

Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos

Jorge Aguirre^{1*}, Ramón Magaña², Sergio Martínez¹, Alejandro Gómez¹, José C. Ramírez¹, Rubén Barajas³, Alejandro Plascencia⁴, Ricardo Barcena⁵ y Danny E. García⁶

¹Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic. Cuerpo Académico de Producción y Biotecnología Animal, Nayarit, México.

*Correo electrónico: jorgea@nayar.uan.mx.

²Dirección General de Educación Tecnológica en Nayarit, Tepic. Nayarit, México.

³Universidad Autónoma de Sinaloa. Cuerpo Académico de Producción y Salud Animal, Culiacán, Sinaloa. México.

⁴Cuerpo Académico de Nutrición y Biotecnología de Rumiantes. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, BCN. México.

⁵Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Nutrición de Rumiantes. Programa de Ganadería. Montecillo Estado México.

⁶Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), del estado Trujillo. Venezuela.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la composición nutricional y digestibilidad *in vitro* de la caña de azúcar entera sin quemar, los residuos de cosecha quemados y procesados a través de procesos de molido (físico), fermentación (biológico) e inclusión de aditivos (químico). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 2 x 3 con tres repeticiones. Los factores fueron el tipo de caña (entera y residuos) y los tres procesos, físico, biológico y químico. Para evaluar la respuesta animal se utilizaron 21 corderos machos, de la raza Pelibuey, destetados con peso vivo medio de 20,24 ± 3,17 kg confinados con dietas seleccionadas a base de caña completa sin quemar, quemada y residuos de campo quemados con el proceso integral. Los resultados mostraron que el proceso completo a los tipos de caña aumentó el valor nutritivo, el análisis proximal y las fracciones de pared celular de los residuos de cosecha y de caña entera fueron mejorados por la molienda, fermentación y aditivos. El contenido de PC se incrementó (P<0,05) de 2,6 a 13,2 % en los residuos y de 1,5 a 10,9 % en la caña entera. La digestibilidad *in vitro* de la MS se incrementó (P<0,05) con solo molienda en 68,3 % para caña completa y 75,3 % en residuos; contrario a lo esperado los tratamientos de caña molidos y fermentados tuvieron la DIV de MS de 45,46 % y los del proceso integral de 53,57 % vs los valores de 53,08 y 52,33 % para los residuos de campo. La respuesta de los corderos Pelibuey en ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia se comportaron iguales con las dietas a base de caña entera sin quemar, quemada y residuos quemados molidos, fermentados y con aditivos. Se concluye que la caña de azúcar y los residuos de campo molidos, fermentados y con aditivos mejora su valor nutricional, pero no mejoran la respuesta animal.

Palabras clave: Caña de azúcar- residuos, procesos alimentarios, composición química, digestibilidad *in vitro*, comportamiento ovinos.

Nutritional characterization and use of cane sugar and processed waste in diets for sheep

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the nutritional composition and *in vitro* digestibility of whole sugar cane without burning, burning crop residues and processed through grinding (physical), fermentation (biological) and

Recibido: 07/07/09 Aceptado: 19/07/10

inclusion of additives (chemical). A completely randomized design with factorial arrangement of treatments 2 x 3 with three replications was used. The factors were the type of cane (whole and residues) and the three processes, physical, biological and chemical. To evaluate the animal response 21 weaned male Pelibuey lambs were used, with an average body weight of $20,24 \pm 3,17$ kg confined selected based diets full cane without burning, field burning and waste burned in integrated process. The results showed that the entire process to the types of cane increased nutritional value, proximate analysis and cell wall fractions of crop residues and whole cane were improved by grinding, fermentation and additives. The content of CP increased ($P < 0,05$) from 2,6 to 13,2 % in the residues and 1,5 to 10,9 % in the entire cane. *In vitro* DM digestibility increased ($P < 0,05$) with only 68,5 % for grinding cane and 75,3 % in residues, contrary to expectations, in grounded and fermented cane treatments showed an IVD of DM of 45,46 % and the integral process of 53,57 % vs 53,08 % and values of 52,53 % for field residues. The response of Pelibuey lambs in weight gain, consumption and feed conversion were behaved the same with cane-based diets entire unburned, burned and burned waste ground, fermented and additives. It is concluded that the sugarcane fields and residues ground, fermented and additives improve their nutritional value, but do not improve animal performance.

