

ANÁLISIS Y COMENTARIOS

META-ANÁLISIS DE LOS SUBPRODUCTOS DE PIÑA (*Ananas comosus*) PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL¹

Michael López-Herrera², Rodolfo WingChing-Jones², Augusto Rojas-Bourrillón²

RESUMEN

Meta-análisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. El objetivo del presente trabajo fue determinar el uso potencial de los sub-productos del cultivo de la piña para su empleo en la dieta de animales rumiantes. Se realizó una recopilación y análisis estadístico de la información obtenida de diferentes investigaciones realizadas hasta el año 2013 a nivel mundial, para la caracterización nutricional de la piña: planta entera, rastrojo (hojas, hijos y tallo), corona, corazón, cáscara y pulpa de la fruta, tallo y raíces, para optimizar su uso en la alimentación de animales rumiantes. Se comparó el efecto que tiene el manejo que se proporciona a los subproductos, siendo las variables de esta comparación, el proceso de ensilaje, el secado o el material fresco sin ningún tipo de aditivo. La composición nutricional de los materiales varió de acuerdo a la parte de la planta. Las raíces presentaron el mayor contenido de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y cenizas. Mientras que las coronas y los rastrojos mostraron mayores contenidos de proteína cruda y energía, pero menor contenido de materia seca. Hubo una diferencia entre el proceso de deshidratado y el material fresco o ensilado, no así entre los materiales con alto contenido de humedad. Los subproductos obtenidos de los sistemas de producción de piña, tuvieron contenidos de energía y nutrimentos que permitirían su utilización como parte de la ración en la alimentación de rumiantes sin perjudicar su desempeño productivo.

Palabras clave: rumiantes, subproductos de piña, ensilaje, conservación de forrajes, alimentación animal.

ABSTRACT

Meta analysis of pineapple plant (*Ananas comosus*) as ruminant feed. The objective of this study was to determine the potential use of pineapple by-products in the diet of ruminants. A compilation of data and subsequent statistical analysis was performed on globally published research up until 2013. The results were used to create a nutritional characterization of the pineapple organ by organ, including whole plant, stover (leaves, stem and ratoons), fruit crown, heart, skin and fruit pulp, stem and roots. This characterization aims to optimize its use in ruminant feeding. Analysis of data was also performed to characterize by products for silage, including dried or fresh material without additives. The nutritional composition of the materials was different according to the portion of the plant analyzed. The roots had the highest dry matter, the most neutral detergent fiber, the most acidic detergent fiber, and the highest lignin and ash content. In contrast crowns and stover had the highest content of crude protein and energy, but the lowest dry matter content. There is a difference between dried materials, fresh materials and materials for silage, but high moisture materials showed no significant differences. It can be concluded that products obtained from pineapple production systems, have enough energy and nutrient content to allow their use as part of the total daily ration in ruminant feeding, without having noticeable adverse effects on productive performance.

Keywords: roughage, pineapple byproducts, silage, forage preservation, animal feeding.

¹ Recibido: 23 de abril, 2013. Aceptado: 30 de junio, 2014. Proyecto de investigación 739-B0-087, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

² Escuela de Zootecnia. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. michael.lopez@ucr.ac.cr, rodolfo.wingching@ucr.ac.cr, augusto.rojas@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

La piña es la tercera fruta tropical de importancia económica en el mundo, su producción a nivel mundial, entre 2006 - 2010, fue de 17,5 – 18 millones de toneladas de fruta fresca, siendo Filipinas, Brasil, Costa Rica, Tailandia y China los principales países productores, los cuales representan el 55% del total de la producción (TAPP, 2013; Adegbite et al., 2014).

Paralelo al crecimiento en área cultivada y a las ventas de este producto, se da un incremento en subproductos que se obtienen de este cultivo, como la planta entera, los rastrojos (plantas sin raíces), las coronas, los tallos, las cáscaras, la pulpa y el corazón; materiales con alto potencial para su utilización en la alimentación de animales rumiantes.

El cultivo de la piña genera una cantidad importante de subproductos por hectárea que puede ser conservados y utilizados en la alimentación de animales rumiantes, de acuerdo a López (2008) por cada hectárea de cultivo de piña cosechada quedan entre 200 y 250 toneladas de material verde (planta entera) que no tiene uso y presenta potencial para ser utilizado en la alimentación de rumiantes. También, el uso de las coronas del fruto como alternativa alimenticia para el ganado lechero está en crecimiento (Sánchez, 2010), estas equivalen entre el 9 y 11% del peso fresco del fruto (190 – 260 g) de acuerdo a la densidad de siembra y cultivar (Rebolledo et al., 2006).

Las investigaciones de Gutiérrez et al. (2003), López et al. (2009) y Rodríguez (2010) en Costa Rica, 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. De la misma manera, 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 alimentación de animales rumiantes.

Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar el uso potencial de los sub-productos del cultivo de la piña para su empleo en la dieta de animales rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la información. Se realizó una revisión de trabajos de investigación publicados en revistas científicas sobre la calidad bromatológica de los subproductos de piña. Para tal fin, se utilizaron las bases de datos de Science Direct®, Redalyc®, Springer® y Google académico®. Se recuperó un total de 50 investigaciones, que describen los componentes de la planta entera, el rastrojo, la corona, la cáscara, la pulpa, mezclas de cáscara y pulpa, tallos y raíces; y el corazón (Cuadro 1). Los trabajos analizados se ejecutaron en catorce países, a saber: dieciocho publicaciones en Brasil, ocho en Costa Rica, cuatro en Malasia e India, tres en México, dos en Tailandia, Australia y Estados Unidos. Por último, se recuperó un trabajo en Corea del Sur, Vietnam, Etiopía, Tanzania, Colombia e Indonesia.

