

USO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA LA ENGORDA DE TORETES EN PASTOREO

USE OF FIBROLYTIC ENZYMES WITH SUGAR CANE ENSILAGE (*Saccharum* spp.) FOR YOUNG BEEF BULL FATTENING IN GRAZING

Gómez-Vázquez, A.^{1*}, Govea-Luciano, A.¹, Cruz-Hernández, A.¹, De la Cruz Lázaro, E.¹, Chay-Canul, A.¹, Plascencia-Jorquera, A.², Jiménez-Ferrer, G.³, Nahed-Toral, J.³, Villegas-Aparicio, Y.⁴, Huerta-Jiménez, M.⁵, Brito-Vega H.¹, Martínez-Martínez, R.⁶, Hernández-Garay, A.⁷

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa, CP 86298. Ra. La Huasteca, 2a sección, Municipio de Centro, Tabasco. México. ²Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100, Baja California, México. ³El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Chiapas, México. ⁴Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, TecNM, SEP. Ex-Hacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ⁵Catedrático CONACYT. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. ⁶Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Ave. Independencia Nacional No. 151 Autlán de Navarro, Jalisco. ⁷Colegio de Postgraduados Campus Montecillos.

*Autor de correspondencia: agvazquez723@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar la respuesta productiva y digestibilidad de la materia seca en novillos pastoreando pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* L.), complementados con ensilado de caña de azúcar (ECA) (*Saccharum* spp.) y un complejo enzimático fibrolítico. Se utilizaron 40 toretes cruzados *Bos taurus*×*Bos indicus* (peso inicial 375±29 kg) durante un periodo de 125 días. Se alimentaron de forma individual con acceso restringido al ensilado (16% PC), y organizados en un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones de la siguiente forma: 1) Testigo (TP), 2) TP+ECA, 3) TP+ECA+15g Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹, 4) TP+ECA+30g Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹. La carga animal fue de ocho animales ha⁻¹ en los tratamientos con ECA y de 3.3 en el testigo. Se mejoró la ganancia diaria de peso de los toretes (P<0.05) con el uso de la enzima 1) 395.17^b, 2) 457.60^{ab}, 3) 703.76^a, 4) 621.21^{ab} g día⁻¹, lo cual se asoció a un mayor consumo: 1) 11.36^b, 2) 14.68^{ab}, 3) 17.09^a, 4) 15.25^{ab} kg animal⁻¹ día⁻¹ y digestibilidad de la materia seca (P<0.05) comparado con el grupo testigo: 1) 63.21^b, 2) 63.67^b, 3) 68.58^a, 4) 66.61^{ab} (%). El uso de enzimas fibrolíticas en ensilado de caña de azúcar incrementó la digestibilidad, mejoró el consumo, la ganancia de peso, y la conversión alimenticia en toretes pastoreando Estrella Africana.

Palabras claves: Digestibilidad, ensilado de caña de azúcar, enzimas, ganancia de peso, toretes.

ABSTRACT

An experiment was carried out with the objective of evaluating the productive response and digestibility of dry matter in bulls grazing on African star grass (*Cynodon plectostachyus* L.), supplemented with sugar cane ensilage (SCE) (*Saccharum* spp.) and a fibrolytic enzymatic complex. Forty (40) *Bos taurus* × *Bos indicus* young beef bulls were used (initial weight 375 ± 29 kg) during a period of 125 days. They were fed individually with restricted access to the ensilage (16 % RP), and organized in a Completely Random Design with four treatments and ten repetitions in the following way: 1) Control (TP), 2) TP+SCE, 3) TP+SCE+15g Fibrozyme animal⁻¹ day⁻¹, 4) TP+SCE+30g Fibrozyme animal⁻¹ day⁻¹. The animal load was eight animals ha⁻¹ in the treatments with SCE and 3.3 in the control. The daily weight gain of the young beef bulls improved (P < 0.05) with the use of the enzyme: 1) 395.17^b, 2) 457.60^{ab}, 3) 703.76^a, 4) 621.21^{ab} g day⁻¹, which was associated with a higher consumption: 1) 11.36^b, 2) 14.68^{ab}, 3) 17.09^a, 4) 15.25^{ab} kg animal⁻¹ day⁻¹ and digestibility of the dry matter (P < 0.05), compared to the control group: 1) 63.21^b, 2) 63.67^b, 3) 68.58^a, 4) 66.61^{ab} (%). The use of fibrolytic enzymes in sugar cane ensilage increased the digestibility, improved the consumption, weight gain, and food conversion in young beef bulls grazing on African star grass.

