

# Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas

## Performance of steers grazing bigalta grass supplemented with sugar cane and fibrolytic enzymes

Leonel Cano Asencio<sup>a</sup>, Emilio M. Aranda Ibáñez<sup>b</sup>, Germán D. Mendoza Martínez<sup>a</sup>, Jorge Pérez Pérez<sup>a</sup>, Jesús A. Ramos Juárez<sup>b</sup>

### RESUMEN

Se evaluó la caña de azúcar con diferentes tratamientos como forraje suplementario a bovinos en pastoreo con predominancia de pasto bigalta. Se utilizaron 32 toretes, con peso vivo inicial de  $220 \pm 63$  kg. Los tratamientos estudiados fueron: 1) Testigo, que consistió en pastoreo + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>; 2) Pastoreo + saccharina + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>; 3) Pastoreo + caña de azúcar integral + urea (1.5 % base húmeda) + 1.0 kg de concentrado + 15 g de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme) animal día<sup>-1</sup>; 4) Pastoreo + caña de azúcar integral + urea (1.5 % base húmeda) + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>. El grupo testigo permaneció en la pradera, mientras que los demás se alojaron en corraletas individuales de 0700 a 1500, donde se cuantificó el consumo de suplemento, saccharina y caña integral. No hubo diferencias en consumo de pasto y consumo total, entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), ni en digestibilidad para los tratamientos que consumieron caña. El consumo de materia seca de caña de azúcar como saccharina fue 1.04, 1.13 con enzima y 1.07 kg d<sup>-1</sup> sin enzima. La ganancia de peso no fue diferente entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) siendo de 566 g animal día<sup>-1</sup> para el testigo, 580 g animal día<sup>-1</sup> con saccharina, 584 y 559 g animal día<sup>-1</sup> para la caña de azúcar con o sin enzima, respectivamente. El uso de caña de azúcar procesada como saccharina, o con la adición de urea con o sin enzimas fibrolíticas, no mejoró el comportamiento productivo de toretes en pastoreo.

**PALABRAS CLAVE:** Pastoreo, Caña de azúcar, Saccharina, Enzimas fibrolíticas, Toretos, Consumo, Ganancia de peso.

### ABSTRACT

Sugar cane as complementary forage to steers grazing bigalta grass was evaluated in different treatments. Thirty two steers (initial BW  $220 \pm 63$  kg) were used. Treatments were 1) Control, grazing + 1.0 kg concentrate animal day<sup>-1</sup> 2) grazing + 1.0 kg concentrate animal day<sup>-1</sup> + saccharine, 3) grazing + 1.0 kg concentrate animal day<sup>-1</sup> + whole sugarcane + urea (1.5% humid base) + fibrolytic enzymes (Fibrozyme) 15 g animal day<sup>-1</sup> and 4) grazing + 1.0 kg concentrate animal day<sup>-1</sup> + whole sugarcane + urea (1.5% humid base). Steers receiving dietary supplements were housed in individual pens daily from 0700 to 1500, to determine individual feed intake, whereas animals in the control group remained in the paddock. No differences in forage DM intake and total DM intake between treatments were observed ( $P > 0.05$ ), nor in digestibility between treatments including sugar cane. Intake of sugar cane processed as saccharine was 1.04 kg day<sup>-1</sup>, being 1.13 kg and 1.07 for sugar cane with or without fibrolytic enzymes. Average daily gain was similar among treatments ( $P > 0.05$ ), with 566 g d<sup>-1</sup> in control group, 580 g day<sup>-1</sup> saccharine, and 584 and 559 g day<sup>-1</sup> for sugar cane with or without enzyme. Sugar cane processed as saccharine or treated with urea with or without fibrolytic enzymes did not improve steers' performance in grazing conditions.

**KEY WORDS:** Grazing, Sugar cane, Saccharine, Fibrolytic enzymes, Steers, Intake, Live weight gain.

### INTRODUCCIÓN

Las regiones del trópico húmedo de México, comprenden parte de 16 estados, y cubren una

### INTRODUCTION

Tropics in Mexico comprise 16 States in whole or in part, covering an area of some 24 million hectares,

Recibido el 10 de julio de 2001 y aceptado para su publicación el 12 de noviembre de 2002.

a Colegio de Postgraduados. Especialidad de Ganadería IREGEP Montecillo, Edo. de México. Tel. 2-02-00 ext. 1708 y 1716. Fax (595) 2-02-79 gmendoza@colpos.mx. Correspondencia y solicitud de separatas al primer autor.

b Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco.

superficie de 24 millones de hectáreas, equivalente al 12 % de la superficie total del país. La alimentación del ganado en estas regiones está basada en pastoreo; la producción de forraje de las praderas es variable, ya que está influenciada por la temperatura, precipitación y radiación solar, que ocasionan excedentes de producción en la época de lluvias y deficiencias durante las de nortes y secas, que afectan la producción animal<sup>(1)</sup>.

La caña de azúcar representa una alternativa viable para contrarrestar la escasez de forraje por la cantidad de materia seca que produce y los carbohidratos solubles que acumula con la edad. En países con áreas tropicales y subtropicales, la caña de azúcar se usa como forraje complementario para incrementar la productividad por superficie, o para cubrir las deficiencias del forraje en épocas críticas<sup>(2)</sup>, pero por la lenta digestión y velocidad de tránsito de la fibra, su uso es limitado en la alimentación de rumiantes<sup>(3)</sup>, lo cual explica el bajo consumo<sup>(4)</sup>, aún cuando se ofrece *ad libitum*.

Los métodos físicos y químicos que se han desarrollado, mejoran la digestibilidad al separar el complejo celulosa-lignina, por extracción o descomposición; sin embargo, la aplicación de estos métodos no es recomendable debido a los costos y, en el caso de los tratamientos químicos, al riesgo de corrosión, toxicidad y contaminación ambiental. Ante esta situación, la biotecnología ha permitido obtener una gran cantidad de productos, entre ellos las enzimas fibrolíticas, que podrían utilizarse para mejorar la digestibilidad de la fibra de la caña de azúcar.

