

Production of steers fed African oil palm (*Elaeis guineensis* L.) fiber with the addition of organic minerals and grazing Africa star grass

Producción de novillos alimentados con fibra de palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* L.) con la adición de minerales orgánicos y en pastoreo de estrella de África

A. Gómez-Vázquez^{1*}, Alejandra Govea-Luciano¹, E. De la Cruz Lázaro¹, A. Cruz Hernández¹, C.A. Álvarez González², Nancy Patricia Brito Manzano¹, Arely Bautista Galvez³, C. C. Alfonso Juventino¹ and J.A. León Nájera¹

*Correspondencia para el autor: Dr. Armando Gómez Vázquez. División Académica de Ciencias

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Carretera Villahermosa-Teapa km 25

²División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa km 25

³Escuela Maya de Estudios Agropecuarios. Universidad Autónoma de Chiapas

Email: armando.gomez@ujat.mx

The effect of the addition of an organic mineral (Bioplex Quality Meat) and a complement of African oil palm fiber as supplementary forage in the gain and digestibility of fattening steers in grazing under tropical conditions was studied. A total of 40 crossbreed steers (*Bos taurus* x *Bos indicus*), with average initial live weight of 276 ± 28 kg for 120 d were used. They were fed individually with 1 kg d^{-1} of concentrate (14 % CP) and African oil palm fiber. A completely randomized design was applied, according to the following treatments: 1) control, only grazing (CG); 2) grazing + African oil palm fiber (AOPF-0); 3) grazing + African oil palm fiber + $15 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ of Bioplex Quality Meat (AOPF-15) and 4) grazing + African oil palm fiber + $30 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ Bioplex Quality Meat (AOPF-30). The daily weight gain of the steers was improved with Bioplex Quality Meat, with a linear effect ($P < 0.01$); (CG = 492, AOPF-0 = 554, AOPF-15 = 637, AOPF-30 = 792 g d^{-1} Bioplex Quality Meat). This was associated with the increase in intake (linear effect $P < 0.05$) of African oil palm fiber (CG = 0.0, AOPF-0 = 3.06, AOPF-15 = 3.08, AOPF-30 = 3.36 kg d^{-1}) and higher DM digestibility ($P < 0.05$) with respect to the control group (CG = 67.13, AOPF-0 = 74.26, AOPF-15 = 72.29, AOPF-30 = 72.46 %). There was no effect on total forage or DM intake. It is concluded that Bioplex Quality Meat increases the nutrient availability of the African oil palm fiber, which improves the daily weight gain.

Key words: *organic minerals, African oil palm, steers, digestibility.*

The feeding of cattle in tropical regions is based on the use of grasses, whose biomass and nutritional quality show seasonal variations, which is reflected in animal productivity. For this reason, various nutritional strategies have been proposed, such as protein-energy supplementation, access to protein banks and the use of complementary cut forages (Ramos *et al.* 1998, Rojo *et al.* 2000, Aranda *et al.* 2001 and Pérez *et al.* 2001). In this context, the African oil palm fiber has great importance as a potential resource, due to its acceptable digestibility of the protein (75 %) (Ocampo *et al.* 1990).

Se estudió el efecto de la adición de un mineral orgánico (Bioplex Quality Meat) y un complemento de fibra de palma de aceite africana como forraje complementario en la ganancia y digestibilidad de novillos de engorde en pastoreo, en condiciones tropicales. Se utilizaron 40 novillos cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*), con peso vivo inicial promedio de 276 ± 28 kg durante 120 d. Se alimentaron en forma individual con 1 kg d^{-1} de concentrado (14 % PC) y fibra de palma de aceite africana. Se aplicó un diseño completamente al azar, de acuerdo con los tratamientos siguientes: 1) testigo, solo pastoreo (TP); 2) pastoreo + fibra de palma de aceite africana (FPAA-0); 3) pastoreo + fibra de palma de aceite africana + $15 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de Bioplex Quality Meat (FPAA-15) y 4) pastoreo + fibra de palma de aceite africana + $30 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ Bioplex Quality Meat (FPAA-30). Se mejoró la ganancia diaria de peso de los novillos con Bioplex Quality Meat, con un efecto lineal ($P < 0.01$); (TP = 492; FPAA-0 = 554; FPAA-15 = 637; FPAA-30 = 792 g d^{-1} Bioplex Quality Meat). Esto se asoció al incremento en el consumo (efecto lineal $P < 0.05$) de la fibra de palma de aceite africana (TP = 0.0; FPAA-0 = 3.06; FPAA-15 = 3.08; FPAA-30 = 3.36 kg d^{-1}) y a mayor digestibilidad de la MS ($P < 0.05$) con respecto al grupo testigo (TP = 67.13; FPAA-0 = 74.26; FPAA-15 = 72.29; FPAA-30 = 72.46 %). No se detectó efecto en el consumo total de forraje ni de MS. Se concluye que Bioplex Quality Meat aumenta la disponibilidad de nutrientes de la fibra de palma de aceite africana, lo que mejora la ganancia diaria de peso.

Palabras clave: *minerales orgánicos, palma de aceite africana, novillos, digestibilidad.*

La alimentación del ganado bovino en regiones tropicales se basa en la utilización de los pastos, cuya biomasa y calidad nutricional presenta variaciones estacionales, lo que se refleja en la productividad animal. Por ello se han planteado diversas estrategias nutricionales, como la suplementación energético-proteínica, el acceso a bancos de proteína y el uso de forrajes de corte complementarios (Ramos *et al.* 1998, Rojo *et al.* 2000, Aranda *et al.* 2001 y Pérez *et al.* 2001). En este contexto, la fibra de palma de aceite africana adquiere gran importancia como recurso potencial, por su aceptable digestibilidad de la proteína (75 %) (Ocampo

It is also of great interest the use of organic minerals in ruminants nutrition, since it has been shown that the efficiency in the use of the fibrous fraction of food can be improved (Ocampo *et al.* 1990). From this perspective, the researches has focused on evaluating the organic minerals in forages of temperate climate, but there has been poor or virtually null the information generated in tropical regions, where forages have lower nutritional value.