Organización de la información. La información recuperada se tabuló en una hoja de cálculo de Excell Microsoft (2010), en donde se tomó en cuenta el país donde se ejecutó la investigación, el autor, el tipo de material y el estado del producto (ofrecido, deshidratado o ensilado). En el caso del perfil bromatológico, se recuperó información acerca del porcentaje de materia seca (MS) en estufa a 60 °C durante 48 h, el de proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl y cenizas (AOAC, 1991), los carbohidratos no fibrosos (CNF) (Detmann et al., 2010), la fibra detergente neutro (FDN), la fibra detergente ácido (FDA) y lignina (Van Soest y Robertson, 1985). También se tabuló el contenido de nutrimentos digestibles totales (NDT), determinado mediante las ecuaciones descritas por Weiss (2004) y el contenido de energía neta de ganancia (EN_g) y la energía neta de lactancia (EN_l) (NRC, 2001).

En el caso de los valores obtenidos para la celulosa y la hemicelulosa, se recopiló información determinada bajo dos metodologías diferentes, para los análisis bromatológicos se utilizó la metodología de Van Soest y Robertson (1985) y en los trabajos con énfasis en la industria textil, papelería o de obtención de etanol o metanol, se utilizó la metodología descrita por Updegraff (1969) y Deschatelets y Yu (1986).

Análisis de la información. La información tabulada se analizó mediante el programa PROC GLM ANOVA de SAS (2003), para determinar el impacto de las variables independientes analizadas (componentes

Cuadro 1. Literatura relacionada con los contenidos bromatológicos de los subproductos del cultivo de la piña (*Ananas comosus*). San José, Costa Rica 2011.

Parte de la planta de piña	Estudio evaluado
Planta entera	Otagaki et al. (1961); Kellems et al. (1979); Motta et al. (2002); Prado et al. (2003); Rogério et al. (2007); WingChing-Jones, comunicación personal, 2013.
Rastrojo	Otagaki et al. (1961); Kellems et al. (1979); Siebeneichler et al. (2002); Quesada et al. (2005); Abdul Kalil et al. (2006); Mwaikambo (2006); Mokhtar et al. (2007); López et al. (2009); Cherian et al. (2010); Rodríguez (2010); Azevedo et al. (2011); Banik et al. (2011).
Corona	Salmones et al. (1996); Hernández (2008); Sánchez (2010); López, comunicación personal, 2013; Ramos et al. (s.f).
Cáscara y pulpa	Otagaki et al. (1961); van Eys (1989); Ban-Koffi y Han (1990); Bardiya et al. (1996); Riethmuller et al. (1999); Gutiérrez et al. (2003); Correia et al. (2006); Junior et al. (2006); Pompeu et al. (2006); Oliveira et al. (2007); Sruamsiri et al. (2007); Abdullah y Hanafi (2008); Azevedo et al. (2009); Cunha et al. (2009); Cheong (2009); Jetana et al. (2009); Mainoo et al. (2009); Pereira et al. (2009).
Pulpa	Junior et al. (2005); da Costa et al. (2007); Cordenunsi et al. (2010); Sousa y Correia (2010).
Cáscara	Botelho et al. (2002); Lallo et al. (2003); Rani y Nand (2004); da Costa et al. (2007); Cordenunsi et al. (2010); Negesse et al. (2009); Tejeda et al. (2010); Kim et al. (2011); Dhanasekaran et al. (2011); Arroyo y Rojas (s.f).
Tallo y raíces	Kellems et al. (1979); Botelho et al. (2002).
Corazón	Cordenunsi et al. (2010).

de la planta entera, el rastrojo, la corona, la cáscara, la pulpa, mezclas de cáscara y pulpa, tallos y raíces; y el corazón) sobre los contenidos bromatológicos (variables dependientes). En el caso de obtener un efecto significativo, según la parte de la planta, se realizó la prueba de Waller ($p < 0,05$) para la agrupación entre las medias según su significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca (MS). La mayoría de los subproductos presentaron valores entre 15 y 30% MS, donde las raíces mostraron el menor contenido de humedad debido a un mayor contenido de fibra y minerales (Krauss, 1979), este efecto de la raíz sobre el contenido de MS se evidencia al compararlo con los rastrojos (partes de la planta sin la raíz) (Cuadro 2).

La pulpa presentó un valor alto de MS; sin embargo, este comportamiento se podría relacionar al proceso que recibieron los materiales evaluados, ya que la pulpa obtenida posterior a la extracción del jugo,

era deshidratada para mejorar su calidad; este efecto se repite en otros subproductos. En investigaciones realizadas a nivel nacional se indica que los rastrojos poseen contenidos entre 7 y 13% MS (Gutiérrez, 2003; López et al., 2009; Rodríguez, 2010), puesto que se considera que es un material que no puede utilizarse como base para la alimentación de rumiantes, sino como un complemento dentro de una ración completa.