Otra alternativa para mejorar la calidad de la caña de azúcar es procesarla en forma de saccharina<sup>(5)</sup>, lo que permite aumentar los compuestos nitrogenados proteínicos, debido al incremento de biomasa microbiana. La saccharina puede elaborarse de manera rústica o en forma industrial, con tallo de caña molido sin extraerle el jugo, adicionado con una mezcla de urea y sales minerales en proporciones de 1.5 y 0.5 % en base fresca, respectivamente.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar diferentes alternativas de uso de la caña de azúcar,

some 12 % of the total land mass. Livestock feeding in this area is based on grazing. Forage production in pastures shows variations due to temperature, rainfall and solar radiation, and shows a surplus in the rainy season and shortages during nortes and the dry season which impact animal production<sup>(1)</sup>.

Sugarcane represents a possibility to offset forage scarcity because of the amount of dry matter produced and the soluble carbohydrates accumulated over time by this plant. In many countries with tropical and subtropical areas, sugarcane is used as complementary forage, to increase production per area or to fill a forage void in critical periods<sup>(2)</sup>. Because of the fiber slow digestion and progress in the digestive tract, its use is limited in the case of ruminants<sup>(3)</sup>, which helps explain its reduced intake<sup>(4)</sup>, even when offered *ad libitum*.

Some physical and chemical methods have been developed to improve digestibility by breaking up the cellulose-lignin complex, through extraction or decomposition. However, these methods cannot be recommended in every situation, because of their high cost and in the case of chemical treatments, owing to risks of corrosion, toxicity and pollution. Biotechnology has provided some answers, like the fibrolytic enzymes, which could help to improve sugarcane digestibility. Another alternative to improve sugarcane quality could be to process it into saccharina<sup>(5)</sup>, which could improve the amount of nitrogen (protein) content owing to an increase of microbial biomass. Saccharina can be manufactured by rural or industrial methods, with chopped sugarcane, from which the juices have not been extracted, added with urea 1.0 % and minerals 0.5 %, fresh matter base.

Therefore, the objective of the present study was to evaluate several alternatives of sugarcane use as a forage complement to grazing livestock, as saccharina or as whole sugarcane added with urea and exogenous fibrolytic enzymes.

## MATERIALS AND METHODS

This research was carried out between May and August 2000, between the end of the dry season

como forraje complementario para animales en pastoreo, procesada como saccharina o en forma integral adicionada con urea y enzimas fibrolíticas exógenas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de mayo a agosto del año 2000 que comprende la parte final de la época de sequía y el período de lluvias, en el rancho El Pigüero, localizado en el municipio de Cárdenas, Tabasco (17° 59' 22" Norte y 99° 24' 19" Oeste), a 20 msnm; el clima es cálido húmedo con lluvias en verano (Am (f) (i) gw)<sup>(6)</sup>. La temperatura media, la precipitación anual y la humedad relativa media anual son de 26.2 °C, 1,870 mm y 80 %, respectivamente.

Se utilizaron 32 toretes cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*), con peso vivo inicial promedio de 220 ± 63 kg, asignados a cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones. Al inicio del experimento los toretes se identificaron con números en la piel; se les desparasitó internamente con Ripercol (Clorhidrato de levamisol 12 %) y externamente con Asuntol (Caumaphos 20 %), cada 15 días, para controlar la incidencia de moscas.

La caña de azúcar integral (tallos más cogollo) fue molida en una picadora estacionaria, se le adicionó urea disuelta en agua a razón del 1.5 % en base fresca. La saccharina se elaboró con tallos de caña de azúcar, libres de hojas y paja, los cuales fueron picados sin extraer el jugo, en un molino de forraje estacionario. La urea y minerales de una fórmula comercial Minelap fos 12 (13 % Ca, 12 % P, 15.6 % Cl, 10.4 % Na, 0.6 % Mg, 0.3 % S, 0.3 % Fe, 0.12 % Zn, 0.12 % Mn, 0.03 % Cu, 50 ppm Co, 30 ppm I, 3.0 ppm Se) se mezclaron, previamente, en una proporción de 15 y 5 kg t<sup>-1</sup> de caña molida en base húmeda; posteriormente, la caña se extendió en una superficie de concreto, libre de los rayos solares, con un espesor de 5 cm, para facilitar la aireación y se dejó reposar por 20 h, para promover un crecimiento de microorganismos aeróbicos (levaduras), hasta que se le ofreció a los animales.

and the rainy season at the rancho "El Pigüero", Municipality of Cárdenas, State of Tabasco, Mexico (17° 59' N, 99° 24' W), at an altitude of 20 m above sea level, climate being hot humid with summer rainfall (Am (f) (i) gw)<sup>(6)</sup>. Average annual rainfall, temperature and humidity being 1,870 mm, 26.2 °C and 80 %, respectively.

Thirty two crossbred steers (*Bos taurus* x *Bos indicus*) with a 220 ± 63 kg live weight average were distributed in four treatments of a completely randomized design with eight replications. Steers were identified at the beginning of the experiment with numbers, and treated with Ripercol (Levamisole chlorhydrate 12 %). Also, they were sprayed every 15 d for external parasites with Asuntol (Cumaphos 20 %), to control flies.

Whole sugarcane was chopped in a fixed crusher, urea dissolved in water was added at 1.5 % of fresh base. Saccharina was prepared with sugarcane stems, crushed in a fixed forage mill, free of leaves and other residues, to which no juice was extracted, and added with a minerals and urea mixture. Urea and the minerals (a commercial formula, Minelap 12, made up by 13 % Ca, 12 % P, 15.6 % Cl, 10.4 % Na, 0.6 % Mg, 0.3 % S, 0.3 % Fe, 0.12 % Zn, 0.12 % Mn, 0.03 % Cu, 50 ppm Co, 30 ppm I and 3 ppm Se, was used) were mixed previously with the chopped sugarcane in a proportion of 15 and 5 kg t<sup>-1</sup> humid base, respectively. This sugarcane, urea and minerals mixture was spread in a concrete floor in the shade, in a 5 cm layer to facilitate airing for 20 h to promote yeast growth and then was fed to the cattle.

