,93 ^a	54,21 ^b	56,76 ^b
FDA, %	31,86	36,28	37,12	35,03	35,87	36,77
Lignina, %	12,45 ^b	6,03 ^a	5,46 ^a	13,53 ^b	5,10 ^a	4,09 ^a
Celulosa, %	19,41 ^a	30,26 ^b	31,66 ^b	21,50 ^a	30,77 ^b	32,68 ^b
Hemicelulosa, %	18,63	17,21	19,99	15,89	18,34	19,99

^{abc} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($P < 0,05$).

MS= materia seca. PC= proteína cruda. FDN= fibra detergente neutro. FDA= fibra detergente ácido.

En relación con el contenido de MS, se observa como este valor es bajo en la cáscara de piña; sin embargo, este resultado era esperable pues la mayoría de subproductos agroindustriales, incluyendo los de la piña, se caracterizan por altos contenidos de humedad (López-Herrera et al., 2014). Cuando se adiciona heno, la concentración de materia seca aumenta significativamente ($P < 0,05$), debido a que el heno es un material con altos contenidos de este componente (alrededor de 87%); no obstante los valores obtenidos al adicionar heno (19,60% el máximo), no son suficientes para obtener un ensilado con niveles de materia seca ideales (30-40% MS), los cuales en condiciones tropicales son muy difíciles de obtener (López-Herrera et al., 2009).

Si bien es cierto, un alto contenido de materia seca es deseable, ya que favorece el proceso de estabilización, reduce las pérdidas de nutrientes por efluentes y además puede permitir un mayor consumo por parte de los animales (Wangness y Mueller, 1981), los valores determinados en este ensayo fueron similares a los reportados por otros autores (Gutiérrez et al., 2003; López-Herrera, 2008; López-Herrera et al., 2009; Rodríguez, 2010), cuando utilizaron desechos altos en humedad, como los rastrojos y la pulpa de piña.

La concentración de proteína cruda de la cáscara sola es similar a la de la mayoría de pastos que se utilizan para corte (King grass, Camerún, Tanzania) y menores a los que presentan la mayoría de los pastos tropicales para pastoreo (Kikuyo, Estrella africana, Ryegrass) (Sánchez, 2006); sin embargo, al adicionar el 1% de urea a la mezcla a ensilar, la concentración de proteína cruda aumentó significativamente ($P < 0,05$) hasta valores de 20,06%, los cuales se pueden comparar con los valores de PC en pastos como Kikuyo y Ryegrass, cuyo aporte principal se da como proteína degradable en el rumen (PDR) (Sánchez, 2006).

El contenido de FDN y de FDA de las mezclas a ensilar, fue similar a los resultados presentados por López-Herrera et al. (2009), Cunha et al. (2009) y Kellems et al. (1979), y menor a los valores encontrados en pastos como la Estrella africana (Salazar, 2007; Villalobos y Arce, 2014) y el Kikuyo (Andrade, 2006). También fue similar a la descrita para el pasto Ryegrass (Villalobos y Sánchez, 2010). Estos valores de FDA encontrados, podrían afectar la digestibilidad de las mezclas utilizadas en esta investigación; sin embargo, las concentraciones obtenidas son menores a las descritas por Sánchez y Soto (1998) en forrajes tropicales.

En cuanto al contenido de lignina, este componente es alto en la cáscara de piña sola, mayor al descrito en las pasturas de uso en lecherías de Costa Rica (Andrade, 2006; Salazar, 2007; Villalobos y Sánchez, 2010; Villalobos y Arce, 2014), sin embargo disminuye significativamente ($P < 0,05$) al adicionar urea y heno, principalmente porque el contenido de lignina de la cáscara de piña es muy alto (Sibaja et al., 1988; Ramírez et al., 2012), y este contenido se diluye al agregar los aditivos.

El contenido de cenizas es menor al obtenido en el forraje de Estrella africana (Villalobos y Arce, 2014), el cual ronda valores cercanos al 10%. Esto podría deberse a que este componente es muy bajo en el fruto completo de la piña (0,3-0,5%) (Rebolledo et al., 2006). Pese a ello, se han encontrado valores más altos para los rastrojos y la corona (7-8%), lo que podría deberse principalmente a dos factores, por un lado la mejora genética en las variedades que exige mayores dosificaciones de fertilizantes y por otro lado la mejora en la absorción de estos nutrientes por parte de las plantas (López, 2008). En el presente ensayo la concentración de cenizas aumentó al adicionar heno.