En Costa Rica los sistemas de producción de bovinos de leche utilizan entre 13 y 15 kg de corona fresca/animal/día (Sánchez, 2010). Este mismo autor, informa de una tendencia en el aumento en la producción láctea conforme se aumenta la cantidad de piña suministrada.

De acuerdo a los requerimientos del NRC (2001) una vaca de 454 kg de peso corporal, que produce 20 kilogramos de leche con 4% grasa/día, debe consumir 16 kg MS/día. Al sustituir el 100% o el 50% de la dieta diaria con subproductos de piña el consumo en kg de material verde de cada subproducto sería entre 13,5 y 106,6 kg (Cuadro 3). El consumo de MS potencial de los materiales como porcentaje del peso vivo según la

Cuadro 2. Composición nutricional de la planta de la piña según la parte analizada y el estado del material. San José, Costa Rica, 2011.

Parte de la planta	Composición nutricional*											
	MS	PC	FDN	FDA	Celu- losa	Hemice- lulosa	Ligni- na	CNF	Ceni- zas	NDT	EN _L	EN _G
	(%)									(%)		
	% MS										(Mcal/kg MS)(3X)	
Observaciones	175	177	150	148	42	53	91	114	140	50	46	46
Planta entera	25,2bc	7,6bc	60,8ab	34,7b	37,7b	29,9a	6,6bc	21,9bc	7,3bc	63,8ab	1,39a	0,92a
Rastrojo	15,0c	10,1ab	53,4bc	32,6b	25,8c	17,3b	3,4c	24,7bc	9,5b	62,8ab	1,37abc	0,82ab
Corona	17,0bc	11,0a	59,3ab	35,5b	59,0a	17,5b	3,3c	22,8bc	7,9bc	66,6a	1,44ab	0,91a
Tallo	30,2b	3,7de	46,2c	20,7c	-	-	5,3bc	45,9a	3,4de	-	-	-
Raíces	59,1a	2,5e	70,9a	60,6a	-	-	17,5a	10,2c	15,9a	-	-	-
Cáscara y pulpa	29,5bc	8,2abc	63,9ab	34,3b	22,2c	27,7a	4,7bc	17,6c	8,8bc	60,2b	1,33bc	0,85bc
Pulpa	51,9a	5,9cd	53,2bc	23,7c	25,4c	29,5a	5,3bc	12,2c	3,0de	-	-	-
Cáscara	26,6bc	6,9bcd	54,8bc	20,8c	10,1d	5,8c	7,8b	37,5ab	5,2cd	59,2b	1,31c	0,71c
Corazón	21,9bc	2,1e	-	-	-	-	-	-	0,7e	-	-	-
Estado del material												
Seco	78,9a	6,2c	64,5a	29,8c	27,0a	32,6a	7,3a	18,2a	5,2c	61,7a	1,36a	0,78ab
Ensilado	15,7b	10,0a	57,1b	34,6a	25,7a	17,1b	3,6b	23,3a	9,9a	63,3a	1,38a	0,83a
Fresco	15,4b	9,1b	56,7b	32,4b	24,2a	17,6b	4,9b	22,9a	7,8b	61,1a	1,35b	0,74b

*MS= materia seca, PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácida, CNF= carbohidratos no fibrosos, NDT= nutrientes digestibles totales, EN_L= energía neta para lactancia; EN_G= energía neta para ganancia. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente (p<0,05).

Cuadro 3. Cantidad de material verde (kg/día) estimado para cubrir el requerimiento de 16 kg de materia seca de una vaca de 454 kg que produce 20 kg de leche/día con 4% de grasa. San José, Costa Rica. 2011.

Requerimiento diario	Subproducto (kg/día)					
	Pasto Estrella Africana*	Planta entera	Rastrojo	Corona	Pulpa y cáscara	Raíces Tallo
100%	72,4	63,5	106,6	94,1	54,23	27,1
50%	36,2	31,7	53,3	47,1	27,1	13,5

* Datos de Salazar (2007).

ecuación que relaciona la FDN con consumo (Belyea et al., 1996), los subproductos de la industria de la piña fluctúan entre 1,69 – 2,60% del peso corporal, es decir, que los subproductos podrían proveer entre 7,67 – 11,80 kg de MS; con esta información se puede concluir que los diferentes materiales son incapaces

de proveer la cantidad de materia seca necesaria para cubrir los requerimientos de una vaca con las características mencionadas anteriormente.

Con respecto al estado del material sobre el contenido de MS, los materiales deshidratados poseen mayor contenido de MS; esto es esperable debido a

que durante el proceso de deshidratado se extrae agua de los materiales lo que concentra los nutrimentos presentes en la planta (Church et al., 2003), sin embargo no hay diferencias significativas entre los materiales ensilados o los que se ofrecen tal como ofrecidos (Cuadro 2).

Proteína cruda (PC) El contenido de proteína en la mayoría de los subproductos, fue menor al 8%, donde el dato más bajo se obtuvo en el corazón de la fruta (Cuadro 2). Sin embargo, hubieron subproductos que alcanzaron niveles de 10 y 11% de PC (Cuadro 2). El contenido de PC mostrado, indica que no hay un adecuado aporte de este nutrimento cuando se incluyen este tipo de materiales en una dieta para animales, por lo que se deben complementar con alimentos altos en PC, de lo contrario se podría reducir la producción de leche y la ganancia de peso en los animales. Los resultados obtenidos concuerdan con los trabajos de Gutiérrez (2003), López et al. (2009), Rodríguez (2010), en subproductos de piña.