The following treatments were considered: 1) Control (grazing + 1.0 kg concentrate day<sup>-1</sup>); 2) Grazing + saccharina + 1.0 kg concentrate day<sup>-1</sup>; 3) Grazing + whole sugarcane + urea (1.5 % humid base) + 1.0 kg concentrate day<sup>-1</sup> + 15 g fibrolytic enzymes (Fibrozyme) animal day<sup>-1</sup>; 4) Grazing + whole sugarcane + urea (1.5 % humid base) + 1.0 kg grain concentrate day<sup>-1</sup> (rice bran 10.0 %, poultry manure 50.0 %, molasses 20.0 % blood meal 10.0 % and meat meal 10.0 %).

Eight paddocks, totaling 4 ha, enclosed with electric fences and with a pasture in which bigalta grass

Los tratamientos estudiados fueron: 1) Testigo, que consistió en pastoreo + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>; 2) Pastoreo + saccharina + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>; 3) Pastoreo + caña de azúcar integral + urea (1.5 % base húmeda) + 1.0 kg de concentrado + 15 g de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme) animal día<sup>-1</sup>; 4) Pastoreo + caña de azúcar integral + urea (1.5 % base húmeda) + 1.0 kg de concentrado animal día<sup>-1</sup>, basado en pulido de arroz 10.0 %, melaza 20.0 %, pollinaza 50.0 %, harina de sangre 10.0 % y harina de carne 10.0 %.

Se utilizaron ocho potreros con una superficie total de 4 ha, delimitados con cerco eléctrico, con dominancia de pasto bigalta (*Hemarthria altissima*) y estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*). Los toretes diariamente se llevaron al corral a las 0700 horas, donde individualmente se les ofreció alimento concentrado. Los toretes del tratamiento testigo fueron regresados a la pradera una hora más tarde, mientras que los demás permanecieron en corraletas individuales, hasta las 1500 horas, donde se ofreció la caña de acuerdo a los tratamientos; la enzima fue ofrecida mezclada con el alimento concentrado. El porcentaje de urea se manejó en base al peso de la caña fresca. Cada torete recibió 40 g día<sup>-1</sup> de minerales (Minelap 12). Los días de ocupación de la pradera variaron de 4 a 6, dependiendo de la disponibilidad de forraje.

En el día 90 de iniciado el experimento, los toretes recibieron por vía oral una dosis de 5 g d<sup>-1</sup> de óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), por un período de 14 días, para estimar digestibilidad y consumo del forraje<sup>(7)</sup>. El muestreo de las heces se realizó en los últimos cinco días y las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 55 °C, hasta peso constante, posteriormente se molieron en un molino Willey, malla 1.0 mm para análisis posteriores.

A las muestras de pasto (tallos, hojas, material muerto y planta completa), caña de azúcar integral, saccharina (caña enriquecida), suplemento y heces, se les realizaron las siguientes determinaciones: materia seca en una estufa calibrada a 105 °C, por 24 h; fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) con los procedimientos de Van Soest<sup>(8)</sup>, el contenido

(*Hemarthria altissima*) and African stargrass (*Cynodon plectostachyus*) predominated were used. Every day the steers were taken to a pen for each individual at 0700, where concentrate was provided. The control group was returned to the pasture one hour later and the individuals belonging to the other treatments were kept in their pens till 1500. Sugarcane was provided in accordance with each treatment and the enzyme was provided mixed with the concentrate.

Urea was provided in relation to fresh sugarcane weight. Each steer was given 40 g day<sup>-1</sup> of the minerals formula. Animals were kept on the same paddock between four and six days according to forage availability.

Starting on d 90, all the steers were dosed orally with 5 g d<sup>-1</sup> chromium oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) for 14 d, to estimate digestibility and forage intake<sup>(7)</sup>. Faeces sampling was carried out in the last five days. Samples were dried in a forced air stove at 55 °C till constant weight, and subsequently ground in a Willey mill (1.0 mm sieve) for further analyses.

Grass samples (stems, leaves, dead material and whole plant), whole sugarcane samples, saccharina, supplement and faeces were subject to the following analyses: Dry matter at 105 °C for 24 h in a calibrated stove. Neutral detergent fiber (FDN) and Acid detergent fiber (FDA), with the Van Soest procedure<sup>(8)</sup>. Nitrogen content with microkjeldahl<sup>(9)</sup>. Faeces compound samples were analyzed for chromium as an external marker by atomic absorption<sup>(10)</sup>. In faeces, grass, sugarcane, saccharina and supplement, acid insoluble ash, as an internal marker (CIA) was determined<sup>(11)</sup>.

Sugarcane and supplement intake was determined through difference between amount provided and refused. Data was collected daily for each steer during the experiment. Grass intake was estimated with the two markers technique and acid insoluble ash excretion<sup>(11)</sup>. *In situ* digestibility of Bigalta grass, supplement, whole sugarcane and saccharina, was determined with fistulated steers, in samples dried at 60 °C, grounded and incubated in nylon bags for 48 h<sup>(12)</sup>. Total dry matter digestibility was estimated in accordance with Church's formula<sup>(13)</sup>.

de nitrógeno total se determinó por microkjeldahl<sup>(9)</sup>. A las muestras compuestas de heces se les determinó cromo como marcador externo, mediante absorción atómica<sup>(10)</sup> y a las muestras de heces, pasto, caña, saccharina y suplemento se les determinaron cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno<sup>(11)</sup>.

El consumo de suplemento y caña se cuantificó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado por los toretes. Los datos se registraron diariamente de manera individual, durante todo el periodo experimental, mientras que el consumo de pasto se estimó por la técnica de dos marcadores y por la excreción de cenizas insolubles en ácido<sup>(11)</sup>.