Keywords: Digestibility, sugar cane ensilage, enzymes, weight gain, young beef bulls.

alternativa promisorio al déficit de pastos en estación seca (Loemba y Molina, 1995), debido a que la caña cultivada con propósito forrajero, sin riego y bajas dosis de fertilizante, rinde hasta 107 t ha⁻¹ de biomasa, siendo un potencial que no es alcanzado por ningún otro forraje en estas condiciones de cultivo. Diversos estudios (Schingoethe *et al.*, 1999; Yescas *et al.*, 2004) han sugerido que el uso de enzimas del tipo celulasa y xilanasas, puede tener un efecto importante en la degradación de la pared celular de la fibra de los pastos. Se han encontrado respuestas en vacas lecheras alimentadas con forrajes tratados con xilanasas y celulasas, aumentando la producción de leche de 9 a 15% más y con 16 a 23% más energía en los animales tratados (Schingoethe *et al.*, 1999). Por lo que la producción animal depende fuertemente de la disponibilidad del forraje (Cabrera *et al.*, 2000) y al complemento con forrajes de corte como alternativa de manejo para mantener un nivel adecuado de producción animal durante las épocas de escasez de dichos pastizales (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003; Cano *et al.*, 2003). El objetivo fue evaluar la respuesta productiva y de digestibilidad de la materia seca en novillos pastoreando Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* L.), complementados con ensilado de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (ECA) y un complejo enzimático fibrolítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó de agosto a diciembre de 2017 en el rancho "San Antonio" del poblado Emiliano Zapata, Tacotalpa Tabasco, México (19° 63' y 06" N y 87° 33' 40" O, y altitud de 85.06 m). El clima es cálido húmedo, con una precipitación

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que limita la producción de bovinos en las regiones tropicales, es la cantidad y calidad de pasto a través del año. La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es considerada de gran potencial forrajero, dado sus grandes producciones de materia seca comparada con otros forrajes. Sin embargo, presenta limitaciones nutricionales como bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de fibra, por lo que se debe complementar con nutriente nitrogenado degradable en rumen, como la urea y proteína de sobrepaso para obtener mejores resultados. Las enzimas celulolíticas pueden mejorar la respuesta de novillos, debido a que muchas enzimas de origen microbiano son glucosiladas y actúan sinérgicamente con las extracelulares, producidas por los microorganismos del rumen (Beauchemin *et al.*, 1995). El uso de enzimas fibrolíticas puede incrementar el consumo de materia seca y digestibilidad de la fibra en forrajes de clima templado. Como consecuencia, podría ser extensivo a la caña de azúcar y forrajes tropicales (Beauchemin *et al.*, 2000); además, se han demostrado efectos positivos al adicionarse durante el proceso de ensilaje de algunos forrajes (Sheperd y Kung, 1996). Por lo tanto, la adición directa de estas enzimas fibrolíticas al alimento puede mejorar la utilización del forraje y además existe una mayor efectividad de las enzimas como mezcla, que una sola (Kung *et al.*, 2000). La integración de la caña de azúcar en la dieta de rumiantes ha sido propuesta como una alternativa viable en los sistemas de producción de carne o leche (Monroy *et al.*, 1980). En países tropicales representa una

anual de 3,286 ml y una temperatura media anual de 25.6°C (García, 1988).

Se utilizaron 40 toretes cruzados *Bos taurus*×*Bos indicus* (peso inicial 375±29 kg) durante un periodo de 125 días. Los animales fueron distribuidos en cuatro tratamientos con diez repeticiones de la siguiente forma: 1) Testigo pastoreo (TP), 2) TP+ECA, 3) TP+ECA+15 g de Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹, 4) TP+ECA+30 g de Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹.

Forma de asignación de la enzima.