Al analizar la solubilidad de la proteína, los rastrojos de piña cuando fueron ensilados presentaron un rango entre 17 y 27% de PC/PIDN (proteína insoluble en detergente neutro) y 12 a 21% de PC/PIDA (proteína insoluble en detergente ácido) (López, 2008), mientras que, Azevedo et al. (2011) indican que estas fracciones son más altas en este tipo de materiales,

donde informa de valores de PIDN y PIDA de 50,49% y 44,38%, respectivamente. En cambio, Junior et al. (2006) obtuvieron valores de 38,43% de PC/PIDN y 16,34% de PC/PIDA, al evaluar la composición de la cáscara y pulpa, donde al analizar los mismos materiales, Pereira et al. (2009) obtuvieron valores de 55,61% de PC/PIDN y 26,02% para PC/PIDA, valores más altos a los informados por Junior et al. (2006). En todos los casos, se reflejan características que hacen a estos materiales indigestibles por los rumiantes, lo que se podría relacionar con la formación de uniones con la lignina, con taninos, o por ser productos de reacciones Maillard, por lo que pasan de forma directa por el tracto gastrointestinal y son expulsados en la boñiga, sin alteraciones (Church et al., 2003).

Al suministrarle estos subproductos, según el consumo de materia seca establecido para satisfacer las necesidades de un animal de 454 kg de peso corporal (Cuadro 3), una vaca en media lactación que produce 20 kilogramos diarios de leche con 3, 3,5 o 4% grasa, debe consumir 16 kg MS/día con un contenido de PC de 14,1%, 15,2% y 16,3%, respectivamente. En la Figura 1, se describe la incapacidad de los subproductos agrícolas del cultivo de la piña, sin restricción de consumo para satisfacer los requerimientos de proteína, los cuales requieren ser complementados con materiales altos en proteína cruda.

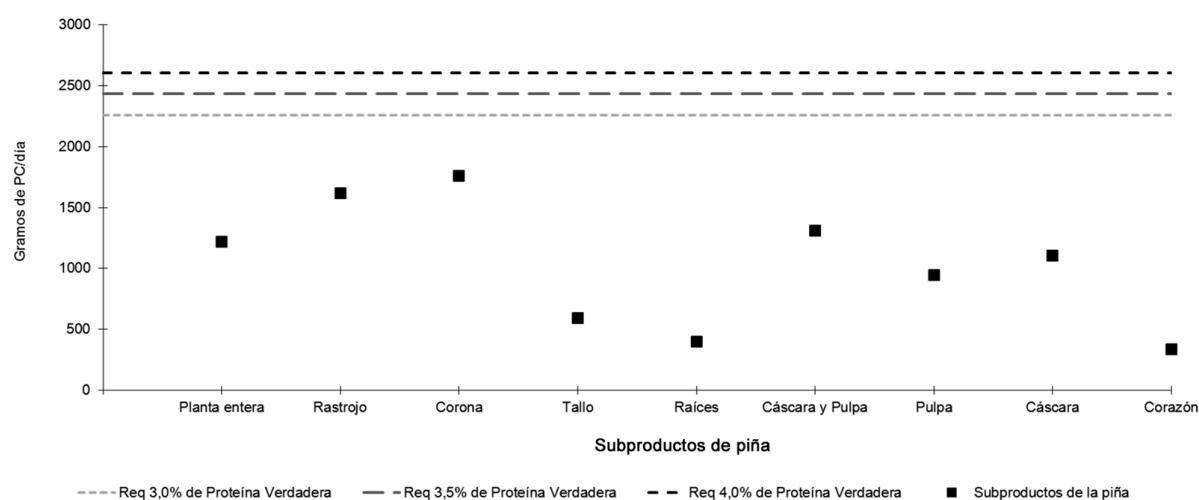


Figura 1. Aporte en gramos de proteína cruda (PC) de los subproductos de la piña, comparados con el requerimiento diario de PC para una vaca de 454 kg de peso corporal, en media lactación que produce 20 kilogramos de leche con 4% grasa y diferentes concentraciones de proteína verdadera. San José, Costa Rica. 2011.

Pared celular. Las raíces presentaron el mayor contenido de FDN, FDA y lignina, esto se debe a las características leñosas que posee (Cuadro 2). La alta lignificación se correlaciona de forma negativa con la digestibilidad de los forrajes, lo que provoca una reducción en el contenido energético y calidad de estos (Jung y Vogel, 1986; Sánchez y Soto, 1998). El resto de los subproductos no presentaron diferencias significativas entre ellos, a excepción del tallo de la planta, el cual posee los valores más bajos de FDN, esto permite un mayor consumo de materia seca por parte de los animales, según la ecuación de Belyea et al. (1996) (Consumo de materia seca=120/%FDN).