Para conocer la digestibilidad *in situ* del pasto bigalta y de sus componentes, del alimento, caña integral y saccharina, se tomaron muestras, se secaron a 60 °C, se molieron, se colocaron en bolsas de nylon y se incubaron por 48 h en toros fistulados<sup>(12)</sup>. La digestibilidad total de la materia seca consumida se calculó según la fórmula propuesta por Church<sup>(13)</sup>.

El peso vivo inicial fue el promedio obtenido durante tres días consecutivos, con animales en ayuno por 12 h; de igual forma se realizaron pesajes a los 35, 74 y 109 días por las mañanas. Los

Initial live weight was estimated using a three consecutive days average; animals were weighted after a 12 h fast, on d 35, 74 and 109 in the morning. Results were analyzed as a completely randomized design<sup>(14)</sup> and initial weight was used as a co-variable for daily intake and weight gain. Data were analyzed with the GLM procedure of the SAS (statistical software package), and means were compared with the Tukey's procedure<sup>(15)</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Grass availability and nutritional value*

Pasture components can be appreciated in Figure 1. Stem percentage changed from 79.3 % in June to 68.4 % in August, while that of leaf remained constant in the first three sampling dates, while in the last (August), increased by 18.6 %. Stem percentage increased slightly, from 70.8 % to 81.6 % between the first and the fifth occupancy day in each paddock (Figure 2), while that of leaf showed quite the opposite, showing a 6 % level in the fifth day, equivalent to a 70.4 % reduction for the same timeframe. Dead material increased slightly between the third and the fifth day of occupancy.

Figura 1. Componentes de tallo, hoja y material muerto de pasto bigalta, evaluado en cuatro etapas de muestreo

Figure 1. Stem, leaf and dead material components of bigalta grass, assessed in four different sampling stages

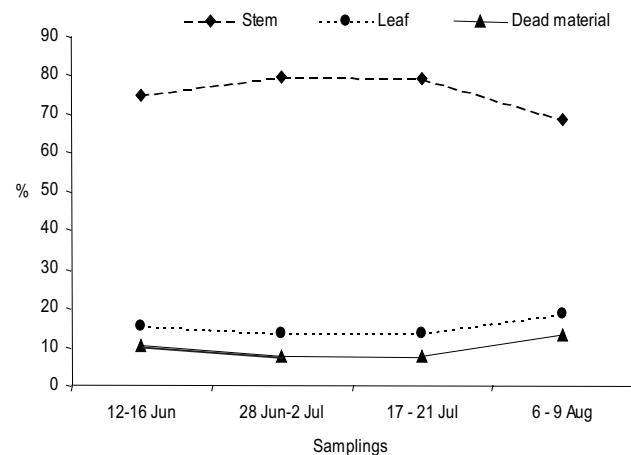
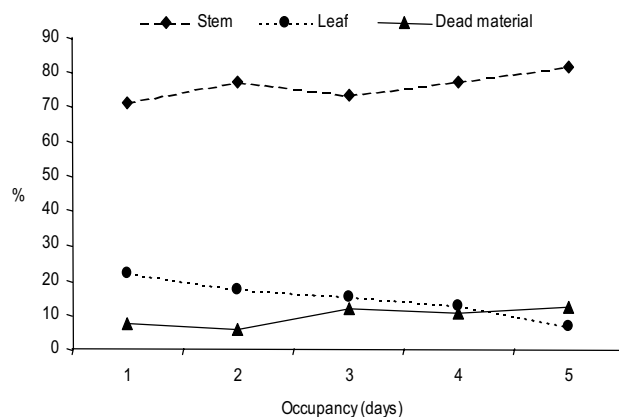


Figura 2. Variación de tallo, hoja y material muerto de pasto bigalta, por día de ocupación de la pradera por toretes

Figure 2. Changes in stem, leaf and dead material composition in bigalta grass per day of occupancy in pasture paddocks



resultados se analizaron de acuerdo a un diseño matemático completamente al azar<sup>(14)</sup> y se usó el peso inicial como covariable para consumo y ganancia diaria de peso. El análisis se realizó con el procedimiento GLM del SAS, y la comparación de medias se realizó por Tukey<sup>(15)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Disponibilidad y valor nutrimental del pasto*

Los componentes de la pradera se muestran en la Figura 1. Se observa que el tallo varió de 79.3 % en junio a 68.4 % en agosto, mientras que la hoja se mantuvo uniforme en los primeros tres periodos de muestreo, con valores cercanos a 13 %, pero en el último muestreo realizado en agosto, se incrementó a 18.6 %. El porcentaje de tallo aumentó ligeramente, pasando de 70.8 a 81.6 % entre el primer y quinto día de ocupación (Figura 2), mientras que la hoja se comportó de manera inversa al tallo, con un nivel de 6 % en el quinto día, que equivale a una disminución de 70.4 % en el mismo periodo. El material muerto se incrementó ligeramente entre el tercer y quinto día de ocupación.

En el Cuadro 1 se observa que la hoja del pasto bigalta tiene mayor valor nutrimental y el material muerto el menor valor. Es importante señalar que el tallo del pasto bigalta presenta valor de digestibilidad mayor a otros pastos tropicales<sup>(24)</sup> a pesar de tener un bajo nivel proteínico. La digestibilidad total de la materia seca fue mayor (78.4 %) en el tratamiento sólo pastoreo, en

Bigalta grass leaf had the highest nutritional value and dead material the lowest (Table 1). It should be worth mentioning that Bigalta grass stems show a greater digestibility than other tropical grasses<sup>(24)</sup> even though its low protein contents. Total dry matter digestibility was higher in the control treatment (78.4 %), when compared to those in which sugarcane was provided ( $P < 0.05$ ); these results contrast with those obtained by Aranda<sup>(16)</sup> who didn't find any differences when 0, 1, 2 and 3 % fresh sugarcane on a live weight basis was added to the diet of animals grazing African stargrass *ad libitum*, probably due to a greater digestibility.

Fibrolytic enzymes did not increase dry matter digestibility, however, *in vitro* studies<sup>(16)</sup> show 3.8 % increases in sugarcane digestibility. In temperate grasses when these enzymes are used, higher digestibility values have been obtained<sup>(17)</sup>.