Most of the studies about grazing supplementation are carried out with limited amounts of grains and nitrogen compounds, in order to obtain the best use of the forage resource. However, animal production depends more on the availability of forage than on the type of complement (Cabrera *et al.* 2000). That is why the supplementation with agricultural by-products, such as the African oil palm fiber, is a viable management alternative to maintain animal production during critical periods of lack of forage, due to floods or drought. The use of organic minerals, jointly with protein supplements, can be an alternative to obtain better use of African oil palm fiber.

The objective of this study was to evaluate the effect of an organic mineral, added to the African oil palm fiber, on the digestibility and weight gain of steers that graze Africa star grass.

Materials and Methods

An experiment with 40 crossbreed steers *Bos taurus* x *Bos indicus*, with average initial live weight of 276 ± 30 kg for 120 d, distributed in four treatments with ten repetitions, in a completely randomized design was carried out. The research was performed in Zermeños farm, located in "Los Jinetes" area, belonging to Macuspana municipality, Tabasco. This facility is at $17^{\circ} 59' 22''$ north latitude; $99^{\circ} 24' 19''$ west longitude and altitude of 20 m o.s.l, with climate Am (f) (i) gw, warm humid; with rains in summer, temperatures of 26.2°C , 1868.9 mm of rainfall and 80% annual average relative humidity (García 1981).

The steers were fed individually with African oil palm fiber (AOPF), and were distributed in the following treatments: 1) Control, only grazing (CG); 2) CG + African oil palm fiber (AOPF); 3) CG + AOPF + 15 g animal⁻¹ d⁻¹ of Bioplex Quality Meat (AOPF-15) and 4) CG + AOPF + 30 g animal⁻¹ d⁻¹ Bioplex Quality Meat (AOPF-30). The amount of mineral was offered in two equal portions individually (7.00 am - 7.00 pm). A 1 kg animal⁻¹ d⁻¹ of concentrated food (table 1) was used as a vehicle to ensure that the steers ingested the mineral. At the beginning of the experiment they were applied dewormer (Ivomecq, 1 mL per 50 kg⁻¹ LW) and ADE vitamins (1 mL per 50 kg⁻¹ LW). The African oil palm fiber was milled in a stationary chopper.

At 5:00 p.m., the young bulls were confined in

et al. 1990).

Es también de gran interés el uso de minerales orgánicos en la nutrición de rumiantes, ya que se ha demostrado que se puede mejorar la eficiencia en la utilización de la fracción fibrosa de los alimentos (Ocampo *et al.* 1990). Desde esta perspectiva, las investigaciones se han enfocado en evaluar los minerales orgánicos en forrajes de clima templado, pero ha sido escasa o nula la información generada en regiones tropicales, donde los forrajes tienen menor valor nutritivo.

La mayoría de los estudios acerca de la suplementación en pastoreo se realizan con cantidades limitadas de granos y compuestos nitrogenados, con el propósito de obtener el mayor aprovechamiento del recurso forrajero. Sin embargo, la producción animal depende más de la disponibilidad del forraje que del tipo de complemento (Cabrera *et al.* 2000). Es por ello que la complementación con subproductos agrícolas, como la fibra de palma de aceite africana, es una alternativa de manejo viable para mantener la producción animal durante las épocas críticas de falta de forraje, debido a inundaciones o sequía. El uso de los minerales orgánicos, conjuntamente con suplementos proteínicos, puede ser una alternativa para obtener mayor aprovechamiento de la fibra de palma de aceite africana.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un mineral orgánico, adicionado a la fibra de palma de aceite africana, en la digestibilidad y la ganancia de peso de novillos que pastorean estrella de África.

Materiales y Métodos

Se realizó un experimento con 40 novillos cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus*, con peso vivo inicial promedio de 276 ± 30 kg durante 120 d, distribuidos en cuatro tratamientos con diez repeticiones, en un diseño completamente al azar. La investigación se realizó en el rancho los Zermeños, localizado en la ranchería "Los Jinetes", perteneciente al municipio de Macuspana, Tabasco. Esta instalación se halla a $17^{\circ} 59' 22''$ de latitud norte; $99^{\circ} 24' 19''$ de longitud oeste y altitud de 20 msnm, con clima Am (f) (i) gw, cálido húmedo; con lluvias en verano, temperaturas de 26.2°C , 1868.9 mm de precipitaciones y 80 % de humedad relativa media anual (García 1981).

Los novillos se alimentaron individualmente con fibra de palma de aceite africana (FPAA), y se distribuyeron en los tratamientos siguientes: 1) Testigo, solo pastoreo (TP); 2) TP + fibra de palma de aceite africana (FPAA); 3) TP + FPAA + 15 g animal⁻¹ d⁻¹ de Bioplex Quality Meat (FPAA-15) y 4) TP + FPAA + 30 g animal⁻¹ d⁻¹ Bioplex Quality Meat (FPAA-30). La cantidad de mineral se ofreció en dos porciones iguales de forma individual (7.00 am - 7.00 pm). Se utilizó 1 kg animal⁻¹ d⁻¹ de alimento concentrado (tabla 1) como vehículo para asegurar que los novillos ingirieran el mineral. Al inicio del experimento se les aplicó desparasitante (Ivomecq; 1 mL por 50 kg⁻¹ PV) y vitaminas ADE (1 mL por 50 kg⁻¹ PV). La fibra de palma de aceite africana se molió en una picadora estacionaria. A las 5.00 p.m., los toretes se confinaron en corraletas individuales para recibir la fibra de palma

individual pens to receive the African oil palm fiber. The animals from the control treatment (only grazing) were returned to the grassland, while the rest remained in individual pens until 7 a.m. After this time they were taken to graze in the grasslands of Africa star grass until 6:00 p.m. Mineral salts were also offered (15.8 % Ca, 6.83 % P, 4.38 % K, 0.02 % Mg, 1.75% S, 0.07 % Mn, 0.03 % Cu, 0.15 % Zn, 0.01 % Fe, 11.45% Na, 2.63 ppm Co, 4.38 ppm Se, 36.75 ppm) and free access water.