En cuanto a los carbohidratos aprovechables de la fracción fibrosa, los rastrojos, la pulpa y la cáscara-pulpa tuvieron los valores más altos de hemicelulosa, mientras que la cáscara presentó el menor contenido de este polisacárido, lo cual indica que al mezclar la cáscara con la pulpa el mayor aporte de hemicelulosa lo hace la pulpa. En cuanto a la celulosa, las coronas presentaron el mayor contenido (Cuadro 2), mientras que la pulpa y la cáscara presentaron el mismo comportamiento que con el carbohidrato anterior, sin tener diferencias significativas ($p<0,05$) con los rastrojos, pero sí menores a la planta entera. Esta diferencia puede corresponder a la revisión de los datos ya que las plantas enteras son utilizadas para extracción de fibras, por lo que se obtienen mayores concentraciones que con los análisis bromatológicos.

Carbohidratos no fibrosos (CNF). Esta fracción estima el contenido de materia orgánica que se fermenta de forma inmediata en el rumen (Mertens, 1996). Los tallos de piña presentaron el mayor contenido de CNF, lo que podría significar que el tallo es una parte de la planta donde se almacenan gran cantidad de carbohidratos. El material que menos CNF posee son las raíces, el resto de los materiales fluctuó entre 12,2 y 37,5% de esta fracción.

No se encontraron diferencias significativas en CNF tomando en cuenta el estado de los materiales (secos, frescos o ensilados) (Cuadro 2). Todos los materiales poseen contenidos de CNF suficientes para ser conservados mediante la técnica de ensilaje; sin embargo, de acuerdo a McDonald (1981), el contenido de humedad podría ser una limitante para la adecuada conservación de estos. Se determinó una correlación negativa ($p<0,0001$) entre el contenido de CNF y el contenido de PC (-0,65), FDN (-0,89) y FDA

(-0,81). Al aumentar el contenido de estas fracciones, el contenido de CNF se reduce; tal comportamiento se relaciona con la forma de calcular los CNF, el cual es el resultado de la resta del 100% de los contenidos del material, los valores de PC, cenizas, extracto etéreo y FDNp (Mertens, 1996). De acuerdo al NRC (2001) los requerimientos de CNF del ganado lechero en producción oscila entre el 33-44% de la materia seca; materiales como el tallo y la cáscara poseen contenidos de CNF que tienen la posibilidad de proveer la concentración requerida por el animal, si no hubiera restricción por humedad y proteína.

Cenizas. Las raíces presentaron el mayor contenido de cenizas, lo cual puede deberse a la adhesión de estas a la raíz cuando están en el suelo, lo mismo se ve reflejado en el análisis (Hoffman, 2005). En el caso de los demás subproductos evaluados, esta fracción no supera el 11%. Las diferencias en el contenido de esta fracción respecto al estado del material son significativas, donde los materiales ensilados presentaron mayores contenidos de cenizas, esto podría relacionarse con el aporte de cenizas que presentan los aditivos que se utilizaron en las pruebas evaluadas (melaza, pulpa de cítricos deshidratada, heno, pollinaza). Por el contrario, los materiales secos presentaron menor contenido de cenizas, lo cual se podría relacionar con el contenido de esta fracción en los materiales utilizados para el cálculo de esta.

Contenido energético

Nutrientes digestibles totales (NDT). El material que presentó mayor contenido energético fueron las coronas, esto puede deberse a que es un material de menor edad, mientras que la cáscara de la fruta presentó el menor contenido de NDT, lo cual se relaciona a un mayor contenido de fibra. El resto de los materiales evaluados se ubicaron entre el 60 y 64% NDT. No hubo diferencias entre los materiales de acuerdo al estado en el que se ofrecen a los animales, esto indica que sin importar el método de conservación que se utilice, los subproductos de la industria de la piña presentan un contenido energético similar o superior a forrajes utilizados en sistemas de producción de rumiantes (Sánchez y Soto, 1999).

Energía neta de ganancia de peso (EN_G). Las coronas, rastrojos y plantas enteras poseen los mayores contenidos de esta energía; por el contrario, la cáscara

es el material que posee menor contenido energético, sin embargo, posee más energía que la mayor parte de las gramíneas tropicales (Sánchez y Soto, 1999), por lo que puede considerarse como una alternativa para la suplementación de rumiantes, debido a su bajo contenido de proteína cruda (PC) y de materia seca (MS); no debe utilizarse como forraje principal dentro de una ración diaria de alimento. Los materiales ensilados presentaron mayor contenido de ENG, esto puede deberse al aporte de energía que hacen los aditivos utilizados para ensilar forrajes, sin embargo, no hubo diferencia significativa entre darlo fresco o seco a los animales.

Energía neta de lactancia (EN_L). El mayor contenido de energía para la producción de leche se encontró en las plantas enteras, coronas y rastrojos, por el contrario, el menor contenido lo presentaron las coronas, debido a las circunstancias mencionadas en las fracciones energéticas anteriores.

Los valores están expresados en una vez mantenimiento (1X), al expresar la energía en tres veces mantenimiento (3X), los valores de energía se reducen debido a una disminución en la digestibilidad de los alimentos al aumentar la tasa de consumo (NRC, 2001).

De acuerdo a la forma de ofrecer el material a los animales, los subproductos de la industria piñera no presentaron diferencias significativas en su contenido de EN_L cuando están deshidratados o ensilados, pero sí fueron diferentes ($p < 0,05$) (valor más bajo) (Cuadro 2).