Another possibility could be that a higher fibrolytic enzyme dose should be administered more frequently in tropical forages. Studies carried out with these enzymes<sup>(18,19)</sup> did not show changes in dry matter intake, but increased milk production. This result suggests that these additives could modify the fermentation pattern or perhaps microbial protein synthesis. Microbiological research<sup>(16)</sup> showed greater microbial development when fibrolytic enzymes were added to sugarcane *in vitro* cultures.

### *Intake*

Supplement intake was significantly greater in the saccharina and sugarcane without enzymes

Cuadro 1. Composición y digestibilidad *in situ* de los componentes de pasto bigalta, pastoreado por toretes (%)

Table 1. *In situ* digestibility and composition of bigalta grass grazed by steers (%)

	Stem	Leaf	Dead material	Total plant	Standard error
NDF	71.04 <sup>a</sup>	66.48 <sup>b</sup>	70.53 <sup>ab</sup>	71.70 <sup>a</sup>	1.22
ADF	36.57 <sup>b</sup>	32.70 <sup>c</sup>	38.82 <sup>a</sup>	37.20 <sup>a</sup>	0.49
Protein	2.93 <sup>c</sup>	7.83 <sup>a</sup>	3.86 <sup>b</sup>	3.77 <sup>bc</sup>	0.22
Digestibility	64.50 <sup>a</sup>	66.06 <sup>a</sup>	52.50 <sup>c</sup>	61.29 <sup>b</sup>	0.82

abc Averages showing different literals in the same row are different ( $P < 0.05$ ).

NDF= Neutral detergent fiber; ADF= Acid detergent fiber.

comparación a los tratamientos donde se suplementó caña ( $P < 0.05$ ). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Aranda<sup>(16)</sup>, quien no encontró diferencia cuando incluyó 0, 1, 2 y 3 % de caña fresca en base al peso vivo de animales con estrella africana a voluntad, debido posiblemente a una mayor digestibilidad del pasto bigalta.

La enzima fibrolítica no aumentó la digestibilidad de la materias seca, sin embargo, en otros estudios *in vitro*<sup>(16)</sup> se ha demostrado que la digestibilidad de la caña de azúcar se puede incrementar en 3.8 %. En pastos de clima templado al utilizar estas enzimas se han obtenido digestibilidades mayores<sup>(17)</sup>.

Otra posibilidad es que se requieran dosis mayores o más frecuencias de suministro de enzimas fibrolíticas para forrajes tropicales. Estudios realizados con enzimas fibrolíticas<sup>(18,19)</sup>, tampoco muestran cambios en el consumo de materia seca, pero sí en la producción de leche, esto sugiere que estos aditivos pueden modificar el patrón de fermentación o la síntesis de proteína microbiana. Estudios microbiológicos<sup>(16)</sup> mostraron un mayor crecimiento microbiano al adicionar enzimas fibrolíticas a cultivos *in vitro* con caña de azúcar.

*Consumo*

El consumo de suplemento fue significativamente más alto en los tratamientos de saccharina y caña

( $P < 0.05$ ) and smaller in the sugarcane + fibrolytic enzymes treatment (Table 2). In relation to sugarcane, grass and total intake, and intake index, no differences between treatments could be observed ( $P < 0.05$ ). These results are the opposite of those found by other researchers<sup>(20)</sup>, who found a positive correlation between sugarcane addition to the diet and total intake. Sugarcane intake in experimental treatments was in the order of 18 % of dry matter, which is lower of that reported by Aranda<sup>(16)</sup>, who found 26.6 % when 3 % of live weight was supplied. A low sugarcane intake could be explained by high forage availability in the pasture, which allowed for 37.9 kg and 18.5 kg of dry matter per 100 kg live weight for the first and the fifth occupancy day (Figure 3). Gonzalez *et al.*<sup>(21)</sup>, while studying the effect of African stargrass hay in diets based on sugarcane, found that when the amount of hay increased, sugarcane intake decreased, however, total intake increased up to 34.1 % when 5 % hay was added. Similar results were obtained when sweet potato forage was added to diets based on whole sugarcane<sup>(22)</sup>.

When fibrolytic enzymes were added, total intake did not increase; this information differs with that of another report<sup>(23)</sup>, in which a combination of fibrolytic enzymes in lactation cows diets, increased dry matter intake, which was attributed to the spraying of enzymes on the forage between 8 and

Cuadro 2. Consumo de suplemento, caña, saccharina, pasto, total, digestibilidad e índice de consumo en los diferentes tratamientos evaluados

Table 2. Feed supplement, sugarcane, saccharina, bigalta grass, total intake, digestibility and intake index for all treatments

	Control	Grazing+ saccharina	Grazing+ sugarcane +urea+enzyme	Grazing+sugarcane +urea-enzyme	Standard Error
Supplement*	0.84 <sup>ab</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.044
Sugarcane*	0.00	1.04 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	1.07 <sup>a</sup>	0.039
Grass*	5.38 <sup>a</sup>	5.06 <sup>a</sup>	4.39 <sup>a</sup>	3.82 <sup>a</sup>	0.452
Total*	6.23 <sup>a</sup>	7.05 <sup>a</sup>	6.28 <sup>a</sup>	5.84 <sup>a</sup>	0.462
Digestibility, %	78.45 <sup>a</sup>	76.21 <sup>b</sup>	75.20 <sup>b</sup>	75.02 <sup>b</sup>	0.559
Intake index**	2.31 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	0.144

\* DM kg day<sup>-1</sup>.

\*\* Intake index= DM intake 100 kg live weight<sup>-1</sup>.