Keywords: Sugar-cane residues, food processing, chemical composition, *in vitro* digestibility, behavior sheep.

INTRODUCCIÓN

En el trópico seco de Nayarit, México, la producción de forraje se determina por una temporada corta del período de lluvias y un amplio estiaje, parcialmente la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se produce en la estación seca. Esta gramínea considerada como un banco energético, muestra una extraordinaria producción de biomasa cuando se utiliza para la alimentación animal, ya sea en forma integral o con los residuos de cosecha, así como los subproductos de la industria azucarera (Stuart y Fundora, 1994). Si estos recursos forrajeros se utilizan estratégicamente durante el período de sequía, podrían ser considerados como una alternativa exitosa para la alimentación de rumiantes en la entidad, ya que la caña de azúcar es el cultivo de mayor superficie sembrada y ocupa el octavo lugar en el país como cultivo perenne (SAGARPA, 2005).

La caña de azúcar y los residuos agroindustriales presentan características determinadas en cuanto a su composición química, ya que poseen un alto contenido de fracciones de pared celular, alta concentración de sacarosa y otros azúcares solubles, sin embargo, la caña es baja en proteína y minerales (Ruíz *et al.*, 2005).

Esta gramínea se clasifica como un alimento voluminoso, presenta limitaciones nutricionales cuando se ofrece como único alimento a rumiantes. En este sentido, cuando se combina con otros forrajes e ingredientes alimenticios, la caña representa una

opción nutricional de bajo costo y mayor eficiencia en la producción animal (Muñoz y González, 1998). Algunas alternativas se han sugerido para mejorar el valor nutritivo de la caña para animales poligástricos, ya sea por fermentación o combinándola con cereales y concentrados proteicos (Elías *et al.*, 1990).

Ahora bien, en la actualidad las raciones preparadas con caña de azúcar integral combinada con granos y fuentes proteicas procesadas resultan costosas al productor. Por otra parte la población ovina se ha incrementado considerablemente a nivel nacional y en Nayarit, a partir del año 2000 ascendió un 60% según el censo estatal, crecimiento influido principalmente por un consumo nacional de carne cada vez mayor, a consecuencia de este aumento se han generado nuevos sistemas de producción, como la estabulación total del rebaño, la engorda intensiva o semi intensiva de corderos (Aguirre, 2001).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del estudio fue caracterizar nutricionalmente la caña de azúcar completa y residuos de cosecha expuestos a factores físicos, químicos y biológicos y evaluar su empleo en dietas para ovinos Pelibuey confinados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en la Unidad Académica de Agricultura, de la Universidad Autónoma de Nayarit, México, en zona del Valle de Matatipac del municipio de Xalisco, Nayarit. Se ubica en las coordenadas 26° 26' de latitud norte y 104° 55' de longitud oeste, y altitud de 940 m. El clima de la

región es del tipo (A) Ca (w₂;w_i) W'' (García, 1987), la precipitación anual es de 1283 mm, la temperatura media de 24°C y la humedad relativa de 89 %. El suelo de toba volcánica, tipo regosol, textura arenosa, el pH oscila entre 4,0 y 5,7, con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica (MO; Aguirre, 2001). La caña de azúcar integral sin quemar y los residuos de cosecha quemados fueron del cultivar Mex 69-290, se utilizó el rebrote de la soca en condiciones de temporal y surcado profundo, la fertilización química de 120-50-50, siendo el nitrógeno fraccionado durante el período de lluvias, la cosecha se realizó a los 11 meses mediante el proceso tradicional de quema, corte de puntas y acarreo de tallos al ingenio (INEGI, 2005).

Los 6 tratamientos tuvieron un arreglo factorial 2x3 con 3 repeticiones, donde los factores fueron los tipos de caña (completa y los residuos), y los procesamientos a que fue expuesto el material de estudio: medios físicos (molienda), biológicos (molienda y fermentación) y químicos (molienda, fermentación y aditivos).