La asignación de la enzima se realizó de 6:00 a 7:00 am y por la tarde de 17:00 a 18:00 pm, al mismo tiempo que el ensilado, ofreciendo primero 1 kg de caña como vehículo para asignar la enzima y posteriormente se otorgaba ensilado *ad libitum*, la dosis enzimática de cada tratamiento fue dividida a la mitad, para otorgarse en dos aplicaciones diarias (mañana y tarde) junto con el ensilado, la doble asignación de la enzima fue con la finalidad de distribuirla correctamente en el rumen, y mantener un nivel adecuado de ésta (Beauchemin *et al.*, 2003), debido a que tiene una actividad no mayor de 12 h en el rumen, por lo cual, se ofreció fraccionada en dos "tomas". Posteriormente se sacaron los animales a los potreros de pasto Estrella, para consumir el alimento base, esto se repitió todos los días, durante el experimento.

Manejo del pastoreo. Se utilizó el pastoreo rotacional en franjas, de 2-3 días de pastoreo y 30-35 de descanso. Para delimitar el perímetro de cada potrero se utilizaron cercos fijos de alambre de púas y para el manejo del pastoreo dentro de cada potrero, se emplearon

cercos eléctricos móviles cada 2-3 días para delimitar el tamaño de franja a pastorear, de acuerdo a la disponibilidad o asignación de forraje que correspondía a cada división. Para calcular el tamaño de las franjas que se ofrecieron a los animales, se midió la cantidad de forraje total y, posteriormente, se estimó la cantidad de hoja presente un día antes de introducir los animales a pastorear.

Variables de respuesta evaluadas en los animales

Cambios de peso. Los animales se pesaron en ayunas, cada 15 días durante tres días consecutivos a las 6:00 am. El peso vivo inicial (PV) se consideró como el promedio de los tres días consecutivos, al inicio del experimento; este peso inicial se utilizó como covariable para el análisis estadístico de los datos.

Consumo individual de ensilado. Los animales que recibieron ECA y enzimas en su dieta fueron encerrados en corrales individuales se ofreció el ECA *ad libitum* y en el mismo horario que se asignó la enzima, ofreciendo primero un kilogramo de ECA con la enzima, a fin de garantizar el consumo de esta e inmediatamente el ECA se ofreció *ad libitum*. El consumo individual de ECA se obtuvo por diferencia entre el ECA que se ofreció, menos lo que el animal rechazó diariamente (ofrecido-rechazado).

Consumo de Materia Seca del pasto. Para ello se proporcionó a cada torete 3.0 g de óxido de cromo (Cr₂O₃) durante 15 días, utilizado como marcador externo; el cual fué asignado utilizando melaza, como vehículo para asegurar que el animal lo ingiriera y no lo regurgitara o rechazara, por lo amargo que es la sustancia; además, se utilizó Cenizas Insolubles en Ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). En los últimos 5 d del experimento, se recolectaron muestras de heces directamente del recto de los animales, utilizando guantes de plástico, para determinar la concentración de Cr₂O₃ y CIA en el laboratorio. La concentración de cromo en heces se determinó por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Williams *et al.*, 1962). Se determinó el contenido de CIA, en muestras de ensilado, pasto y heces (Keulen y Young, 1977); para estimar el consumo de pasto se usó la técnica de dos marcadores (Geerken *et al.*, 1987), ajustando por el consumo de marcador indigestible de la caña de azúcar.

Digestibilidad de la materia seca de las dietas. Se estimó usando la metodología propuesta por Geerken *et al.* (1987); primero se obtuvo la digestibilidad total (pasto+ensilado de caña), por diferencia entre el consumo total (pasto+ensilado de caña) y la producción fecal de MS (Church, 2000). La digestibilidad del pasto se obtuvo estimando la del ensilado con la fórmula siguiente:

$$DMS \text{ del pasto} = \frac{(DMS_T) - (DMS_{Ca}) \text{ (aporte de MS caña)}}{\text{Aporte de MS pasto}}$$

Donde: DMS=Digestibilidad de la materia seca, %; DMS_T=Digestibilidad de la materia seca total, %; DMS_{Ca}=Digestibilidad de la materia seca de la caña, %.