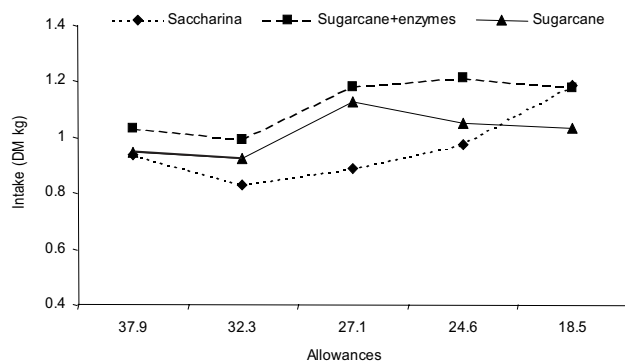
ab Averages showing different literals in the same row are different ( $P < 0.05$ ).

sin enzima ( $P < 0.05$ ) y menor en el tratamiento de caña con enzimas fibrolíticas (Cuadro 2). Con relación al consumo de caña, pasto, consumo total e índice de consumo no se observaron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Estos resultados contrastan con los de otros investigadores<sup>(20)</sup>, quienes encontraron una relación positiva entre el nivel de inclusión de la caña en la ración y el consumo total. El consumo de caña de azúcar en los tratamientos experimentales fue alrededor del 18 % de la MS, el cual es menor al mencionado por Aranda<sup>(16)</sup> quien encontró el 26.6 % al suministrar el 3 % del peso vivo. El bajo consumo de caña pudo deberse a la alta disponibilidad de forraje en la pradera, que permitió tener asignaciones entre 37.9 y 18.5 kg de MS 100 kg PV<sup>-1</sup>, para el primero y el quinto día de ocupación (Figura 3). González *et al.*<sup>(21)</sup> al estudiar el efecto de incluir forraje de pasto estrella en dietas a base de caña integral, encontraron que la inclusión de pasto estrella en niveles crecientes redujo el consumo de caña, sin embargo, se lograron aumentos de consumo total de hasta 34.1 % para la inclusión del 5 % de pasto. Resultados similares se obtuvieron cuando se suplementó forraje de batata a las raciones basadas en caña de azúcar integral<sup>(22)</sup>.

La adición de enzimas fibrolíticas no aumentó el consumo total; esto contrasta con otro estudio<sup>(23)</sup>

Figura 3. Consumo por toretes de saccharina, caña integral con y sin enzimas fibrolíticas, a diferentes asignaciones de forraje

Figure 3. Steer intake of saccharina and whole sugarcane with and without fibrolytic enzymes at different grazing allowances



24 h before being distributed. Lack of response in the present study could be due to the fiber of sugarcane fiber and of tropical grasses, or maybe to the fact that the enzyme was administered once a day, thus decreasing its activity at the ruminal level.

Saccharina and whole sugarcane intake, with and without enzymes (Figure 4) did not increase when forage availability decreased from 3.4 to 2.4 t ha<sup>-1</sup>, between the first and fifth occupancy day in a paddock, owing to a rotational grazing pattern, which allowed the animals to enter a new plot in a short time. It has been pointed out<sup>(24)</sup> that the critical value for free forage intake constraint is less than 2 t dry matter ha<sup>-1</sup>.

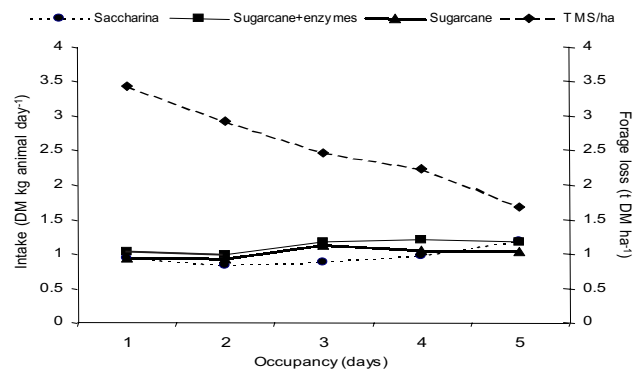
#### Live weight gain

In Table 3 results of daily live weight gains for three part-time and for the whole experiment can be seen. No significant differences were found, but in all treatments, daily average live weight gains for the whole period were greater than 500 g, which are similar to those found in other studies when sugarcane was used as a feed complement<sup>(16)</sup> and lower than those based on escape protein as dietary supplement<sup>(25)</sup>.

Available information, in relation to production performance of animals fed on sugarcane based

Figura 4. Consumo por toretes de saccharina, caña integral con y sin enzimas fibrolíticas, por día de ocupación de una pradera de bigalta

Figure 4. Steer intake of saccharina, whole sugarcane with or without fibrolytic enzymes, per occupancy day in bigalta grass pasture paddocks



donde al utilizar una combinación de enzimas fibrolíticas en la alimentación de vacas en lactación, se observó que aumentó el consumo de la materia seca, y lo atribuyen a que las enzimas se asperjaron sobre el forraje, 8 a 24 h antes de que los animales lo consumieran. La falta de respuesta en este estudio pudo deberse también a las características de la fibra de la caña y al pasto tropical, o a que la enzima se suministró una sola vez al día, disminuyendo su actividad a nivel ruminal.

El consumo de saccharina y caña integral, con y sin enzima (Figura 4), no se incrementó al disminuir la disponibilidad de forraje de 3.4 a 2.0 t ha<sup>-1</sup>, entre el primero y último día de ocupación de la pradera, atribuido al pastoreo rotacional, que permitió a los animales tener acceso a una nueva pradera en un corto lapso de tiempo. Se ha señalado<sup>(24)</sup> que el valor crítico para restringir el consumo voluntario de forrajes, es por debajo de 2 t MS ha<sup>-1</sup>.

*Ganancia de peso*

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de ganancia diaria de peso en tres periodos parciales y el periodo total. No se encontraron diferencias significativas, pero en todos los tratamientos las ganancias diarias de peso promedio, durante el periodo total fueron superiores a los 500 g, que son similares a otros estudios con caña de azúcar, como forraje complementario<sup>(16)</sup> e inferiores a las encontradas con suplementos con proteína de escape<sup>(25)</sup>.