Los materiales de caña de azúcar utilizados fueron preparados de acuerdo con la técnica de Molina *et al.* (1999), mediante la selección al azar de la mayor, media y menor densidad del cultivo; cinco cañas de cada densidad se cortaron antes de la quema en la parcela. Los materiales se identificaron y se trozaron a un tamaño de partícula de 20 a 50 mm con una picadora de forraje. Una mezcla homogénea de cada lote de caña de azúcar entera fue preparada y pesada en fresco para obtener 3 kg por repetición. Un primer lote fue secado a 60 °C hasta peso constante y representó el primer tratamiento, que corresponde a la caña integral molida y seca.

El segundo lote se depositó en bolsas de polietileno, molida, compactada y cerrada herméticamente para almacenarse durante 30 días para proceso de fermentación (segundo tratamiento: molido y fermentado de caña). Para el tercer tratamiento la caña molida fue colocada sobre superficie plana, limpia y seca para mezclar con 1,1 % de urea, 0,5 % de minerales y 0,5 % zeolita, y someter a proceso de fermentación. El segundo y tercer tratamiento fueron fraccionados a un tamaño de partícula de 1 mm, después del período de fermentación y luego secados a 60°C. En un procedimiento idéntico se hizo la preparación de los otros tres tratamientos,

correspondientes a los residuos de cosecha de la caña quemados, que consisten en las puntas o cogollos y algunos trozos de tallo irregulares que quedan en campo durante la maniobra de carga.

Las muestras de caña entera y los residuos fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad. El contenido de proteína cruda (PC) se determinó por el método Digesdahl de acuerdo al procedimiento descrito por Hach Company (1996), y mediante el cromatógrafo ultravioleta-visible se determinó el nitrógeno (N) x 6,25. La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, celulosa y hemicelulosa fueron determinadas, según la técnica de Goering y Van Soest (1970), modificada por Harris (1970). Para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS) y la MO de la caña de azúcar y residuos se utilizaron muestras al azar de cada lote, las cuales se analizaron por el método de Tilley y Terry (1963).

Cada ensayo fue manejado en condiciones anaeróbicas en dos etapas, la primera fermentación durante 48 horas en baño de agua a 39 °C utilizando aproximadamente 0,8 g de muestra más 80 mL de inóculo ruminal en solución buffer mezclado con saliva McDougall. En la siguiente etapa también a 48 hr se interrumpió la fermentación microbiana con la incorporación de pepsina más ácido clorhídrico. El residuo de la mezcla a los diferentes tiempos de incubación fue utilizado para medir el contenido de MS y cenizas por el procedimiento de la AOAC (1990).

En la etapa de respuesta animal, se utilizaron 21 corderos machos de la raza Pelibuey, destetados con peso vivo medio de 20,24 ±3,17 kg. Los animales fueron desparasitados, vacunados, identificados y pesados para la asignación a los tratamientos, tuvieron un período semanal de adaptación al uso de corraletas y de raciones.

Las dietas fueron seleccionadas de acuerdo a los mejores resultados de la caracterización nutricional, las cuales formaron los tratamientos de caña entera sin quemar, quemada y los residuos de campo con el proceso integral, se integraron en un 50% a base de caña y complementadas con planta entera, seca y molida de maíz y pasta de soya para obtener dietas isocalóricas e isoproteicas (Cuadro 1), y se evaluaron durante 8 semanas las variables de consumo de alimento, ganancia diaria

de peso y conversión alimenticia de los corderos. Las dietas evaluadas fueron las del proceso integral: molienda, fermentado y aditivos en los residuos de campo y la caña entera sin quemar; aunque el tratamiento de la caña entera quemada en la etapa de caracterización nutricional no fue evaluado, en la prueba con animales fue incluido para fines de contraste y se realizó una caracterización nutricional a las dietas empleadas. A la información resultante se le realizó análisis de varianza para arreglo factorial mediante el paquete estadístico SAS (2002), las diferencias entre medias significativas ($P<0,05$) se contrastaron por la prueba de Tukey al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química de la caña de azúcar

En la etapa de caracterización química de la caña de azúcar, la gramínea entera quemada no fue considerada, siendo evaluada la caña completa, molida y sin quemar y residuos de cosecha quemados. La MS presentó diferencia significativa ($P<0,05$) entre tratamientos, resultando menor en la caña entera sin aditivos y residuos con aditivos, que en los demás tratamientos. (Cuadro 2).