De acuerdo con las tablas de requerimientos del NRC (2001), una vaca de 454 kg de peso corporal en media lactación que produce 10, 20 y 30 kilogramos de leche con 4% grasa y 3,5% de proteína, debe consumir 12,4; 16,0 y 19,5 kg MS/día, respectivamente, la cantidad de energía que provee cada uno de los niveles de consumo debe ser 15,6; 23,2 y 30,9 Mcal EN_L /día, para que el animal pueda sostener el correspondiente nivel de producción. Al comparar (Figura 2), el aporte de EN_L de los subproductos de piña sin restricción por consumo (calculando el aporte como si los subproductos pudieran proveer la cantidad de MS/día necesaria para cada nivel de producción) o contenido de proteína, con respecto a los requerimientos del NRC (2001), se puede observar que cuando los subproductos de piña son utilizados al nivel de consumo necesario para producir 10 kg de leche/día, estos tendrían la capacidad de proveer la energía necesaria cuando no hay restricción por humedad y proteína. Sin embargo, conforme aumenta el requerimiento de MS del animal

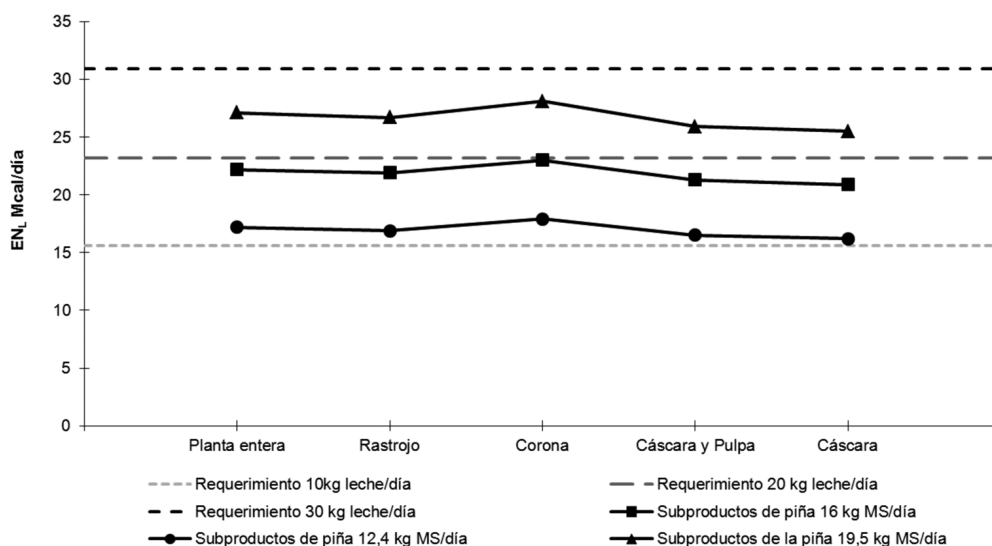


Figura 2. Comparación del aporte de energía neta de lactancia (EN_L) (Mcal/día) de los subproductos de la piña de acuerdo al nivel de consumo de materia seca (MS) (10, 20 y 30 kg leche/día), con respecto al requerimiento (Mcal/día) para producir 10, 20 y 30 kg leche/día. San José, Costa Rica. 2011.