de aceite africana. Los animales del tratamiento testigo (solo pastoreo) se regresaron a la pradera, mientras que el resto permaneció en corraletas individuales hasta las 7 a.m. Después de esta hora se sacaron a pastorear a las praderas de pasto estrella de África hasta las 6:00 p.m. También se ofreció sales minerales (15.8 % Ca, 6.83 % P, 4.38 % K, 0.02 % Mg, 1.75 % S, 0.07 % Mn, 0.03 % Cu, 0.15 % Zn, 0.01 % Fe, 11.45 % Na, 2.63 ppm Co, 4.38 ppm Se, 36.75 ppm) y agua a libre

Table 1. Composition of the food used in the steers fattening¹

Ingredients	DM kg	CP %	DE Mcal	ME Mcal	NEm Mcal	NEg Mcal	TND %
Meat meal	89.28	58.03	298.2	261.6	154.5	101.8	67.9
Blood meal	14.88	12.80	43.2	35.4	21.9	13.1	9.7
Molasses	144	8.64	456.5	374.4	244.8	155.5	103.7
Citrus pulpe	83.52	5.60	304.0	248.9	162.9	111.1	75.2
Sorghum	654.2	64.51	2421	1989	1348	915.9	549.6
Poultry manure	244.8	56.30	560.6	460.2	254.6	222.8	127.3
Mineral premix.	28.16	1.27	0.00	12.1	0.0	0.0	3.4

¹Values informed by the enterprise "La Ganadera" from Villa Hermosa Tabasco

An amount of 0.5 kg of concentrate with 7.5 and 15 g of enzyme were offered mixed in the food according to the treatment, plus 40 g of mineral salt (20 g in the morning and 20 g in the afternoon). The African oil palm fiber was immediately supplied.

Eight paddocks were used with African star grass (*Cynodon plectostachyus*); with a total area of 4 ha, delimited with electric fence; the days of the grassland occupation varied from 4 to 6, depending on the availability of the forage, with a stocking rate of 6 steers ha⁻¹. The palm fiber was offered *ad libitum*. Rejections were daily weighed to quantify the actual daily intake of the steers and samples were taken from the forage offered and rejected from the grasslands (before and after the grassland was grazed, to evaluate the availability of DM).

On day 105 of the experiment, the steers received 5 g d⁻¹ of chromium oxide (Cr₂O₃) orally, in a period of 15 d, to evaluate the digestibility and intake of the ingredients. Faeces samples were collected in PolyPaper bags, in the last five days at 07:00 hours. Samples were dried at 50 °C in a forced air oven until constant weight was reached and ground in a Willey mill with a 1 mm sieve. In the analysis of the samples of the experimental diets, the following components were determined: dry matter at 100 °C and ash (combustion at 600 °C), nitrogen according to Microkjeldahl (AOAC 2016), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and crude protein mixed to the acid detergent fiber (CP-ADF) according to van Soest *et al.* (1991). Chromium was determined by atomic absorption spectrophotometry (Williams *et al.* 1962) and acid insoluble ash (AIA) according to van Keulen and Young (1977). The daily intake of the

acceso.

Se ofrecieron mezclados en el alimento 0.5 kg de concentrado con 7.5 y 15 g de enzima según el tratamiento, además de 40 g de sal mineral (20 g en la mañana y 20 g en la tarde). Inmediatamente se suministró la fibra de palma de aceite africana.

Se utilizaron ocho potreros con pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*); con una superficie total de 4 ha, delimitadas con cerco eléctrico; los días de ocupación de la pradera variaron de 4 a 6, dependiendo de la disponibilidad del forraje, con una carga animal de 6 novillos ha⁻¹. La fibra de palma se ofreció a libre acceso. Se pesaron los rechazos diariamente para cuantificar el consumo diario real de los novillos y se tomaron muestras del forraje ofrecido y rechazado de las praderas (antes y después de que la pradera fuera pastoreada, para evaluar la disponibilidad de la MS).

En el día 105 del experimento, los novillos recibieron 5 g d⁻¹ de óxido de cromo (Cr₂O₃) por vía oral, en un período de 15 d, para evaluar la digestibilidad y consumo de los ingredientes. Se recolectaron muestras de heces en bolsas de polipapel, en los últimos cinco días a las 07:00 horas. Las muestras se secaron a 50 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante y se molieron en un molino Willey, con criba de 1 mm. En el análisis de las muestras de las dietas experimentales se determinaron los siguientes componentes: materia seca a 100 °C y cenizas (combustión a 600 °C), nitrógeno según Microkjeldahl (AOAC 2016), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y proteína cruda ligada a la fibra detergente ácido (PC-FDA) de acuerdo con van Soest *et al.* (1991). El cromo se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (Williams *et al.*

African oil palm fiber (DIAOPF, kg) was calculated by subtracting the palm fiber offered and rejected every day during the experimental period. Grass intake was evaluated by the technique of two markers, chromium oxide and acid insoluble ash (Geerken *et al.* 1987 and Aranda *et al.* 2001), fitted by indigestible marker intake of the African oil palm fiber and the supplement, as it shows in the following equation:

$$\text{Intake DM forage} = \frac{((AIA)_H \times TFP) - \{((AIA)_S \times SI) - \{(AIA)_{FP} \times FI\}\}}{(AIA)_p}$$

where:

$(AIA)_H$ = Concentration of acid insoluble ash (AIA) in faeces (g kg^{-1} DM)

TFP = Total faeces production obtained with Cr_2O_3 , as external marker (g d^{-1}).

$(AIA)_S$ = AIA concentration of the supplement (g kg^{-1} DM).

SI = Daily supplement intake (g).

$(AIA)_{FP}$ = AIA concentration in the African oil palm fiber (g kg^{-1} DM).

FI = Daily intake of African oil palm fiber (g day^{-1}).

$(AIA)_p$ = AIA in the grass (g kg^{-1} DM).