Características fermentativas y nutricionales de la cáscara de piña ensilada

La composición nutricional del ensilado de cáscara de piña con diferentes cantidades de urea y heno, en diferentes tiempos de muestreo se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Perfil nutricional del ensilado de cáscara de piña con diferentes cantidades de inclusión de urea y heno en diferentes tiempos de muestreo.

Tratamiento	Muestreo (meses)	Composición bromatológica (%)							
		MS	PC	Cen	FDN	FDA	Lig	Cel	Hem
1	2	14,21	7,58	3,81	51,48	38,68	11,78 ^b	26,90	12,80
	4	13,13	7,84	3,98	57,31	42,10	7,52 ^a	34,58	15,20
	6	14,44	7,58	3,89	54,81	40,55	7,70 ^a	32,85	14,26
2	2	16,36	6,23	5,28	53,90 ^a	40,89	5,42	35,47	13,01
	4	15,97	7,10	5,06	53,87 ^a	40,29	6,54	33,76	13,58
	6	18,22	6,50	6,11	61,26 ^b	42,91	4,30	38,62	18,35
3	2	17,40	7,03	7,03	56,12	40,57	4,94	35,64	15,54
	4	16,32	7,36	7,36	56,04	41,62	5,19	36,43	14,43
	6	19,18	6,21	6,21	64,19	43,64	3,76	39,87	20,55
4	2	16,06	18,31	5,77	47,87	36,72	11,56 ^{ab}	25,16	11,15
	4	16,46	18,96	4,63	49,67	37,61	14,62 ^b	22,99	12,06
	6	16,29	17,92	6,48	52,01	37,34	9,94 ^a	27,40	14,67
5	2	16,77	20,25	5,68	49,43	37,46	8,98 ^b	28,48	11,97
	4	17,50	20,98	5,80	54,76	38,68	5,32 ^a	33,36	16,08
	6	17,55	20,22	5,45	53,15	38,59	4,43 ^a	34,16	14,56
6	2	16,68	17,34	5,48	51,54 ^a	38,01	8,64 ^c	29,36 ^a	13,53
	4	17,84	17,60	5,54	51,10 ^a	38,18	6,74 ^{ab}	31,44 ^a	12,92
	6	14,54	16,68	7,42	65,64 ^c	46,45	4,69 ^a	41,76 ^b	19,20

^{abc} Letras diferentes en la misma columna dentro de cada tratamiento indican diferencia significativa ($P < 0,05$). MS= materia seca, PC= proteína cruda, Cen= cenizas, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, Lig= lignina, Cel= celulosa, Hem= hemicelulosa.

De acuerdo con los datos obtenidos (Cuadro 2), la concentración de nutrientes en el ensilaje de la cáscara de piña, luego de los diferentes periodos de fermentación mostraron muy pocas diferencias significativas, excepto para los contenidos de FDN, lignina y celulosa, los cuales si presentaron variaciones importantes según el tratamiento ($P < 0,05$).

Materia seca

La concentración de MS se mantuvo constante a lo largo del ciclo experimental y fue mayor a la obtenida por Gutiérrez et al. (2003) en cáscara y pulpa de piña con niveles crecientes de pollinaza, los cuales además, presentaron mayores variaciones. Es importante señalar, que el contenido de MS de los tratamientos es bajo, a pesar de la inclusión del heno, esto puede deberse a que la planta de piña posee algunas estructuras que facilitan y aumentan la acumulación de agua (Bartholomew et al., 2003); por lo que podría considerarse aumentar el nivel de inclusión de heno en la mezcla, para disminuir este contenido de humedad.

Autores como Pompeu et al. (2006), Lousada Jr. et al. (2005), Rogério et al. (2007) y Pereira et al. (2009) han reportado concentraciones de materia seca entre 89,3 – 97,6% en subproductos de piña deshidratados, lo que podría constituirse en una alternativa interesante para trabajar. No obstante, hay que hacer un análisis profundo, pues el costo de deshidratar estos materiales podría disminuir su potencial de uso.

Proteína cruda

El contenido de proteína de los materiales ensilados está influenciado por la inclusión de urea en la mezcla (Cuadro 2); lo que permite al ensilaje de cáscara de piña tener un gran potencial de uso como alternativa en la suplementación de rumiantes.

Los materiales ensilados con inclusión de urea presentan mayor 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).