es más difícil obtener la cantidad de energía necesaria para el aumento en la producción de leche, por lo que se hace necesaria la suplementación con alimentos que presentan una mayor densidad energética, si se pretende alcanzar mayores niveles de producción.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Kalil, H.P.S., M. Siti-Alwani, y A.K. Mohd-Omar. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. *BioResources* 1:220-232.
- Abdullah, B., y M. Hanafi. 2008. Caracterisation of solid and liquid pineapple waste. *Reaktor* 12:48-52.
- Adegbite O., O. Oni, y I. Adeoye. 2014. Competitiveness of pineapple production in Osun State, Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development* 5(2): 205-214.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1991. *Methods of analysis*. Washington D.C., USA.
- Arroyo, C., y A. Rojas. s.f. Experiencias con ganado estabulado utilizando pejibaye (*Bactris gasipaes*) y frutas tropicales en Costa Rica. http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/experiencias_con_ganado_estabulado_utilizando_pejibaye.pdf (Consultado 26 julio 2011).
- Azevedo, J.A., S.C. Filho, E. Detmann, D. Pina, L.G. Pereira, K. De Oliveira, H. Fernandes, y N.K. Souza. 2011. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. *R. Bras. Zootec.* 40(2):391-402.
- Banik, S., D. Nag, y S. Debnath. 2011. Utilization of pineapple leaf agro-waste for extraction of fibre and the residual biomass for vermicomposting. *Indian J. Fibre Text. Res.* 36:172-177.
- Ban-Koffi, L., y Y.M. Han. 1990. Alcohol production from pineapple waste. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 6:281-284.
- Bardiya, N., D. Somayaji, y S. Khanna. 1996. Biomethanation of banana peel and pineapple waste. *Bioresource Technol.* 58:73-76.
- Belyea, R., B. Steevens, G. Garner, J. Whittier, y H. Sewell, H. 1996. Using NDF and ADF to balance diets. *Missouri University Extension: G3161*. USA. <http://extension.missouri.edu/p/G3161#ndf> (Consultado 12 mayo 2013).
- Botelho, L., A. Da Conceição, y V. De Carvalho. 2002. Caracterização de fibras alimentares da casca e Cilindro central do abacaxi 'smooth cayenne. *Ciênc. Agrotec.* 26:362-367.
- Cheong, M.W. 2009. Supplementation of nitrogen sources and growth factors in pineapple waste extract medium for optimum yeast (*Candida utilis*) biomass production. Tesis de M. Sc., Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Cherian, B.M., A. Lopes, S. Ferreira, S. Thomas, L. Pothan, y M. Kottaisamyd. 2010. Isolation of nanocellulose from pineapple leaf fibres by steam explosion. *Carbohydrate Polymers* 81:720-725.
- Church, D.C., W.G. Pond, y K.R. Pond. 2003. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Limusa Wiley, México D.F.
- Cordenunsi, B., F. Saura-Calixto, M.E. Diaz-Rubio, A. Zuleta, M.A. Tiné, M. Silveira, G. Bezerra, C. Carpio, E. Bistriche, E. Wenzel, y F. Lajolo. 2010. Carbohydrate composition of ripe pineapple (cv. Perola) and the glycemic response in humans. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30:282-288.
- Correia, M.X., R.G. Costa, J.H. Da Silva, F.F. De Carvalho, y A. De Medeiros. 2006. Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. *R. Bras. Zootec.* 35:1822-1828.
- Cunha, M.D.G., E. Oliveira, J.L. Ramos, M.D. De Alcântara. 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.
- Da Costa J.M.C., É.M. de Freitas, G.A. Maia, I.M. Brasil, y F.F.H. Hernandez. 2007. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. *Revista Ciência Agronômica* 38(2):228-232.
- Deschatelets, L., y K.C. Yu. 1986. A simple pentose assay for biomass conversion studies. *Appl. Microbiol. Biot.* 24:379-385.
- Detmann E., y S.C. Filho. 2010. Sobre a estimação de carboidratos não fibrosos em alimentos e dietas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62(4):980-984.
- Dhanasekaran, D., S. Lawanya, S. Saha, N. Thajuddin, y A. Panneerselvam. 2011. Production of single cell protein from pineapple waste using yeast. *Innovat. Rom. Food Biotechnol.* 8:26-32.
- Gutiérrez, F., A. Rojas, H. Dormond, M. Poore, y R. WingChing. 2003. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agron. Costarricense* 27(1):79-89.

- Hernández, M. 2008. Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México.
- Hoffman, P. 2005. Ash content of forages. College of Agricultural & Life Sciences. University of Wisconsin. USA. Focus on forages 7(1):1-2.
- Jetana, T., W. Suthikrai, S. Usawang, C. Vongpipatana, S. Sophon, y J.B. Liang. 2009. The effects of concentrate added to pineapple (*Ananas comosus* Linn. Mer.) Waste silage in differing ratios to form complete diets, on digestion, excretion of urinary purine derivatives and blood metabolites in growing, male, thai swamp buffaloes. Trop. Anim. Health Prod. 41:449-459.
- Jung, H.G., y K.P. Vogel. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. J. Anim. Sci. 62:1703-1712.
- Junior, J.E., J. Neiva, N. Rodríguez, J.C. Pimentel, y R. Lôbo. 2005. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. R. Bras. Zootec. 34:659-669.
- Junior, J.E., J.M. Da Costa, J.N. Neiva, y N.M. Rodriguez. 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., O. Wayman, A.H. Nguyen, J.C. Nolan, C.M. Campbell, J.R. Carpenter, y E.B. Ho-a. 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.
- Kim, K.W., B.H. Lee, H.J. Kim, K. Sriroth, y J.R. Dorgan. 2011. Thermal and mechanical properties of cassava and pineapple flours-filled PLA bio-composites. J. Therm. Anal. Calorim. 108:1131-1139.
- Lallo, F.H., I. Nunes, W. Goncalves, L.M. Zeoula, F. Barros, y F. Yoshimi. 2003. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduos industriais de abacaxis sobre a degradabilidade ruminal em bovinos de corte. R. Bras. Zootec. 32:719-726.
- López, M. 2008. Valoración nutricional de los rastrojos de piña (*Ananas comosus*) como alternativa forrajera de bajo costo para la alimentación del ganado. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- López, M., R. WingChing-Jones, y A. Rojas. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). Agron. Costarricense 33(1):1-15.
- Mainoo, O.K., S. Barrington, J.K. Whalen, y L. Sampedro. 2009. Pilot-scale vermicomposting of pineapple wastes with earthworms native to Accra, Ghana. Bioresource Technol. 100:5872-5875.
- McDonald, P. 1981. The biochemistry of silage. Wiley, New York, USA.
- Mertens, D. 2011. Measurements of forage quality. En: M. Eastridge, editor, Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference. Purdue University, Michigan State University, Ohio State University. April 19 – 20. Fort Wayne, Indiana, United States. p. 149-160.
- Mokhtar, M, A.R. Rahmat, y A. Hassan. 2007. Characterization and treatments of pineapple leaf fibre thermoplastic composite for construction application. Tesis de Licenciatura, Universiti Teknologi Malaysia, Malasia.
- Motta, C., P.A. Suttini, J.P. Fazanha, y A.F. Bergamaschine. 2002. Potencial produtivo e econômico da cultura do abacaxi e o aproveitamento de seus subprodutos na alimentação animal. Ciên. Agr. Saúde FEA 2(1):79-82.
- Mwaikambo, L.Y. 2006. Review of the history, properties and application of plant fibres. African J. Sci. Technol. (AJST) Science and Engineering Series 7(2):120-33.
- Negesse, T., H.P.S. Makkar, y K. Becker. 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.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. National Academy Press, Washington DC., USA.
- Oliveira, N.T.E., J.B. Fonseca, R.T.R.N. Soares, C.T. Lombardi, y M.B. Mercadante. 2007. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 59:210-217.
- Otagaki, K., P. Lofgreeng, E. Cobb, y G. Dull. 1961. Net energy of pineapple bran and pineapple hay when fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 44:491-497.
- Pereira, E.S., J.G. Filho, E.R. Freitas, J.N. Neiva, y M.J. Cândido. 2009. Valor energético de subprodutos da agroindústria brasileira. Arch. Zootec. 58:455-458.
- Pompeu, R.C., J.N. Neiva, M.J. Cândido, G. Filho, D. De Aquino, y R. Lobo. 2006. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. Rev. Ciênc. Agron. 37:77-83.