The daily fecal DM production was calculated according to the formula described by Church (1988):

$$\text{Fecal DM production (g d}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Marker dose (g d}^{-1}\text{)}}{\text{Marker concentration in faeces (g g}^{-1}\text{ DM)}}$$

The digestibility of the DM intake was evaluated using the methodology proposed by Geerken *et al.* (1987), in which first the total digestibility (grass+supplement) is obtained by the difference between the total intake (grass+supplement) and the fecal DM production (Church 1988). The digestibility of the grass was obtained when evaluating the digestibility of the supplement to 85%, according to the following formula:

$$\text{DMD of grass} = \frac{(\text{DMST}) - (\text{DMDS}) \text{ (DM contribution of the supplement)}}{\text{DM contribution of the grass}}$$

where:

DMD = Dry matter digestibility, %

TDMD = Total dry matter digestibility, %

DMDS = Dry matter digestibility of the supplement, %

The *in situ* digestibility of Africa star grass, palm fiber and concentrate was determined with nylon bags. These were incubated for 12, 24, 48, 72, 84 and 96 h in bulls cannulated in rumen (Vanzant *et al.* 1998). For the daily weight gain (DWG, g), the bulls were weighed every 20 d for four consecutive days, with a previous fast of 12 h, recording the mean of this variable. The average final weight (AFW, kg) was obtained at the end of the experimental period, with the cumulative weight of the steers in each of the treatments. The feed conversion (FC, kg) was calculated with the algebraic relation of digestible DM

1962) y las cenizas insolubles en ácido (CIA) según van Keulen y Young (1977). El consumo diario de la fibra de palma de aceite africana (CDFPAA, kg) se calculó mediante la sustracción de la fibra de palma ofrecida y rechazada cada día durante el período experimental. El consumo de pasto se evaluó por la técnica de dos marcadores, óxido de cromo y cenizas insolubles en ácido (Geerken *et al.* 1987 y Aranda *et al.* 2001), ajustado por el consumo del marcador indigestible de la fibra de palma de aceite africana y del suplemento, como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo de forrage} = \frac{((CIA)_H \times TFP) - \{((CIA)_S \times SI) - \{(CIA)_{FP} \times FI\}\}}{(CIA)_p}$$

donde:

$(CIA)_H$ = Concentración de cenizas insolubles en ácido (CIA) en heces (g kg^{-1} MS)

PTH = Producción total de heces obtenida con el Cr_2O_3 , como marcador externo (g d^{-1}).

$(CIA)_S$ = Concentración de CIA del suplemento (g kg^{-1} MS).

CS = Consumo diario de suplemento (g).

$(CIA)_{FP}$ = Concentración de CIA en la fibra de palma de aceite africana (g kg^{-1} MS).

CF = Consumo diario de la fibra de palma de aceite africana (g día^{-1}).

$(CIA)_p$ = Concentración de CIA en el pasto (g kg^{-1} MS).

La producción diaria de MS fecal se calculó de acuerdo con la fórmula descrita por Church (1988):

$$\text{Producción fecal de MS (g d}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis del marcador (g d}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración del marcador en heces (g g}^{-1}\text{ MS)}}$$

La digestibilidad de la MS consumida se evaluó mediante la metodología propuesta por Geerken *et al.* (1987), en que primero se obtiene la digestibilidad total (pasto + suplemento) por diferencia entre el consumo total (pasto + suplemento) y la producción fecal de MS (Church 1988). La digestibilidad del pasto se obtuvo al evaluar la digestibilidad del suplemento al 85 %, según la fórmula siguiente:

$$\text{DMS del pasto} = \frac{(\text{DMST}) - (\text{DMSS}) \text{ (aporte de MS del suplemento)}}{\text{Aporte de MS del pasto}}$$

donde:

DMS = Digestibilidad de la materia seca, %

DMST = Digestibilidad de la materia seca total, %

DMSS = Digestibilidad de la materia seca del suplemento, %

La digestibilidad *in situ* del pasto estrella de África, fibra de palma y concentrado se determinó con bolsas de nylon. Estas se incubaron durante 12, 24, 48, 72, 84 y 96 h en toros canulados en rumen (Vanzant *et al.* 1998). Para la ganancia diaria de peso (GDP, g), los toros se pesaron cada 20 d durante cuatro días consecutivos, con previo ayuno de 12 h, registrándose la media de esta variable. El peso final promedio (PFP, kg) se obtuvo al final del período experimental, con el

intake (DDMI) and DWG. Linear and quadratic effects were tested with mineral levels (Draper and Smith 1981). The data were analyzed with a completely randomized design (Steel and Torrie 1980) with the GLM (SAS 1985) procedure and the use of the initial weight as a covariate and $P < 0.5$.

Results and Discussion

The intake of African oil palm fiber showed linear effect ($P < 0.001$) when increasing the organic mineral level of 3.36 kg DM animal d^{-1} for 30 g of Bioplex Quality Meat with respect to the treatment without the addition of organic mineral, which was 3.06 kg DM animal d^{-1} , without affecting the forage intake (table 2).

The total DM intake was high for each treatment (table 2), which is attributed to the equilibrium state

peso acumulado de los novillos en cada uno de los tratamientos. La conversión alimentaria (CA, kg) se calculó con la relación algebraica de consumo de MS digestible (CDMS) y GDP. Se probaron los efectos lineal y cuadrático con los niveles de minerales (Draper y Smith 1981). Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar (Steel y Torrie 1980) con el procedimiento GLM (SAS 1985) y la utilización del peso inicial como covariable y $P < 0.5$.