El contenido de MO fue menor ($P<0,05$) en los residuos fermentados y con aditivos (91,05 y 90,90 %), pero mayor ($P<0,05$) contenido de PC en caña entera y residuos fermentados con aditivos (10,93 y 13,25 %). El contenido de FND fue menor ($P<0,05$) para la caña y residuos molidos (44,78 y 48,71 %), mostrándose una tendencia similar para FDA. El incremento de PC en los residuos y caña del proceso completo es atribuible a la urea como aditivo al forraje y su fermentado, ya que los valores en los materiales de solo molienda fueron menores (1,50 y 2,60 %), respectivamente.

Los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por Batista *et al.* (2001), quienes obtuvieron un valor medio de 2,46 % de PC en muestras molidas de 60 variedades de caña; similares resultados fueron reportados por López *et al.* (2003) con valores de 2,46 % de PC para el cv Mex 69-290 molido.

Al respecto, Cuarón y Shimada (1981), afirmaron que la proteína en el cv CP-29203 para caña entera fue de 1,98, 3,35 y 3,40 % cuando fue expuesta a procesos de molienda, molienda y ensilado y al proceso completo más aditivos, respectivamente.

Cuadro 1. Composición y caracterización química de dietas de caña de azúcar y residuos, cultivar Mex 69-290, para ovinos Pelibuey confinados.

Componente (%)	Dieta ₁ caña sin quemar	Dieta ₂ Residuos	Dieta ₃ caña quemada
Caña completa s/quemar	50,06	-	-
Residuos caña quemados	-	50,06	-
Caña completa quemada	-	-	50,06
Planta maíz completa	43,13	45,90	43,13
Pasta de soya	6,81	4,04	6,81
MS	94,93	94,56	91,60
PC	11,38	11,43	10,61
Cenizas	3,39	3,48	3,36
FND	59,24	60,15	58,69
FAD	27,89	34,70	30,24
Hemicelulosa	31,35	25,45	28,45
Carbohidratos solubles	40,76	39,85	41,31

Cuadro 2. Características de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y pared celular de caña de azúcar y residuos, cultivar Mex 69-290.

Variable (%)	Caña de azúcar entera y verde ¹			Residuos de caña quemados ¹			EE ±
	Molida	Fermentada		Molidos	Fermentados		
		Sin aditivo	Con aditivo		Sin aditivo	Con aditivo	
Materia seca	98,02a	97,78b	98,37a	98,96a	98,19a	97,53b	0,112*
Materia Orgánica	95,90a	94,25b	92,56c	94,42ab	91,05cd	90,90d	0,586*
PC	1,50c	2,18de	10,93b	2,60d	3,64c	13,25a	0,359*
FND	44,78a	65,07b	59,91b	48,71a	66,28b	59,08b	2,956*
FAD	35,31ab	44,44b	33,87a	33,86a	43,97b	37,73ab	3,574*
Lignina	6,32	6,73	5,02	6,29	7,67	5,91	1,139
Hemicelulosa	9,47b	20,62ab	26,04a	14,51ab	22,30ab	22,34ab	4,570*
Celulosa	27,99a	39,13b	29,62ab	27,55a	34,87ab	30,69ab	3,542*

¹Caña de azúcar incluyendo punta y hojas verdes; los residuos de caña: puntas y algunos tallos después de quemar fueron evaluados. *P <0,05 y EE (Error estándar). abcde Valores con diferente letra en la misma fila obtuvieron diferencia significativa (P <0,05). ¹Se incluyó caña de azúcar integral verde; caña de azúcar integral quemada; los residuos de cosecha quemados, los tres ingredientes fueron molidos, fermentados y más aditivos.

Las variables se midieron en g/día/borrego para consumo y ganancia; y kg alimento/kg peso obtenido.

Así también Molina *et al.* (1999), demostraron que la caña de azúcar Cubana, cv Ja 60-5 de segundo corte a los 12 meses mediante un tratamiento semejante, el valor de PC para caña integral fue de 10,3%, contenido similar al de caña entera (10,93%) de esta investigación, pero menor a 13,25% en los residuos de campo.