Debido al aporte de nitrógeno no proteico (NNP) que proviene de la urea, los tratamientos con inclusión de este material presentaron también mayor contenido de nitrógeno amoniacal (NH_3/NT). Es de esperar también que el porcentaje de proteína degradable en

el rumen (PDR) haya incrementado al adicionar este material, pues ésta es degradada en el rumen para convertirse en proteína microbial (Yan y Agnew, 2004a).

De acuerdo con Yan y Agnew (2004b), la degradabilidad de la proteína a una tasa de pasaje de 0,02/h (consumo una vez mantenimiento (1X)) en un ensilaje, aumentó conforme la concentración de proteína en el material se incrementó, sin embargo, en materiales con una concentración mayor a 20% PC, la degradabilidad tendió a reducirse. Estos autores utilizan ecuaciones de predicción para estimar la degradabilidad de la proteína de acuerdo a la cantidad de este nutrimento presente. La tasa de degradación estimada de la proteína de acuerdo a Yan y Agnew (2004b), en los tratamientos evaluados fluctuó entre 83 y 91% en el de mayor contenido de PC y entre 72 y 78% para el de menor contenido de PC, estimados de acuerdo a una tasa de pasaje de tres veces mantenimiento (3X) y una vez mantenimiento (1X), respectivamente.

Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácido

La inclusión de urea afecta de forma significativa ($P < 0,05$) el contenido de FDN. Los niveles de FDN en los materiales ensilados permiten consumos hasta del 3% del peso corporal en materia seca, de acuerdo a la ecuación descrita por Belyea et al. (1996), si se utilizara la cáscara 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. Esto puede deberse a la participación de la fracción de FDN en el proceso fermentativo, como fuente de carbohidratos, pues esta es mayor en comparación con aquellos tratamientos con inclusión de heno (McDonald, 1981).

Este comportamiento de las fibras, 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,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-Herrera 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.

Cuando se adicionó heno, se observó un aumento en la concentración de FDN y de FDA del ensilaje de cáscara de piña (Cuadro 2), debido a que el contenido de este nutriente en los henos es alta. El uso de dichos materiales tiene el propósito fundamental de proveer fibra larga a los rumiantes en periodos de escasez de forraje (Ojeda, 1999; Ojeda, 2000).

Las diferencias en los contenidos de FDN entre los materiales ensilados se deben principalmente a procesamiento del material, ya que en varias de las investigaciones mencionadas se utilizó la deshidratación como mejorador del contenido de MS; a la época de cosecha o al manejo agronómico de la plantación (Rodríguez et al., 2014).

En cuanto a los contenidos de FDA, los resultados obtenidos en esta investigación son mayores a los obtenidos por López-Herrera et al. (2009) en ensilaje de rastrojos de piña, Gutiérrez et al. (2003) en ensilaje de cáscara de piña, WingChing y Rojas (2007) en ensilaje de maní forrajero (*Arachis pintoï*) ecotipo 34 a los 20 días posfermentación (31,2%) y Jones et al. (2004) en ensilados de soya (36,9%); y similares a los encontrados por Rodríguez et al. (2014).

En el caso de la hemicelulosa y la celulosa los valores más altos se determinaron en el tratamiento con mayor proporción de heno (4%) (Cuadro 2), pues como se mencionó anteriormente estos materiales poseen más pared celular en su composición. La concentración de lignina en los ensilados de cáscara de piña son relativamente mayores que los obtenidos en pastos tropicales como estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) (5,3% MS), Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*) (5,2% MS) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) (6,9% MS), reportados por Sánchez y Soto (1998).

Características organolépticas

Para los valores de pH, no se encontró variación significativa entre los tratamientos a lo largo del periodo del ensayo (Cuadro 3). De la misma forma que sucede con el pH al inicio del proceso de conservación, a los 2, 4 y 6 meses, este varía poco en todos los tratamientos, lo que sugiere que la fermentación se produjo de forma correcta para asegurar la conservación del material (Gutiérrez et al., 2003).

El grado de acidez de los materiales ensilados no fue afectado ($P>0,05$) por la adición de urea (Cuadro 3), manteniéndose un valor cercano a 3. Este comportamiento es diferente al encontrado por López-Herrera et al. (2014) y Gutiérrez et al. (2003), quienes obtuvieron valores mayores de pH conforme adicionaron urea y pollinaza (nitrógeno no proteico) a la cáscara y pulpa de piña. Esto concuerda también con McDonald (1981), quien indica que cuando se adiciona urea o materiales altos en nitrógeno, a materiales con contenidos bajos de PC durante el proceso de ensilaje, se obtienen ensilados con pH mayor, debido a que mayores valores de PC aumentan la capacidad buffer del material y con esto una menor capacidad de disminuir el pH dentro del silo.