Resultados y Discusión

El consumo de fibra de palma de aceite africana mostró efecto lineal ($P < 0.001$) al incrementar el nivel del mineral orgánico de 3.36 kg MS animal d^{-1} para 30 g de Bioplex Quality Meat con respecto al tratamiento sin la adición de mineral orgánico, que fue de 3.06 kg MS animal d^{-1} , sin

Table 2. Nutrient intake of steers that graze Africa star grass and intake complement with African oil palm fiber and an organic mineral

Nutrients intake kg DM animal $^{-1}d^{-1}$	Organic mineral, g animal $^{-1}d^{-1}$				Contrasts		
	Control	0	15	30	SE	LE	QE
African oil palm fiber	0.00 ^a	3.06 ^b	3.18 ^c	3.36 ^d	0.07	0.03 **	0.94NS
Grass	11.58	11.22	9.97	11.27	1.06	0.94 NS	0.37NS
Complement	0.930	0.930	0.930	0.930	-----	-----	-----
Total	12.51	15.21	14.08	15.56	1.09	0.83 NS	0.35NS
<i>In vivo</i> digestibility, %							
DMD	67.13 ^a	74.26 ^b	72.29 ^b	72.46 ^b	2.21	0.66NS	0.63NS
NDF	56.04 ^a	64.28 ^b	77.72 ^c	84.88 ^d	0.96	0.01**	0.01**
DDMI (kg)	8.58 ^a	11.18 ^b	10.26 ^a	11.38 ^b	1.05	0.96NS	0.37NS

DMD = Dry matter digestibility; DDMI = digestible dry matter intake; LE = Linear effect; QE = Quadratic effect.

** $p < 0.001$; NS: Not significant.

^{abcd}Means with different literals within the rows differ ($P < 0.05$).

of chromium oxide and food (Mendoza *et al.* 1995), since it was only supplied in a single intake, which could affect the estimation of the parameters. This shows that the intake estimation in supplemented animals, with or without AIA fitted, underestimates approximately 1 kg to the actual intake (Shipley and Clark 1972). If the conditions of any marker are not in equilibrium, the estimation of fecal matter can be underestimated or overestimated, because the input and outputs rates of the marker are not real, which results in incorrect estimates of intake (Mendoza *et al.* 1995).

The possibility of evaluating the use of controlled release capsules to estimate the intake of grazing animals could be considered (Parker *et al.* 1989) and the evaluation of several internal indigestible markers, such as chromogens, lignin, INDF or IADF, silica, alkanes, among others should be considered too (Kotb and Luckey 1972, Nelson *et al.* 1990 and Sunvold and Cochran 1991). The negative effect on the NDF digestion does not occur in combinations with African oil palm fiber (Ocampo *et al.* 1990).

afectación en el consumo de forraje (tabla 2).

El consumo total de MS fue alto para cada tratamiento (tabla 2), lo que se atribuye al estado de equilibrio del óxido de cromo y el alimento (Mendoza *et al.* 1995), ya que solo se suministró en una sola toma, lo que pudo afectar la estimación de los parámetros. Esto indica que la estimación de consumo en animales complementados, con ajuste de CIA o sin él, subestima aproximadamente 1 kg al consumo real (Shipley y Clark 1972). Si las condiciones de cualquier marcador no están en equilibrio, la estimación de materia fecal puede ser subestimada o sobrestimada, debido a que las tasas de entrada y salida del marcador no son reales, lo que resulta en estimaciones incorrectas del consumo (Mendoza *et al.* 1995). Se podría considerar la posibilidad de evaluar el uso de cápsulas de liberación controlada para estimar el consumo de animales en pastoreo (Parker *et al.* 1989) y también se debe de considerar la evaluación de diversos marcadores indigestibles internos, como cromógenos, lignina, FIDN o FIDA, sílice, alcanos, entre otros (Kotb y Luckey 1972, Nelson *et al.* 1990 y Sunvold y Cochran 1991). El efecto negativo en la digestión de la FDN, no se

The African oil palm fiber without organic mineral did not affect the *in vivo* digestibility, compared to the control (table 2). The limiting factors in African palm oil fiber intake are the high concentration of NDF, its slow digestion rate and the prolonged time of ruminal retention (González *et al.* 1991, Aroeira *et al.* 1993 and Figueira *et al.* 1993), which resulted in this study much higher (52 to 73 h) than those reported by Poppi *et al.* (1981) for tropical grasses (32 to 45 h). Figueira *et al.* (1993) reported mean ruminal retention time values of 52-60 h for sugarcane DM supplemented with urea, a figure that is similar to that obtained in African oil palm fiber. If a mineral supplement in African oil palm fiber has a limited effect on the NDF digestibility (González 1995), the organic minerals are an option to obtain more nutrients from the cell walls of African oil palm fiber.

The organic minerals (Bioplex Quality Meat) increased the intake of African oil palm fiber and improved the NDF digestion (table 2). The low NDF digestibility of African oil palm fiber has been associated with the slow reduction of particle size and the prolonged residence time of the particles in the reticulum-rumen, due to the high concentration of lignified cell walls with low digestibility (Molina 1990). Bioplex Quality Meat is a complex of a combination of zinc protein and yeast enriched with chromium and selenium.

When the control received African palm oil fiber, it did not modify the DM or NDF digestibility. However, the addition of the organic mineral improved the NDF and DM digestibility (table 2). The substitution of Africa star grass with African oil palm fiber affected *in vivo* digestibility when it was included from 0 to 21%. This is comparable with sugarcane, since it shows similar performance due to its high fiber content (Aranda 2000). Therefore, it is confirmed that there is no negative associative effect of the soluble oils impregnated in African oil palm fiber on the digestibility, as Sutton (1979) and Leng (1989) refer. The organic minerals improve the NDF digestibility, complemented with the cellulolytic activity of the rumen microorganisms, and allowed the steers to ingest more DM (Lewis *et al.* 1996 and Oba and Allen 1999). Tropical forages have a low digestibility, if they are compared with those of temperate climate. Therefore, the effect of these additives can be important on the use of low quality forages.

When the dose of the organic mineral increased, the NDF digestibility improved significantly (table 2). Therefore, the *in vivo* digestibility of the NDF was higher for steers which received the highest dose (30 g) of the organic mineral ($P < 0.01$), showing a quadratic associative effect ($P < 0.01$). This indicates that the organic mineral can be used in grazing systems where forage is the main dietary component.

Regarding the productive performance of the steers,

presenta en combinaciones con fibra de palma de aceite africana (Ocampo *et al.* 1990).