El contenido de FDN y celulosa fueron mayores (P<0,05) en los tratamientos de caña y residuos molidos fermentados (65,07, 66,28, 39,13 y 34,87, respectivamente), pero la hemicelulosa fue menor (P<0,05) en los tratamientos de caña y residuos molidos (9,47 y 14,51, respectivamente). Estos resultados muestran algunas similitudes con otros trabajos realizados con caña molida y fermentada. Al respecto, López *et al.* (2003) evaluó 8 cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero y reportaron que la Mex 69-290 obtuvo un valor de 52,75 % de FND en la caña del proceso completo, valor inferior al mismo cultivar del presente estudio, ya sea como caña entera o en residuos de campo, pero valor menor a la obtenida en los tratamientos de exposición completa a la caña. De igual forma, Batista *et al.*

(2001), informaron un contenido medio de 49,14 % para FDN en 60 variedades de caña entera de 12 a 18 meses de edad, cantidad ligeramente superior al de caña completa y de residuos de este experimento.

Sin la influencia de aditivos, los valores más altos de la fracción de FDA se obtuvieron en la caña y residuos molidos y fermentados (44,44 y 43,97 %). La lignina sin efecto (P>0,05) a los procesos en cualquier tipo de caña y con un promedio de 6,3 %. Al hacer comparaciones de otros resultados de pared y contenido celular, se observó que los de Batista *et al.* (2001) obtuvieron valores medios de 29,24, 24,48 y 4,16 % para la FDA, celulosa y lignina en las 60 cv de caña en Brasil, aunque son tratamientos equivalentes los valores son inferiores a los de este trabajo; por su parte Molina *et al.* (1999), lograron para las tres composiciones descritas en caña completa contenidos similares de 34,4, 28,7 y 5,1 %, respectivamente. Al respecto Cuarón y Shimada (1981), en la caña Mexicana, la cv CP-29203 reportaron solo el contenido de FDA mayor al del estudio de 46,21, 35,6 y 0,77 %, respectivamente en los componentes indicados. Por lo cual, se infiere que la respuesta desigual en las

fracciones y contenido de pared celular en los tipos de caña evaluados con otros resultados, son atribuibles a un diferente manejo experimental en el laboratorio, y que la mezcla de aditivos al proceso integral de la caña entera y residuos favorece el contenido nutricional de la proteína cruda, pared y contenido celular.

Contrario a lo esperado, la mayor digestibilidad *in vitro* de la MS y MO ($P < 0,05$) fue en ambos tipos de caña solo molidos (Cuadro 3), que en muestras molidas y fermentadas y en las del proceso completo más aditivos. De acuerdo lo expresado, los resultados obtenidos de FDN, Celulosa y hemicelulosa concuerdan en ser menores con el material de solo molienda, lo que hace atribuible que estos sustratos de caña molidos tuvieron condiciones favorables para una mejor fermentación microbiana, no obstante que se esperaba una mayor DIV de la MS en los tratamientos de molienda y fermentación y aún más con la mezcla de aditivos al forraje de caña fermentado.

En ese sentido, Molina *et al.* (1999), afirman que la caña de azúcar para uso animal deben tener un mínimo de 50 % de digestibilidad de la MS; por lo que de los valores obtenidos de 68,3 y 75,3 % de DIV de la MS en la caña entera y residuos molidos y con igual tendencia en la DIV de la MO (76,03 y 78,75 %), respectivamente; además, las muestras molidas y fermentadas e integrales mantuvieron el nivel de DIV de la MO arriba del 70 %. Estos niveles son más altos que el 42,85 % en *cv* Mex 69-290 de caña entera con el proceso integral de López *et al.* (2003) y al de 37,0 % en *cv* B-4362 reportado por Aranda y Losada (1980) en la caña B-4362 en Tabasco, México.