Elaboración del ensilado. Para tal propósito, la caña de azúcar entera (tallo más "cogollo"), se molió en una picadora estacionaria, se utilizó caña madura (variedad Méx 83-510), con una concentración de azúcares promedio de 23 °Brix, a esta se le agregó posteriormente maíz molido (*Zea mays* L.), urea granulada, sales minerales y sulfato de amonio (Cuadro 1), para ensilarse se utilizaron bolsas de plástico con capacidad de 50 kg, el ensilado fue envasado, comprimido manualmente y se extrajo el aire con una aspiradora, a fin de obtener un ambiente anaerobio tal como lo recomienda Molina *et al.* (1997). Se tomaron cinco muestras de diferentes bolsas del complemento preparado, el día de su elaboración y 30 días después se tomaron otras cinco al azar, se secaron en una estufa de aire forzado a 100 °C durante 24 horas, para ajustar los datos a materia seca y posteriormente determinar su composición química.

Cuadro 1. Composición porcentual del ensilado de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Ingrediente	Cantidad (%)
Caña de azúcar	88.35
Maíz	10
Urea	1.1
Sales minerales	0.5
Sulfato de amonio	0.05

da con los consumos de ensilado de pastos tropicales almacenados en bolsas de plástico (González y Rodríguez, 2003) y superior a los 7 kg de consumo máximo obtenido utilizando caña integral y saccharina (Cano *et al.*, 2003).

En cuanto al consumo de pasto no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, el consumo total de materia seca (MS) fue significativo ($P < 0.05$) entre tratamientos, obteniendo el mayor consumo el tratamiento tres con 15 g de enzima. Estos consumos fueron superiores a los reportados utilizando caña integral y saccharina (Cano *et al.*, 2003; Gómez-Vázquez *et al.*, 2003), además puede observarse un efecto complementario entre el ensilado y el pasto, debido a que no se sustituye el consumo de uno por el otro.

Diseño experimental

Todas las variables de respuesta se evaluaron por medio de un Diseño Completamente al Azar, se realizó el ANOVA y la comparación múltiple de medias por Tukey. Todos los datos fueron analizados por medio de SAS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el consumo del ensilado de caña de azúcar (Cuadro 2) no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. Dicho consumo de ECA fue similar a lo reportado por Loemba y Molina (1995) usando caña de azúcar integral y saccharina rústica. Gómez-Vázquez *et al.* (2003) registraron resultados similares en el consumo de MS del ensilado de caña de azúcar, usando 30 g animal-1 día-1 de Fibrozyme. Lo anterior también concuer-

En la digestibilidad *in vivo* de la MS, se observó una diferencia significativa ($P < 0.05$), con un valor de 68.88a comparado con el testigo, tratamiento uno, dos y cuatro (63.44^b, 63.77^b y 66.71^{ab}, respectivamente) el cual fue mayor para el tratamiento tres con 15 g de enzima y además puede apreciarse un mayor consumo de MS digestible para este tratamiento; sin embargo, el tratamiento con 30 g de enzima disminuyó la digestibilidad *in vivo* y el consumo de MS digestible. Lo anterior puede deberse a que niveles enzimáticos mayores pueden ser menos efectivos que niveles enzimáticos menores (Beauchemin *et al.*, 2003), debido a que una dosis moderada puede causar un rompimiento benéfico de la estructura superficial de los alimentos (paredes celulares, cutículas, etcétera). Sin embargo, cuando niveles enzimáticos excesivos son adicionados dicho rompimiento de la estructura

Cuadro 2. Consumo de nutrientes por los toretes experimentales.