La fibra de palma de aceite africana sin mineral orgánico no afectó la digestibilidad *in vivo*, en comparación con el testigo (tabla 2). Los factores limitantes en el consumo de la fibra de palma de aceite africana son la elevada concentración de FDN, su lenta tasa de digestión y el tiempo prolongado de retención ruminal (González *et al.* 1991, Aroeira *et al.* 1993 y Figueira *et al.* 1993), que resultó en este estudio mucho más alto (52 a 73 h) que lo informado por Poppi *et al.* (1981) para pastos tropicales (32 a 45 h). Figueira *et al.* (1993) informaron valores de tiempo medio de retención ruminal de 52-60 h para la MS de caña de azúcar suplementada con urea, cifra que resulta similar a lo obtenido en la fibra de palma de aceite africana. Si un complemento mineral en la fibra de palma de aceite africana tiene un efecto limitado en la digestibilidad de la FDN (González 1995), los minerales orgánicos constituyen una opción para obtener más nutrientes de las paredes celulares de la fibra de palma de aceite africana.

Los minerales orgánicos (Bioplex Quality Meat) incrementaron el consumo de fibra de palma de aceite africana y mejoraron la digestión de la FDN (tabla 2). La baja digestibilidad de FDN de la fibra de palma de aceite africana se ha asociado a la reducción lenta del tamaño de partículas y al tiempo prolongado de permanencia de las partículas en el retículo-rumen, debido a la elevada concentración de paredes celulares lignificadas con baja digestibilidad (Molina 1990). Bioplex Quality Meat es un complejo de una combinación de proteinato de zinc y levaduras enriquecidas con cromo y selenio.

Cuando el testigo recibió fibra de palma de aceite africana no modificó la digestibilidad de la MS ni de la FDN. Sin embargo, la adición del mineral orgánico mejoró la digestibilidad de FDN y MS (tabla 2). La sustitución del pasto estrella de África por fibra de palma de aceite africana afectó la digestibilidad *in vivo* cuando se incluyó de 0 a 21 %. Esto es comparable con la caña de azúcar, ya que muestra similar comportamiento por su alto contenido de fibra (Aranda 2000). Por ello, se confirma que no hay efecto asociativo negativo de los aceites solubles impregnados en la fibra de palma de aceite africana en la digestibilidad, como refieren Sutton (1979) y Leng (1989). Los minerales orgánicos mejoran la digestibilidad de la FDN, complementada con la actividad celulolítica de los microorganismos del rumen, y permitieron que los novillos ingirieran más MS (Lewis *et al.* 1996 and Oba y Allen 1999). Los forrajes tropicales tienen una baja digestibilidad, si se comparan con los de clima templado. Por lo tanto, el efecto de estos aditivos puede ser importante en la utilización de forrajes de baja calidad. Cuando la dosis del mineral orgánico se incrementó, la digestibilidad de la FDN mejoró significativamente (tabla 2). Por lo tanto, la digestibilidad *in vivo* de la FDN fue superior para los novillos que recibieron la mayor dosis (30 g) del mineral orgánico ($P < 0.01$), mostrando un efecto asociativo cuadrático ($P < 0.01$). Esto indica

a linear effect ($P < 0.02$) of the organic mineral was observed on daily weight gain and feed conversion (table 3). The daily weight gain (DWG) with African oil palm fiber was similar to that obtained in the control group, with the high level of organic mineral, which indicates that without the mineral there would be a substitute effect, as reported by Aranda *et al.* (2001) for the case of sugarcane. However, the response with the organic mineral showed a linear effect ($P < .001$), which indicates that the DWG improves as a result of the higher intake of total digestible nutrients. The daily weight gain obtained in this experiment is higher than those reported by Aranda *et al.* (2001), when studying heifers in grazing that intake sugarcane treated with urea without enzymes, with a stocking rate of 6 heifers ha^{-1} . This implies that the African oil palm fiber is an agricultural by-product capable of replacing cutting grasses in tropical areas.

It has been shown that lignification is one of the

que el mineral orgánico se puede utilizar en los sistemas de pastoreo en los que el forraje es el componente dietético principal.

Con respecto al comportamiento productivo de los novillos, se observó efecto lineal ($P < 0.02$) del mineral orgánico en ganancia diaria de peso y en conversión alimentaria (tabla 3). La ganancia diaria de peso (GDP) con fibra de palma de aceite africana fue similar a la obtenida en el grupo testigo, con el nivel alto del mineral orgánico, lo que indica que sin el mineral habría un efecto sustitutivo, como lo refirieron Aranda *et al.* (2001) para el caso de caña de azúcar. Sin embargo, la respuesta con el mineral orgánico mostró un efecto lineal ($P < .001$), que indica que la GDP mejora como resultado del mayor consumo de nutrientes digestibles totales. La ganancia diaria de peso obtenida en este experimento es superior a lo informado por Aranda *et al.* (2001), al estudiar vaquillas en pastoreo que consumen caña de azúcar tratada con urea sin enzimas, con carga animal

Table 3. Productive response of steers grazing African Star grass and a complement with African oil palm fiber and the addition of an organic mineral.

Evaluated variables	Organic mineral , g animal ⁻¹ d ⁻¹				Contrasts		
	Control	0	15	30	SE	LE	QE
DWG (g d ⁻¹)	492 ^a	554 ^a	637 ^b	792 ^c	0.04	0.001**	0.50NS
FC	28.22	28.43	23.01	21.06	3.03	0.02*	0.53NS
AFW (kg)	298.41	286.18	298.48	359.01	22.09	0.02*	0.38NS

DWG (g d⁻¹) = Daily weight gain; FC = Feed conversion; AFW = Average final weight;

LE = Linear effect; QE = Quadratic effect.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$

^{abcd}Means with different literals within the rows differ ($P < 0.05$).

factors that influence on the digestion rate of cell walls, but there are other intrinsic that have not been identified (van Soest 1982, Mertens 1993 and Weimer 1996), so they are suggested as an object of future studies on African oil palm fiber. These factors are associated with the individual rate of degradation of structural carbohydrates or the proportions of arabinose and glucose of rapid degradation with xylose and slowly degrading uronic acids (Dekker *et al.* 1972 and Ben-Ghedalia and Rubinstein 1984).