Sin embargo, si se cotejan otros valores obtenidos en forrajes tropicales, las cifras de digestibilidad del estudio son mayores a lo reportado por Fondevila *et al.* (2002), de 42 a 45 % en residuos de cosecha

de maíz; por su parte Juárez *et al.* (2006), quienes encontraron un valor medio de 34,2% en los pastos Guinea, Bermuda, Pangola, Pretoria, Buffel y Tanzania. Por tanto, y de acuerdo con Muñoz y González (1998), quienes confirman que con la presencia de carbohidratos solubles en caña de azúcar, la digestibilidad de MS será mayor a la de pastos tropicales; y cuando se ofreció a ovinos la caña de azúcar sin corteza, se encontró una digestibilidad *in vivo* de la MS de 71,3 %, lo que relaciona un 18 % de más por eliminar la cáscara (Montpellier y Preston, 1977).

Respuesta Animal

La etapa de respuesta animal con el uso de tratamiento de caña entera sin quemar, quemada y los residuos de campo con ovinos de pelo confinados (Cuadro 4), los resultados del alimento consumido por día, ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia de dietas a base del 50 % de caña de azúcar más la planta de maíz seca, molida y entera y soya, se describe a continuación.

En el Cuadro 4 se observa que en ninguna variable (consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia) se obtuvo diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las dietas utilizadas por los corderos. La ingestión de alimento de 1,254, 1,305, 1,405 kg/día en dietas de caña sin quemar, residuos y caña quemada son mayores a 780 y 865 g/día utilizando caña integral sin quemar y quemada, ambas molidas con aditivos y fermentadas, respectivamente (Cuaron y Shimada, 1981); al de 1,074 kg en ovinos con caña similar y pulido de arroz (Pérez *et al.*, 2006); pero un consumo mayor de 1,523 kg diarios en ración de bagazo de caña, salvado de arroz y pollinaza (Landaeta *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Digestibilidad *in vitro* de la caña de azúcar, cultivar MEX 69-290.

Digestibilidad (%)	Caña de azúcar entera y verde ¹			Residuos de caña quemados ¹			EE ±
	Molida	Fermentada		Molidos	Fermentados		
		Sin aditivo	Con aditivo		Sin aditivo	Con aditivo	
MS	68,30a	45,46b	50,57b	75,30a	53,08b	52,23b	3,821*
MO	76,03ab	72,31bc	71,13c	78,75a	74,34abc	72,16bc	1,649*

Cuadro 4. Comportamiento de corderos Pelibuey alimentados con dietas a base de caña de azúcar (variedad MEX 69-290).

Variable	Caña de azúcar entera y verde ¹	Residuos de caña quemados ¹	Caña de azúcar entera y quemada, ¹	EE ±
Consumo de alimento	1,254	1,350	1,405	4,10
Ganancia de peso	92,60	130,73	106,45	3,19
Conversión alimenticia	13,538	11,575	12,680	3,05

Se incluyó caña de azúcar integral verde; caña de azúcar integral quemada; los residuos de cosecha, los tres ingredientes son molidos, fermentados y más aditivos. Las variables se midieron en g/día/borrego para consumo y ganancia; y kg alimento/kg peso obtenido *P< 0,05.

Lo anterior confirma que los ovinos confinados al no ser selectivos en las dietas de forrajes tropicales los consumos de MS diarios son muy variables, si cotejamos el consumo de ovinos de pelo en otros alimentos tropicales, con heno de pasto Buffel, canola y pulido de arroz fue de 1,095 kg (González *et al.*, 2006); en dietas con rezaga de garbanzo solo, más pasta de cártamo y más canola fue de 1,166, 1,132 y 1,216 kg, respectivamente (Obregón *et al.*, 2006).

Al no encontrarse diferencias (P>0,05) en la ganancia diaria de peso de corderos confinados en dietas a base de caña, los valores obtenidos de 92,6, 130,7 y 106,4 g diarios son similares al valor de 103 g de Pedraza (2000) en dieta de bagazo de caña fermentado, salvado de arroz y pollinaza; pero son más altos a 87 g reportado con caña integral, quemada, molida, fermentada y con aditivos de Cuaron y Shimada (1981); a 36 g con bagazo de caña, salvado de arroz y pollinaza de Landaeta *et al.* (2004); a 60, y 82 g con dietas de caña entera sola y de caña más subproductos de cervecería (Castillo *et al.*, 2004).