La información disponible, con relación al comportamiento productivo de animales alimentados

forage, shows that great variability can be found, varying from a weight loss to gains of up to 1.310 g day<sup>-1</sup>, with a 60 % sugarcane content in the diet. This variability could be attributed in part to the type of supplement used, as well as to peeling of sugarcane<sup>(27)</sup>. When steers were fed with peeled sugarcane for 140 d in confinement, daily live weight gains between 890 and 1,010 g were obtained<sup>(26)</sup>.

Live weight, as well as sugarcane proportion in the diet, has great influence on changes in live weight gain. Levels higher than 20 % of sugarcane, in diets for cattle of up to 150 kg live weight show an abrupt decrease in daily live weight gain, however, in animals weighing more than 240 kg gains can be of up to 600 g d<sup>-1</sup>, with sugarcane levels of up to 70 %<sup>(27)</sup>, results which are in coincidence with results obtained in other studies<sup>(2)</sup>. When cattle productive performance is assessed<sup>(29)</sup>, and while 25 % sugarcane meal is included in diets of animals weighing between 91 and 180 kg, gains of 426 g day<sup>-1</sup> are obtained, but in animals of more than 180 kg, gains of 1,015 g day<sup>-1</sup> could be obtained, when 50 % of sugarcane meal is added.

In this study, no advantages for using fibrolytic enzymes were found. These results are in coincidence with findings of other authors who experimented with forages other than sugarcane<sup>(30,31,32)</sup>. On the contrary, other researchers have mentioned that fibrolytic enzymes improve cattle performance<sup>(33,34,35)</sup>. This inconsistency seen in results could be attributed to several factors, including diet composition, type and quantity of enzyme, to its

Cuadro 3. Ganancia diaria de peso de toretes en pastoreo de bigalta suplementados con caña de azúcar (g)

Table 3. Daily gain of steers grazing Bigalta grass supplemented with sugar cane (g)

Period (days)	Control	Grazing+ saccharina	Grazing+sugarcane +urea+enzyme	Grazing +sugarcane+urea	Standard error
0-35	392	578	509	504	057
39-74	663	529	571	504	062
75-109	633	640	672	673	061
Total	566	580	584	559	048

(P>0.05)

con forraje a base de caña de azúcar, ha mostrado que existe gran variación y se han detectado desde pérdidas de peso hasta ganancias de 1,310 g día<sup>-1</sup>, con 60 % de caña en la dieta<sup>(26)</sup> y la variabilidad de respuesta se atribuye, parcialmente, al tipo de suplemento utilizado, así como al proceso de descortezado de la caña<sup>(27)</sup>. Al alimentar toretes con caña de azúcar descortezada durante un periodo de 140 días, se obtuvieron ganancias de peso que variaron de 890 a 1,010 g día<sup>-1</sup> en confinamiento<sup>(28)</sup>.

El peso vivo de los animales, así como el porcentaje de inclusión de caña en la ración, tienen gran influencia en los cambios de peso. Niveles mayores de 20 % de caña, en dietas para animales de hasta 150 kg de peso vivo, producen una caída brusca de la ganancia diaria de peso; sin embargo, en animales mayores a 240 kg, la ganancia de peso puede ser hasta de 600 g día<sup>-1</sup>, con niveles de inclusión de 70 % de caña<sup>(27)</sup>, lo que coincide con los resultados obtenidos en otros estudios<sup>(2)</sup>. Al evaluar el comportamiento productivo de animales<sup>(29)</sup> se encontró que al incluir 25 % de harina de caña, a dietas de animales entre 91 y 180 kg, permite alcanzar ganancias de peso de 426 g, pero en animales de más de 180 kg, se podrían alcanzar ganancias de 1,015 g, al agregar 50 % de harina de caña.

En esta investigación, no se detectaron ventajas de usar enzimas fibrolíticas, resultado que coincide con los obtenidos por otros investigadores con forrajes distintos a la caña de azúcar<sup>(30,31,32)</sup>. Otros han mencionado que las enzimas fibrolíticas, sí mejoran el comportamiento productivo de bovinos<sup>(33,34,35)</sup>. La inconsistencia en los resultados señalados en la literatura, puede atribuirse a diversos factores, incluyendo la composición de la dieta, el tipo y cantidad de enzima utilizada, así como a la estabilidad y el método de aplicación de la misma, y por las características físico-químicas de la pared celular del sustrato.

La saccharina no presentó ventaja sobre la caña integral con y sin enzima en la ganancia de peso, sin embargo, estos resultados fueron superiores en 2 % a los encontrados por Zarragoitia *et al.*<sup>(36)</sup> con hembras bovinas en crecimiento, en pastoreo

stability and to how and when was administered, and also to the physical and chemical characteristics of the dietary cellular wall.

Saccharina did not show any advantages over whole sugarcane with or without enzymes in relation to live weight gain. However, these results were 2 % higher than those mentioned by Zarragoitia *et al.*<sup>(36)</sup>, obtained in growing females in grazing supplemented with 2 g d<sup>-1</sup> of an 80 % of saccharina concentrate.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Sugarcane processed as saccharina or added with urea with or without fibrolytic enzymes as a dietary complement did not improve productive performance of steers under grazing conditions. It should be necessary to identify which factors allow to obtain benefits due to supplementation of sugarcane and exogenous fibrolytic enzymes to cattle.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To SIGOLFO for the support provided to this project, "Sugarcane supplementation to bovines under grazing conditions in the tropics" # 99-01-002-T, and to Alltech de Mexico for their enzyme product.

*End of english version*

---

suplementadas con 2 kg de un concentrado con 80 % de saccharina.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El uso de caña de azúcar procesada como saccharina, o con la adición de urea con o sin enzimas fibrolíticas, no mejoró el comportamiento productivo de toretes en pastoreo. Es necesario identificar los factores que permitan obtener beneficios de suplementar a los bovinos con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas exógenas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a SIGOLFO el apoyo brindado para realizar esta investigación en el proyecto “Suplementación de caña de azúcar a bovinos en pastoreo en el trópico” 99-01-002-T. De igual modo a Alltech de México por el producto enzimático proporcionado.