Conclusions

The supplement with African palm oil palm fiber and the addition of an organic mineral (Bioplex Quality Meat) improved the weight gain of steers that graze the Africa star grass, due to the higher intake of digestible nutrients of palm fiber. When considering the main nutritional limitations of palm fiber (digestibility and nitrogen content), with the combination of complement and the use of organic minerals, higher nutrients can be obtained from palm fiber and incorporated as complementary food under tropical conditions.

Acknowledgments

de 6 vaquillas ha^{-1} . Esto implica que la fibra de palma de aceite africana es un subproducto agrícola capaz de sustituir los pastos de corte en zonas tropicales.

Se ha demostrado que la lignificación es uno de los factores que influyen en la tasa de digestión de las paredes celulares, pero existen otros intrínsecos que no han sido plenamente identificados (van Soest 1982, Mertens 1993 y Weimer 1996), por lo que se sugieren como objeto de estudios futuros sobre la fibra de palma de aceite africana. Estos factores se asocian a la tasa individual de degradación de los carbohidratos estructurales o a las proporciones de arabinosa y glucosa de rápida degradación con xilosa y ácidos urónicos de lenta degradación (Dekker *et al.* 1972 y Ben-Ghedalia y Rubinstein 1984).

Conclusiones

El complemento con fibra de palma de aceite africana y la adición de un mineral orgánico (Bioplex Quality Meat) mejoró la ganancia de peso de novillos que pastorean estrella de África, debido al mayor consumo de nutrientes digestibles de la fibra de palma. Al considerar las principales limitaciones nutricionales de la fibra de palma (digestibilidad y contenido de nitrógeno), con la combinación del complemento y el uso de minerales

Thanks to Fundación Produce Tabasco A.C. for the financing of this project. It also expresses gratitude to the producers of African oil palm from Jalapa Municipality, Tabasco, who contributed with the African oil palm fiber and to the directors of the DACA-UJAT for the facilities provided during the performing of this research.

orgánicos se pueden obtener mayores nutrientes de la fibra de palma e incorporarla como alimento complementario en condiciones tropicales.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Produce Tabasco A.C. por el financiamiento de este proyecto. Se expresa también gratitud a los productores de palma de aceite africana del Municipio de Jalapa, Tabasco, quienes contribuyeron con la fibra de palma de aceite africana y a los directivos de la DACA-UJAT por las facilidades brindadas durante la ejecución de esta investigación.

References

- AOAC, G. W. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Aranda, E. M. 2000. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes. Ph.D. Thesis, Universidad Autónoma de México, México, 90 p.
- Aranda, E., Mendoza, G. D., García-Bojalil, C. & Castrejón, F. 2001. "Growth of heifers grazing star grass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement". *Livestock Production Science*, 71(2): 201–206, ISSN: 0301-6226, DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00188-9, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622601001889>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Aroeira, R. S., Figueira, D. G., Rodríguez, N. M., Sampaio, I. B. M., Lopes, F. C. & Torres, M. P. 1993. "Degradabilidade *in situ* dos nutrientes da cana-de-acúcar e do farelo de algodao em bovinos alimentados com farelo de algodao e cana-de-acúcar de tres níveis de ureia". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 45: 221–233, ISSN: 1678-4162.
- Ben-Ghedalia, D. & Rubinstein, A. 1984. "The digestion of monosaccharide residues of the cell walls of oat and vetch hays by rumen contents *in vitro*". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(11): 1159–1164, ISSN: 00225142, 10970010, DOI: 10.1002/jsfa.2740351103, Available: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.2740351103>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Cabrera, E. J. I., Mendoza, M. G. D., Aranda, I. E., Garcia-Bojalil, C., Bárcena, G. R. & Ramos, J. J. A. 2000. "Saccharomyces cerevisiae and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures". *Animal Feed Science and Technology*, 83(1): 49–55, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(99)00109-1, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840199001091>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Church, D. C. 1988. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall, 564 p., ISBN: 978-0-8359-6782-2.
- Dekker, R. F. H., Richards, G. N. & Playne, M. J. 1972. "Digestion of polysaccharide constituents of tropical pasture herbage in the bovine rumen: Part I. Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*)". *Carbohydrate Research*, 22(1): 173–185, ISSN: 0008-6215, DOI: 10.1016/S0008-6215(00)85736-5, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008621500857365>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Draper, N. R. & Smith, H. 1981. Applied regression analysis. New York: John Wiley and Sons, 709 p., ISBN: 978-0-471-02995-3.
- Figueira, D. G., Aroeira, L. J., Rodriguez, N. M., Sampaio, I. B., López, F. C. & Torres, M. P. 1993. "Dinamica ruminal e pós ruminal da cana-de-acúcar e do farelo de algodao em bovinos aliemntados com farelo de algodao e cana-de-acúcar suplementada com tres diferentes níveis de uréia". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 45(1): 71–80, ISSN: 1678-4162.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). México: Instituto de Geografía - UNAM, 217 p.
- Geerken, C. M., Calzadilla, D. & Gonzalez, R. 1987. "Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pastos y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado". *Pastos y Forrajes*, 10(3): 266–273, ISSN: 2078-8452.
- González, R. F. 1995. Contribución al estudio de los factores que limitan el consumo de forrajes de caña de azúcar integral por los bovinos. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- González, R., Muñoz, E. & González, R. M. 1991. "Efecto de la suplementación nitrogenada en el consumo y tamaño de las partículas ruminales y fecales en vacas alimentadas con forraje de caña de azúcar". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 25(3): 255–259, ISSN: 2079-3480.
- Kotb, A. R. & Luckey, T. D. 1972. "Markers in nutrition". *Nutrition Abstracts and Reviews*, 42(3): 813–845, ISSN: 0029-6619.
- Leng, R. A. 1989. "Restricciones metabólicas para la utilización de la caña de azúcar y sus subproductos para el crecimiento y producción de leche en rumiantes mayores". In: Colección Geplacea, (ser. Diversificación PNND), Grupo de países Latinoamericanos y del Caribe exportadores de azúcar, pp. 23–57, Colección Geplacea.
- Lewis, G. E., Hunt, C. W., Sanchez, W. K., Treacher, R., Pritchard, G. T. & Feng, P. 1996. "Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers.". *Journal of Animal Science*, 74(12): 3020–3028, ISSN: 0021-8812, DOI: 10.2527/1996.74123020x, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/74/12/3020>>, [Consulted: January 15, 2018].