Sin embargo, se reportan ganancias superiores a las obtenidas en este estudio, de 202 g/día al consumir caña de azúcar completa y 22 % de pulido de arroz (Pérez *et al.*, 2006); de 159.0 g/día/borrego en dieta de heno de zacate Buffel, canola y pulido de arroz (González *et al.*, 2006); de 134.4 g/día en caña completa quemada, molida, aditivos y fermentada (Cuaron y Shimada, 1981). Lo anterior contrasta las limitaciones nutricionales en la respuesta productiva de ovinos consumiendo una dieta única a base de caña de azúcar, no obstante el comportamiento animal se incrementa con la molienda, fermentación

o suplementación química u otros concentrados a la caña (Muñoz y González, 1998).

Los valores de la conversión alimenticia de 13,54, 11,57 y 12,68 kg de alimento consumido/kg de peso obtenido, fueron más altos que 5,8, 6,5 y 6,4 kg logrados en tratamientos con caña integral sin quemar, molida y ensilada; de caña integral sin quemar, molida, con aditivo y fermentada; y de caña integral quemada, molida, con aditivo y fermentada, respectivamente (Cuaron y Shimada, 1981); al de 5,41 kg con caña entera molida y 22% de pulido arroz de Pérez *et al.* (2006); al de 7,5 kg obtenido con bagazo de caña fermentado, salvado de arroz y pollinaza (Pedraza, 2000).

Si se confronta la conversión obtenida con otros alimentos tropicales, el resultado de dietas a base de pasta de canola, rezaga de garbanzo y pasta de cártamo de 4.089 kg, 4.245 kg y 5.194 kg, respectivamente (Obregón *et al.*, 2006); el valor de 6.886 kg con heno de pasto Buffel, canola y pulido de arroz (González *et al.*, 2006). Lo anterior respalda que la conversión alimenticia de ovinos de pelo estabulada podría estar influida por el valor nutritivo del alimento base, la preparación, el consumo diario, el peso inicial y el potencial genético de los animales de estudio (Le Du y Baker, 1981).

CONCLUSIÓN

En la caracterización química, los residuos de cosecha y la caña de azúcar entera incrementaron el valor nutricional con el proceso de molienda, fermentado y el uso de aditivos.

La digestibilidad *in vitro* de la MS y MO mostró una respuesta atípica, el mejor tratamiento resultó para los tipos de caña con molienda, superando a los de caña molida y fermentada y al de proceso integral.

En la repuesta animal las dietas de caña de azúcar integral sin quemar, quemada y de residuos de cosecha con proceso de molienda, fermentado y aditivos se comportaron iguales en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de corderos Pelibuey.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, O. J. 2001. Consumo voluntario y valor nutricional de *Cynodon plectostachyus* fertilizado o abonado, con suplementación proteica a corderos Pelibuey. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nayarit, p 89.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D C. p 69.
- Aranda, I. E. y C. H. Losada. 1980. Efecto de la edad de diferentes secciones de la caña de azúcar sobre la composición química, digestibilidad y valor nutritivo. En: Informe Anual del Departamento de Nutrición. Lázaro Cárdenas, Tabasco, México, pp 67-82.
- Batista, J., E. Ferrari, R. Aparecida, I. Pozar, L. Zimback e M. C. De Andrade. 2001. Composição química de genótipos de cana-de-ácúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. *Bragantia*, Campinas, v. 63(3): 311-319 pp.
- Castillo, E. L. H., L. J. A. De Oliveira y C. F. Oldakowski. 2004. Desempeño productivo de borregos raza Santa Ines suplementados con diferentes niveles de levadura viva (Procreatin 7 ®). *Saf Agri*.
- Cuarón, M. L. y A. S. Shimada. 1981. Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y su valor alimenticio para corderos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 15: 177-182.
- Elías, A., P. Lezcano, O. Lezcano, J. Cordero y L. Quintana. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en estado sólido (Saccharina). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 24: 1-12.
- Fondevila, M., J. C. M Nogueira, A. J. Filho Barrios and A. Urdaneta 2002. *In vitro* microbial fermentation and protein utilization of tropical forage legumes grown during the dry season. *Animal Feed Science and Technology*, 95: 1-14.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen para adaptarlo a condiciones de México. Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Distrito Federal de México, p 246.
- Goering, M. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fibre analysis (apparatus, reagents, procedures and some application), *Agricultural Handbook* N° 379. USA Department of Agriculture. Washington, District of Columbia, p 90.
- González, M. I. M., O. E. Gutiérrez, T. H. Morales, B. H. Bernal y N. J. Colin. 2006. Consumo voluntario de dietas a base de zacate Buffel ofrecido a borregas Pelibuey de diferentes pesos vivos. **In:** Memorias de XXXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal, Mazatlán Sinaloa, pp 102-104.
- Hach Company. 1996. DR/2010 Spectrophotometer procedures manual. USA. p 56.
- INEGI. 2005. Anuario Estadístico de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Tepic, p 174.
- Juárez, A. S., M. A. Carrillo, E. Gutiérrez, H. Bernal, E. M. Romero y J. Colin. 2006. Estimación de la degradabilidad aparente de la materia seca y producción de biomasa microbiana en pastos tropicales mediante la producción de gas *in vitro*. **In:** XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Mazatlán Sinaloa, México. pp 112-114.
- Landaeta, R. M., B. G. Novel, B. R. Sánchez, C. J. Rojas y J. L. Jiménez. 2004. Evaluación de cama de pollo mezclada con salvado de arroz y bagazo de caña de azúcar para el engorde de corderos en confinamiento. *Livestock Research for Rural Development*, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Tarabana, Estado de Lara, Venezuela. 119-139 pp.
- Le Du, Y. L. P. and P. D. Baker. 1981. The digestibility of herbage selected by oesophageally fistulated