Consumo en kg MS día ⁻¹	TP	TP+ECA	TP+ECA+15gF	TP+ECA+30gF	EE	P<0.05
ECA	0	4.83	4.85	4.47	0.34	NS
Pasto	11.56	9.78	12.46	10.87	2.32	NS
Total	11.36 ^b	14.68 ^{ab}	17.09 ^a	15.25 ^{ab}	2.32	*
DIGIVMS	63.44 ^b	63.77 ^b	68.88 ^a	66.71 ^{ab}	1.47	*
CMSDIG(kg)	7.24 ^d	9.38 ^c	11.70 ^a	10.15 ^b	0.2	*

TP=Testigo pastoreo, TP+ECA=Pastoreo+Ensilado de caña, TP+ECA 15gF=Pastoreo+Ensilado de caña+15g de Fibrozyme, TP+ECA+30g F=pastoreo+Ensilado de caña+30g de Fibrozyme, ECA=Ensilado de caña de Azúcar, DIGIVMS=Digestibilidad *in vivo* de la materia seca, CMSDIG=Consumo de materia seca digestible, EE=Error estándar, *=significativo con $P < 0.05$ y NS=No significativo. a, ab, b, c, d=Literales diferentes en la misma fila son significativos con $P < 0.05$.

superficial puede disminuir, debido a que el exceso de enzimas exógenas unidas al alimento puede restringir la unión de microorganismos endógenos, limitando de esta manera la digestión del alimento (Beauchemin *et al.*, 2003). De igual forma se menciona que al usar dosis enzimáticas inadecuadas puede romper el equilibrio del ecosistema ruminal, afectando el crecimiento de los microorganismos ruminales y limitando así la digestión del alimento e indirectamente el consumo de nutrientes (Pedroso *et al.*, 2005).

Debido a la gran interacción de microorganismos que existe en el ecosistema ruminal, se puede afectar positiva ó negativamente la degradación de carbohidratos estructurales, de acuerdo a esto, se ha encontrado que la digestión de la celulosa se incrementa cuando los hongos son cultivados con bacterias metanogénicas, o utilizadoras de lactato (Obispo y Dehority 1998). En contraste, la inhibición de la celulólisis ocurre en cocultivos con las bacterias celulolíticas *Rurninococcus albus* y *Rurninococcus flavefaciens*, las cuales interfieren por medio de una proteína extracelular termolábil que poseen con la celulólisis causada por *Neocallimastix frontalis* (Obispo y Dehority 1998), por lo que se deduce que al interferir con el ecosistema ruminal se pueden obtener efectos negativos ó positivos sobre la digestión del alimento, dependiendo de la dosis, tipo de enzima utilizada, forma de asignar la enzima y el tipo de alimento utilizado (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003).

Se observó diferencia significativa ($P<0.05$) en la ganancia diaria de peso de los toretes (Cuadro 3), utilizando ensilado de caña de azúcar más un kg de alimento concentrado, adicionado con un complejo enzimático fibrolítico. Estos resultados difieren con los publicados por Gómez-Vázquez *et al.* (2003): sin embargo, en contraste con las ganancias obtenidas en este experimento con 30 g de enzima, difieren, probablemente a la fuente de nutrientes que otorgaron directamente en el concentrado, además la dosis y tipo de enzima depende estrictamente del sustrato (Buendía *et al.*, 2003) y al ensilar la

caña el tipo de sustrato se modifica, en relación con la caña fresca, debido a los nuevos metabolitos formados por los microorganismos anaerobios (lactato, amoniaco, ácidos grasos volátiles y proteína bacteriana), a diferencia de la sacarina que se obtiene al fermentar la caña de azúcar en forma aeróbica y esto puede intervenir en el buen funcionamiento del complejo enzimático (Cano *et al.*, 2003).

Las ganancias de peso en los tratamientos con 15 y 30 g de enzimas fueron mayores a las reportadas utilizando caña y fibrozyme (González y Rodríguez, 2003) de 297 g día⁻¹ la mínima y de 584 g día⁻¹ la máxima, sin encontrar diferencias entre tratamientos (Cano *et al.*, 2003). Sin embargo, debido probablemente a la doble asignación enzimática en este experimento, se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($P<0.05$). La mayor GDP de los animales experimentales fué para el tratamiento con 15 g de enzima. Lo cual se relaciona con un aumento en el consumo y la digestibilidad total de los nutrientes (Cuadro 2 y 3), se observó que para el tratamiento con 30 g disminuyó el consumo total (1.83 kg MS animal⁻¹ día⁻¹), la digestibilidad (2%) y el consumo de MS digestible (1.55 kg MS animal⁻¹ día⁻¹) comparado con el tratamiento con 15 g de enzimas, debido a lo anterior puede deducirse la disminución de su GDP, los animales que recibieron enzimas utilizaron mas eficientemente los nutrientes, por lo que también se observó una mejor conversión alimenticia (Cuadro 3). La mayor productividad de los toretes que recibieron 15 g de enzima, puede deberse a una mayor disponibilidad de nutrientes que se obtienen al ensilar la caña, como resultado de las bacterias fermentadoras (Umaña *et al.*, 1999), entre ellos la conversión del nitrógeno no proteico proveniente de la urea en proteína verdadera (proteína bacteriana), ya que este tipo de ensilados alcanzan entre 75 y 88% de proteína verdadera, con gran incremento en la cantidad de levaduras (Molina *et al.*, 1997), mayor producción de ácidos grasos volátiles, producción de aminoácidos sulfurados y una mayor cantidad de MS y carbohidratos fácilmente asimilables (Molina *et al.*, 1999).