- Mendoza, M., Ricalde, V. & Arroyo, M. 1995. "Prediction of dry matter intake based on rumen evacuation". *Small Ruminant Research*, 18(2): 133–136, ISSN: 0921-4488, DOI: 10.1016/0921-4488(95)00716-X, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092144889500716X>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Mertens, D. R. 1993. "Kinetics of Cell Wall Digestion and Passage in Ruminants". In: Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D. & Ralph, J., Forage cell wall structure and digestibility, Madison, USA: ACSESS publications, pp. 535–571, ISBN: 978-0-89118-238-2, DOI: 10.2134/1993.foragecellwall.c21, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/acesspublicati/foragecellwalls/535>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Molina, A. 1990. "Potencial forrajero de la caña de azúcar para la ceba de ganado bovino". In: Producción de carne en el trópico, La Habana, Cuba: EDICA, p. 225.
- Nelson, M. L., Motjope, L., Finley, J. W. & Parish, S. M. 1990. "Ash-Free Indigestible Acid Detergent Fiber as an Internal Marker to Estimate Digestibility with Grazing Ruminants". *Journal of Range Management*, 43(3): 224–229, ISSN: 0022-409X, DOI: 10.2307/3898678, Available: <<http://www.jstor.org/stable/3898678>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Oba, M. & Allen, M. S. 1999. "Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows". *Journal of Dairy Science*, 82(3): 589–596, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299752719>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Ocampo, D. A., Lozano, E. & Reyes, E. 1990. "Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos". *Livestock Research for Rural Development*, 2(1), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.fao.org/ag/aga/agaP/Frg/lrrd/lrrd2/1/ocampo.htm>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Parker, W. J., McCutcheon, S. N. & Carr, D. H. 1989. "Effect of herbage type and level of intake on the release of chromic oxide from intraruminal controlled release capsules in sheep". *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 32(4): 537–546, ISSN: 0028-8233, DOI: 10.1080/00288233.1989.10417928, Available: <<https://doi.org/10.1080/00288233.1989.10417928>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Pérez, J., Alarcón, B., Mendoza, G. D., Bárcena, R., Hernández, A. & Herrera, J. G. 2001. "Efecto de un banco de proteína de kudú en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana". *Técnica Pecuaria en México*, 39(1): 39–52, ISSN: 0040-1889.
- Poppi, D. P., Minson, D. J. & Ternouth, J. H. 1981. "Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 2. Factors controlling the retention of feed in the reticulo-rumen". *Australian Journal of Agricultural Research*, 32(1): 109–121, ISSN: 1444-9838, DOI: 10.1071/ar9810109, Available: <<http://www.publish.csiro.au/cp/AR9810109>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Ramos, J. A., Mendoza, G. D., Aranda, E., Garcia-Bojalil, C., Barcena, R. & Alanis, J. 1998. "Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass". *Animal Feed Science and Technology*, 70(3): 249–256, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(97)00039-4, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840197000394>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Rojo, R., Mendoza, G., García, C., Bárcena, J. & Aranda, E. 2000. "Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*". *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(4): 358–370, ISSN: 0378-7818, Available: <<http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/11925>>, [Consulted: January 15, 2018].
- SAS (Statistical Analysis System) 1985. S.A.S. User's guide: Statistics. 5th ed., Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shipley, R. A. & Clark, R. E. 1972. Tracer methods for *in vivo* kinetics: theory and applications. call no. QP521 .S47 1972, New York: Academic Press, 239 p., ISBN: 978-0-12-640250-6.
- Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed., Auckland: McGraw-Hill, 512 p., ISBN: 978-0-07-066581-1, Available: <<https://www.amazon.com/Principles-Procedures-Statistics-Biometrical-Approach/dp/0070665818>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Sunvold, G. D. & Cochran, R. C. 1991. "Technical note: evaluation of acid detergent lignin, alkaline peroxide lignin, acid insoluble ash, and indigestible acid detergent fiber as internal markers for prediction of alfalfa, bromegrass, and prairie hay digestibility by beef steers". *Journal of animal science*, 69(12): 4951–4955, ISSN: 0021-8812, DOI: 10.2527/1991.69124951x, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/69/12/4951>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Sutton, J. D. 1979. "Rumen function and the utilization of readily fermentable carbohydrates by dairy cows". *Tropical Animal Production*, 4(1): 1–12.
- Van Keulen, J. & Young, B. A. 1977. "Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies 1, 2". *Journal of Animal Science*, 44(2): 282–287, ISSN: 0021-8812, DOI: 10.2527/jas1977.442282x, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/44/2/JAN0440020282>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation, and the chemistry of forages and plant fibers. Corvallis, Or: O & B Books, 374 p., ISBN: 978-0-9601586-0-7, Available: <<https://www.amazon.com/Nutritional-ecology-ruminant-cellulolytic-fermentation/dp/096015860X>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. "Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle". *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583–3597, ISSN: 0022-0302.
- Vanzant, E. S., Cochran, R. C. & Titgemeyer, E. C. 1998. "Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation". *Journal of animal science*, 76(10): 2717–2729, ISSN: 0021-8812, DOI: 10.2527/1998.76102717x, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/76/10/2717>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Weimer, P. J. 1996. "Why Don't Ruminant Bacteria Digest Cellulose Faster?". *Journal of Dairy Science*, 79(8): 1496–1502,

ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76509-8, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296765098>>, [Consulted: January 15, 2018].

Williams, C. H., David, D. J. & Iismaa, O. 1962. "The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry". *The Journal of Agricultural Science*, 59(3): 381–385, ISSN: 0021-8596, 1469-5146.

Received: April 3, 2017