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 valores entre 4,0 - 4,20 como óptimo para ensilados de forrajes con alto contenido de humedad, lo cual indica un adecuado proceso de fermentación, que permite la conservación de este material, en condiciones de alta humedad y con adición de urea.

Finalmente, todos los tratamientos evaluados produjeron ensilados con un olor agradable y una textura firme y consistente, características buscadas en un ensilado de buena calidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valor de pH y características organolépticas del ensilado de cáscara de piña con diferentes niveles de inclusión de urea y heno en diferentes tiempos de muestreo.

Tratamiento	Muestreo (meses)	pH	Puntaje	
			Olor	Textura
1	2	3,20	4,00	4,00
	4	3,20	4,00	4,00
	6	3,10	4,00	4,00
2	2	3,10	4,00	4,00
	4	3,20	4,00	4,00
	6	3,10	4,00	4,00
3	2	3,10	4,00	4,00
	4	3,20	4,00	4,00
	6	3,10	4,00	4,00
4	2	3,30	3,75	4,00
	4	3,10	4,00	4,00
	6	3,20	4,00	4,00
5	2	3,20	3,75	4,00
	4	3,30	4,00	4,00
	6	3,30	4,00	4,00
6	2	3,30	3,75	4,00
	4	3,20	4,00	4,00
	6	3,20	4,00	4,00

CONSIDERACIONES FINALES

La cáscara de piña podría ser suministrada a novillas u otros rumiantes, tanto fresca como ensilada, debido a que presenta niveles intermedios de nutrientes, con respecto a los forrajes de uso común y utilizados en la alimentación bajo condiciones tropicales. Cuando la cáscara de piña se mezcla con urea y/o heno puede ser conservada exitosamente a pesar de su alto contenido de humedad, además de que la inclusión de la urea mejora los contenidos de proteína cruda, con los beneficios que esto conlleva. La cáscara de piña puede ensilarse sola, con urea y/o heno hasta por un periodo de seis meses sin que se afecte significativamente los componentes nutricionales más importantes.

LITERATURA CITADA

- Adegbite O., Oni, O., Adeoye, I. (2014). Competitiveness of pineapple production in Osun State, Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*. 5(2): 205-214.
- Andrade, M. (2006). Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 226 p.
- AOAC (Official Methods of Analysis). (2000). 17th edition. Association of Official Analytical Chemistry. Washington, DC. Chapter 4:1-56.
- 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. *Rev. Bras. Zootecnia* 40:391-402.
- Batholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, K.G. (2003). *Pineapple: Botany and uses*. CABI Publishing. United Kingdom. 313 p.
- Belyea, R., Steevens, B., Garner, G., Whittier, J., Sewell, H. (1996). Using NDF and ADF to balance diets. Missouri University Extension: G3161. USA.
- Betancourt, M., González, I., Martínez, M. (2005). Evaluación de la calidad de los ensilajes. *Revista Digital CENIAP HOY* 8:1-5.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2000). Censo bovino. Costa Rica.
- 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.).

- Cunha, M., Oliveira, E., Ramos, J.L., De Alcântara, M.D. (2009). Conservação e utilização do resíduo de abacaxi na alimentação de ovinos no curimataú ocidental da paraíba. *R. Tecnol. & Ciên. Agropec.* 3(3): 55-62.
- Dhanasekaran, D., Lawanya, S., Saha, S., Thajuddin, N., Panneerselvam, A. (2011). Production of single cell protein from pineapple waste using yeast. *Innovat. Rom. Food Biotechnol.* 8: 26-32.
- Elizondo-Salazar, J. (2011). Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agron. Costarricense.* 35(2): 105-111.
- Goering, H., Van Soest, P. (1970). Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, procedures and some Applications). *Agricultural Handbook No. ARSUSDA*, Washington, DC. 76 p.
- Gutiérrez, F., Rojas, A., Dormond, H., Poore, M., WingChing-Jones, R. (2003). Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agron. Costarricense.* 27(1): 79-89.
- Hiriart, M. (2008). *Ensilados. Procesamiento y Calidad.* Editorial Trillas. México. 110p.
- Jones, C.M., Heinrichs, A.J., Roth, G.W., Ishler, V.A. (2004). From harvest to feed: Understanding silage management. *Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences.* 2-11 p.
- Junior, J.E., Da Costa, J.M., Neiva, J.N., Rodríguez, N.M. (2006). Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *R. Ciênc. Agron.* 37(1): 70-76.
- 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. *J. Anim. Sci.* 48: 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. *R. Bras. Zootec.* 32:719-726.