Cuadro 3 Respuesta productiva de toretes complementados con ensilado de caña (*Saccharum* spp.) y un complejo enzimático fibrolítico.

Variabes	TP	TP+ECA	TP+ECA+15gF	TP+ECA+30gF	EE	P<0.05
GDP	395.17 ^b	457.60 ^{ab}	703.76 ^a	621.21 ^{ab}	64.8	*
CA	29 ^a	31.90 ^a	24.24 ^b	24.54 ^b	1.1	*

GDP=Ganancia diaria de peso, CA=Conversión alimenticia, TP=Testigo pastoreo TP+ECA=Pastoreo+ensilado de caña, TP+ECA+15gF=Pastoreo+ensilado de caña+15 g de Fibrozyme, TP+ECA+30gF=Pastoreo+ensilado de caña+30g de Fibrozyme, *=Significancia con $P<0.05$ y EE=Error estándar.



Además de tener un incremento en la actividad de bacterias celulolíticas (Stuart y Fundora, 1994) bacterias lácticas y levaduras (Molina *et al.*, 1999), con lo que puede lograrse un aumento en el contenido de proteína verdadera y compuestos nitrogenados en el ensilado, los cuales, al ser consumidos por los rumiantes pueden aumentar la disponibilidad de nitrógeno amoniacal en el rumen. Lo anterior es utilizado por los microorganismos ruminales para aumentar la síntesis microbiana y tener una mayor disponibilidad y flujo de aminoácidos en el duodeno del bovino (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003; Nsereko *et al.*, 2002). Así también una dosis moderada y el mantenimiento de un nivel adecuado de enzimas en el rumen (Nsereko *et al.*, 2002) permite la adhesión de los microorganismos endógenos por medio de sus enzimas y puede contribuir de este modo a una buena digestión del alimento, sin modificar el patrón de funcionamiento y crecimiento de los microorganismos ruminales (Nsereko *et al.*, 2002; Obispo *et al.*, 1998), por lo que, no se interrumpe el consumo de nutrientes y la ganancia diaria de peso en los animales.

CONCLUSIÓN

El uso de enzimas fibrolíticas en ensilado de caña de azúcar incrementó la digestibilidad, mejoró el consumo, la ganancia de peso, y la conversión alimenticia en toretes pastoreando Estrella Africana. Se recomienda usar las enzimas fibrolíticas en el ensilado de caña de azúcar, ya que mejora la disponibilidad de la fibra y dicho ensilado es de gran importancia para las épocas de estiaje en la producción de bovinos de carne en el trópico húmedo de México.