- cow, steer calves and wether sheep when strip – grazing together. *Grass and forage Sc.* 36: 237-239.
- López, I., E. M. Aranda, J. A. Ramos y G. D. Mendoza. 2003. Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37: 381-386.
- Molina, A., P. P. Leal, A. Vera, N. Milanés, D. Pedroso, V. Torres, J. Traba y O. Tuero. 1999. Evaluación del valor forrajero de variedades industriales de caña de azúcar. Digestibilidad *in situ*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 33: 387-392.
- Montpellier, P. A., y T. R. Preston. 1977. Digestibilidad de punta, corteza, tallo descortezado y caña de azúcar integral. *Producción Animal Tropical*, 2: 40-45.
- Muñoz, E. y R. González. 1998. Caña de azúcar integral para estimular el consumo a voluntad de alimentos voluminosos en vacas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 31: 33-40.
- Obregón, J. F., R. H. Dávila, R. F. G. Ríos, A. A. Estrada, C. R. Barajas, C. E. Ibarra y A. N. E. Villalba. 2006. Respuesta productiva de ovinos de pelo en finalización con dietas isoproteicas elaboradas con pasta de canola, pasta de cártamo y rezaga de garbanzo. **In:** Memorias de XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal, Mazatlán Sinaloa, pp 172-175.
- Pedraza, O. R. M. 2000. Bagazo rico en proteína (Bagarip) alimento animal obtenido por fermentación en estado sólido. *Rev. Prod. Anim.* Vol. 12: 41-51.
- Pérez, H. J. A., Ch. J. Salinas, C. R. F. García y A. A. C. Arbola. 2006. Efecto de raciones con distintos niveles de pulido de arroz sobre el comportamiento productivo de ovinos en engorda. **In:** Memorias de XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal, Mazatlán Sinaloa, pp 80-83.
- Ruiz, R., R. Ruiz, G. Salgado y M. Beltrán. 2005. Relación entre la temperatura de la masa fermentativa, temperatura ambiental y el contenido de proteína cruda durante la elaboración de Saccharina rústica. I Congreso Internacional de Producción Animal. La Habana, pp 272-279.
- SAGARPA. 2005. Diagnóstico de la Ganadería en Nayarit. Estudio Informativo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Pesqueros y Alimentación (SAGARPA). Tepic, Nayarit, p 45.
- SAS, 2002. User's Guide. SAS Institute In Company. Cary (North Caroline, USE) p 85.
- Stuart, J. R. y O. Fundora, 1994. Utilización de residuos de la cosecha de caña de azúcar en la alimentación de los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 28: 1-12.
- Tilley, J. M. and R. A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *British Grasslands Society*, p 287.