- López-Herrera, M. (2008). Valoración nutricional de los rastrojos de piña (*Ananas comosus*) como alternativa forrajera de bajo costo para la alimentación del ganado. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 106p.
- López-Herrera, M., WingChing-Jones, R., Rojas-Bourrillon, A. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). Agron. Costarricense. 33(1): 1-15.
- López-Herrera, M., WingChing-Jones, R., Rojas-Bourrillon, A. (2014). Meta-análisis de los subproductos de piña para la alimentación animal. Agron. Mesoamericana. 25(2): 383-392.
- Lousada, Jr. J.E., Miranda, J., Rodríguez, N., Machado, J.C., Braga, R. (2005). Consumo e digestibilidad 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.
- Mokhtar, M, Rahmat, A.R., Hassan, A. (2007). Characterization and treatments of pineapple leaf fibre thermoplastic composite for construction application. Tesis de Licenciatura. Universiti Teknologi Malaysia, Malasia. 64p.
- 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.
- Negesse, T., Makkar, H., Becker, K. (2009). Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. Animal Feed Sci. Technol. 154: 204-217.
- Ojeda, F. (1999). La conservación como ensilaje en zonas tropicales. Estación Experimental de pastos y forrajes Indio Huatey. Matanzas, Cuba. pp. 1-35.
- Ojeda, F. (2000). Técnicas de cosecha y de ensilado. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 35 p.
- Otagaki, K., Lofgreeng, P., Cobb, E., Dull, G. (1961). Net energy of pineapple bran and pineapple hay when fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 44: 491-497.

- Pereira, E.S., Filho, J.G., Freitas, E.R., Neiva, J.N., Cândido, M.J. (2009). Valor energético de subproductos da agroindústria brasileira. *Archivos de Zootecnia*. 58(223): 455 – 458.
- 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. *R. Bras. Zootec.* 32:737-744.
- Ramírez-Amador, K., Rojas-Carrillo, O., Alvarado-Aguilar, P., Vega-Baudrit, J. (2012). Obtención de xilosa a partir de desechos lignocelulósicos de la producción y proceso industrial de la piña (*Ananas comusus*). *Uniciencia*. 26: 75-89.
- Rebolledo, A., Pérez, A., Rebolledo, I., Becerril, A. (2006). Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 55-62.
- Rodríguez, S. (2010). Mejoramiento de la calidad nutricional de rastrojos de piña (*Ananas comosus*), con niveles crecientes de urea y minelaza. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 89p.
- Rodríguez, S., López-Herrera, M., WingChing-Jones, R., Rojas-Bourrillon, A. (2014). Adición de melaza deshidratada y urea en ensilados de rastrojos de piña. *Agron. Mesoamericana*. 25(2): 313-321.
- Rogério, M., Borges, I., Neiva, J., Rodríguez, N.M., Pimentel, J., Martins, G.A., Ribeiro, T., Costa, J.B., Santos, S.F., Carvalho, F.C. (2007). Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59: 773-781.
- Rojas, A. (2011). Alimentación de bovinos con rastrojos de piña. *UTN Informa*. 58: 16-20.

- Salazar, S. (2007). Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 96 p.
- Sánchez, J. (2006). Valor nutricional de los forrajes de Costa Rica. Boletín Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Sánchez, J., 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 4(1):7-19.
- SAS Institute. (2004). SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Sibaja, R., Moya, M., Duran, M., Pereira, R., Madrigal, R. (1988). Caracterización química de algunos desechos agroindustriales en Costa Rica. Uniciencia. 5: 27-32.
- Titterton, M., Bareeba, F. 2001. Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los Trópicos, pp. 53-56. In: L. Mannerje (eds). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Serie Estudios FAO. Producción y protección vegetal. 161. FAO, Roma. 189 pp.
- 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., Robetson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Villalobos, L., Arce, J. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. Agron. Costarricense. 38(1): 133-145.
- Villalobos, L., Sánchez, J. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. 34(1): 43-52.

- Wangness, P.J., Mueller, L. (1981). Maximum forage for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64(1): 1-13.
- WingChing, R., Rojas, A. (2007). Dinámica fermentativa y fraccionamiento proteico durante el ensilaje de maní forrajero (CIAT 17434). *Agron. Mesoamericana.* 18(1): 55-63.
- 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. *J. Anim. Sci.* 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. *J. Anim. Sci.* 82:1380-1391.