## LITERATURA CITADA

- Moreno H, Pérez PJ, Meléndez NF. Efecto de la carga animal en la producción de carne en pasto alemán (*Echinochloa polystachya*). *Agric Trop* 1977;(2):156-162.
- Molina A. Potencial forrajero de la caña de azúcar para la ceba del ganado bovino. Producción de carne en el trópico. *Edica Cuba*. 1990:225-245.
- González RF. Contribución al estudio de los factores que limitan el consumo de forraje de caña de azúcar integral por los bovinos. [tesis doctoral]. La Habana, Cuba. Instituto de Ciencia Animal; 1995.
- Leng RA, Preston TR. Sugar cane for cattle production present constraints, perspectives and research priorities. *Prod Anim Trop* 1976;(1):1-22.
- Elías A, Lezcano O, Lezcano P, Cordero J, Quintana L. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante la fermentación en estado sólido (saccharina). *Rev Cubana Cienc Agric* 1990;(24):1-12.
- García E. Modificación al sistema de Clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Instituto de Geografía. UNAM. 1981:217.
- Geerken CM, Calzadilla D, González R. 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* 1987;10:266-273.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1991(74):3586-3597.
- AOAC. Official methods of analysis. 12<sup>th</sup> ed. Washington D.C. Association of Official Analytical Chemists 1984.
- Williams CH, David DJ, Lisma O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic spectrophotometry. *J Agric Sci (Camb)* 1962;(59):381-382.
- Keulen JV, Young BA. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J Anim Sci* 1977;44:282-287.
- Mehrez A, Orskov ER, McDonald I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br J Nutr* 1977;(38):437-442.
- Church DC. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs, New Jersey USA. Prentice Hall; 1988.
- Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co; 1980.
- SAS. Statistical Analysis System Institute Inc. User's Guide: Statistics. Version 5<sup>th</sup> ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1985.
- Aranda IEM. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes [tesis doctoral]. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México; 2000.
- Pinos RJM. Caracterización de enzimas fibrolíticas exógenas en la fermentación ruminal y digestibilidad de alfalfa y ballico [tesis doctoral]. Montecillo, Edo, de México: Colegio de Postgraduados; 1999.
- Yang W Z, Bauchemin KA, Rode LM. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1999;(82):391-403.
- Lewis GE, Hunt CW, Sánchez WK, Treacher R, Pritchard GT, Feng P. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers. *J Anim Sci* 1996;(74):3020-3028.
- Muñoz E, González R. Caña de azúcar integral para estimular el consumo a voluntad de alimentos voluminosos en vacas. *Rev Cubana Cienc Agric* 1998;(31):33-40.
- González RF, Muñoz E, Alfonso F, González RM, Enríquez AV. Caña de azúcar como forraje para la producción de leche. 1. Efecto de la inclusión de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en el consumo y digestibilidad del alimento. *Rev Cubana Cienc Agric* 1989;(23):131-136.
- Ffoulkes D, De B Hovell FD, Preston TR. Forraje de batata como alimento para bovinos: Consumo voluntario y digestibilidad de mezclas de forraje de batata (*Ipomoea batatas*) y caña de azúcar. *Prod Anim Trop* 1978;(3):142-146.
- Lewis GE, Sánchez WK, Hunt CW, Guy MA, Prichard GT, Swanson BI, Treacher RJ. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the lactational performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 1999;(82):611-617.
- Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. Sta. Lucia Queensland, Australia. Academic Press; 1990.
- Ramos JJA. Efecto de la suplementación nitrogenada en toretes cruzados pastoreando en estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) [tesis maestría]. Montecillo, Edo. de México: Colegio de Postgraduados; 1994.
- Pate FM. Fresh chopped sugar cane in growing steers diets. *J Anim Sci* 1981;(53):881-888.
- Preston TR, Carcaño C, Álvarez FJ, Gutiérrez DG. Pulidura de arroz como suplemento en dietas de caña de azúcar: Efecto de nivel de pulidura de arroz y procesamiento de la caña de azúcar por descortezado o picado. *Prod Anim Trop* 1976;(1):156-168.
- Dixon RM. Sugar cane for beef production: derinded sugar cane and chopped cane compared with hay and citrus pulp. *Prod Anim Trop* 1978;(3):104-108.
- Plaza JRY, Enríquez AV. Sistema de alimentación en la ceba de terneros. *Rev Cubana Cienc Agric* 2000;(34):21-25.
- Bauchemin KA, Rode LM, Sewalt VJH. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Can J Anim Sci* 1995;(75):641-644.
- Chen KH, Huber JT, Simas J, Theurer CB, Yu P, Chan SC, Santos F, Wu Z, Swingle RS, DePeters EJ. Effect of enzyme treatment or steam-flaking of sorghum grain on location and digestion in dairy cows. *J Dairy Sci* 1995;(78):1721-1727.
- Feng PC, Hunt W, Pritchard GT, Julien WE. Effect of enzyme preparations on *in situ* and *in vitro* degradation and *in vivo* digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. *J Anim Sci* 1996;(74):1349-1357.

33. Boyles DW, Richardson CR, Robinson KD, Cobb CW. Feedlot performance of steers fed steam-flaked grain sorghum with added enzymes. *Proc West Sect. Am Soc Anim Sci Can* 1992;(43):502-505.
34. Lewis GE, Sanchez WK, Treacher R, Hunt CW, Pritchard GT. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on lactational performance of midlactation Holstein cows. *Proc West Sect. Am Soc Anim Sci Can* 1995;(46):310-313.
35. Stokes MR, Zheng S. The use of carbohydrase enzymes as feed additives for early lactation cows [abstract]. 23<sup>rd</sup> Biennial Conf Rumen Function, Chicago, IL. 1995;(23):35.
36. Zarragoitia L, Elías A, Ruiz TE, Rodríguez J. Leucaena leucocephala y un concentrado de saccharina como suplemento para hembras bovinas en crecimiento en pastizales de gramíneas de secano. *Rev Cubana Cienc Agric* 1992;(26):263-267.