LITERATURA CITADA

- Beauchemin K.A., Colombatto D., Morgavi P.D., Yang Z.W. 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. [Abstract]. *Journal of Animal Science* 81: E37 - E47.
- Beauchemin K.A., Rode L.M., Maekawa M M., Morgavi D.P., Kampen R. 2000. Evaluation of a nonstarch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 83: 543-553.
- Beauchemin K.A., Rode L.M., Sewalt V.J. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Canadian Journal of Animal Science* 75: 641-644.
- Buendía R.G., Mendoza M.G.D., Bárcena G.R., Ortega C.M.E., Solís H.J., Lara B.A. 2003. Efecto de la glucoamilasa de *Aspergillus niger* en la digestibilidad *in vitro* de maíz y sorgo, y en la productividad de borregos. *Agrociencia* 37: 317-322.
- Cabrera E.J.I., Mendoza M.G.D., Aranda I.E., Garcia-Bojalil C., Barcena G.R., Ramos J.J. 2000. *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing sters grazing tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology* 83: 49-55.
- Cano A.L., Aranda I.E.M., Mendoza M.G.D., Pérez P.J., Ramos J.J.A. 2003. Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Técnica Pecuaria en México*. 41: 153-164.
- Church D.C., Pond G.W., Pond R.K. 2000. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa. 2da. Ed. pp: 25-75.
- García E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. pp. 46-52.
- Geerken C.M., Calzadilla D., R. González. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes* 10: 266-273.
- Gómez-Vázquez A., Pérez P.J., Mendoza M.G.D., Aranda E., Hernández A. 2003. Fibrolytic enzymes improve performance in steers fed sugarcane and stargrass. *Livestock Production Science* 82: 249-254.
- González G., Rodriguez A.A. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science* 86: 926-933.
- Keulen J.V., Young B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.
- Kung L.Jr., Treacher R.J., Nauman G.A., Smagala A.M., Endres K.M., Cohen M.A. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 115-122.
- Loemba A.R., Molina A. 1995. Nota sobre el comportamiento de terneros y añejos alimentados a base de caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 29: 319-323.
- Molina A.S., Febles I., Sierra J.F. 1997. Ensilaje de caña de azúcar con síntesis proteica. Formulación de los aditivos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 31: 271-274.
- Molina A.S., Sierra J.F., Febles I. 1999. Ensilaje de caña de azúcar con síntesis proteica. Efectos combinados del aditivo y la densidad. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 33: 215-218.
- Monroy O., Torres F., Viniegra G. 1980. Perspectives on the integration of livestock production and the small scale sugar industry. *Tropical Animal Production* 5: 96-106.
- Nsereko V.L., Beauchemin K.A., Morgavi D.P., Rode L.M., Furtado F.A., McAllister T.A., Iwaasa D.A., Yang W.Z., Wang Y. 2002. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibrachiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. *Canadian Journal of Microbiology* 48: 14-20.
- Obispo N.E., Dehority B.A. 1998. Efecto de la frecuencia de alimentación sobre el número de los hongos del rumen en ovinos. *Zootecnia Tropical* 16:229-240.
- Pedroso de F.A., Nussioll G.L., Pazianill de F.S., Loures R.S.D., Igarasi S.M., Coelho M.R. 2005. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agrícola* 62: 427-432.
- SAS. 1985. Statistical Analysis System Institute Inc. User's Guide: Statistics. Version 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schingoethe D.J., Stegeman G.A., Treacher R.J. 1999. Response of lactating dairy cows to a cellulase and xylanase enzyme mixture applied to forages at the time of feeding. *Journal of Dairy Science* 82: 996-1003.
- Schingoethe J.D, Stegeman A.G., Treacher J.R., 1999. Response of lactating dairy cows to a cellulose and xylanase enzyme

- mixture applied to forages at the time of feeding. Journal of Dairy Science 82: 996-1003.
- Sheperd A.C., Kung L.Jr. 1996. Effects of an enzyme additive on composition of corn silage ensiled at various stages of maturity. Journal of Dairy Science 19: 1767-1773.
- Stuart J.R., Fundora O. 1994. Utilización de residuos de la cosecha de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes. Revista Cubana de Ciencia. Agrícola 28: 1- 10.
- Umaña R., Staples R.C., Bates B.D., Wilcox J.C., Mahanna C.W. 1999. Effects of a microbial inoculant and sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. Journal of Animal Science 69: 4588-4601.
- Williams C.H., David D.J., Lismaa O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic spectrophotometry. Journal of Agricultural Science 59: 381-385.
- Yescas Y.R., Bárcena G.R., Mendoza M.G., González M.S., Cobos P.M., Ortega C.M. 2004. Digestibilidad *in situ* dietas con rastrojo de maíz ó paja de avena con enzimas fibrolíticas. Agrociencia 38: 23-31.