- Prado, I., F.H. Lallo, L.M. Zeoula, S.F. Caldas, W.G. Do Nascimento, y J. Marques. 2003. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. R. Bras. Zootec. 32:737-744.
- Quesada-Solís, K., P. Alvarado-Aguilar, R. Sibaja-Ballester, y J. Vega-Baudrit. 2005. Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comosus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster. Rev. Iber. Polímeros 6:157-179.
- Rani, D.S., y K. Nand. 2004. Ensilage of pineapple processing waste for methane generation. Waste Management 24: 523-528.
- Rebolledo, A., A.I. Pérez, I. Rebolledo, y A.E. Becerril. 2006. Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. Rev. Fitotec. Mex. 29:55-62.
- Riethmuller, P., J. Chai, D. Smith, B. Hutabarat, B. Sayaka, y Y. Yusdja. 1999. The mixing ratio in the Indonesian dairy industry. Agricultural Economics 20:51-56.
- Rodríguez, S. 2010. Mejoramiento de la calidad nutricional de rastrojos de piña (*Ananas comosus*), con niveles crecientes de urea y mielaza. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Rogério, M.C.P., I. Borges, J.N.M. Neiva, N.M. Rodríguez, J.C.M. Pimentel, G.A. Martins, T.P. Ribeiro, J.B. Costa, S.F. Santos, y F.C. Carvalho. 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.
- Salazar, S. 2007. Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Salmones, D., K.N. Waliszewskiz, y G. Guzmán. 1996. Use of some agro-industrial lignocellulose by-products for edible mushroom *Volvariella volvacea* cultivation. Rev. Int. Contam. Amb. 12(2):69-74.
- Sánchez, J. 2010. Práctica en el Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, San Carlos. Práctica de Bachillerato, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Sánchez, J.M., y H. Soto. 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.
- Sánchez, J.M., y H. Soto. 1999. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III Energía para la producción de leche. Revista de Nutrición Animal Tropical 5(1):31-49.
- Siebeneichler, S.C., P.E. Monnerat, A.J.C. De Carvalho, y J.A. Da Silva. 2002. Composição mineral da folha em abacaxizeiro: Efeito da parte da folha analisada. Rev. Bras. Frutic. 24:194-198.
- Sousa, B.A., y R.T. Correia. 2010. Biotechnological reuse of fruit residues as a rational strategy for agro-industrial resources. J. Technol. Manag. Innov. 5(2):104-112.
- Sruamsiri, S., P. Silman, y W. Srinuch. 2007. Agro-industrial by-products as roughage source for beef cattle: Chemical composition, nutrient digestibility and energy values of ensiled sweet corn cob and husk with different levels of ipil – ipil leaves. Maejo Int. J. Sci. Technol. 1:88-94.
- TAPP (Tanzania Agriculture Productivity Program). 2013. Market trends for pineapple. Market survey. USDA, Tanzania, Africa. http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/tapp/13_41_99_TAPP%20-%20Pineapple%20Market%20Survey.pdf (Consultado 15 mayo 2014).
- Tejeda, L., C. Tejeda, A. Villabona, M. Alvear, C. Castillo, D. Henao, W. Marimón, N. Madariaga, y A. Tarón. 2010. Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. Revista Educación en Ingeniería 10:120-125.
- Van Eys, J.E., L.M. Rangkuti, y W.L. Johson. 1989. Feed resources and feeding systems for small ruminants in South and Southeast Asia. En: C. Devendra, editor, Small ruminant production systems in South and Southeast Asia. Proceedings of a workshop held in Bogor, Indonesia. p. 52-77.
- Van Soest, P.J., y J.B. Robertson. 1985. Analysis of forages and fibrous food. AS 613. Cornell University, A Laboratory Manual. Department of Animal Science. Ithaca, NY, USA.
- Updegraff, D.M. 1969. Semi-micro determination of cellulose in biological materials. Anal. Biochem. 32:420-425.
- Weiss, W.P. 2004. Fine-tuning energy calculations. En: M. Eastridge, editor, Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference. Purdue University, Michigan State University, Ohio State University. April 27 – 28. Fort Wayne, Indiana, United States. p. 131-142.