

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SUPLEMENTACIÓN CON ACTIVADORES RUMINALES EN TERNERAS
Y VACAS HOLANDO ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE SORGO COMO
DIETA BASE**

por

Franciele SANTOS RODRIGUES

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magíster en Ciencias Agrarias
opción Ciencias Animales

**PAYSANDÚ
URUGUAY
Setiembre 2015**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por (título nombre), (título nombre), y (título nombre), el (día) de (mes) de (año). Autora: Zootecnista Franciele Santos Rodrigues.
Director: Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste, Co-director/a (título nombre).

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía – Universidad de la República por la posibilidad que me ha dado y a mi tutor Ing. Agr. Pablo Chilibroste por orientarme y por la oportunidad concedida.

A mi madre, mi padre y mi hermano por la fuerza en el momento que más necesitaron, en el cual estuve ausente.

A los funcionarios del tambo (Ruben, Martín, Paolo, Tanicho, Giordano y Jesús) y a Juan Pablo, que me acompañaron y brindaron apoyo durante el trabajo de campo.

A Mimo por su presencia constante y por acompañarme en toda esa trayectoria.

A Javier Coitiño López por toda la paciencia, apoyo, comprensión y motivación permanente ¡Muchas Gracias Javi!

A Alicia López, por tratarme siempre como una hija y por todo el cariño de siempre.

A Emiliano y Carlos, por todos los momentos lindos que vivimos. Los quiero.

A toda la Familia López que me trataron como uno de ellos, por todo el cariño, apoyo y por los lindos momentos que pudimos disfrutar.

A Pilar Ojeda, Elsie Machado y Daniel Perdomo por todo apoyo y motivación.

A Juana Villalba, Juan Olivet y Grisel Fernández por la amistad y por permitirme la concretización de mis estudios a través de la oportunidad de trabajo.

A Diego Mattiauda, Oscar Bentancur, María de los Ángeles Bruni, Virginia Beretta, Enrique Favre y Ana Inés Trujillo por las valiosas contribuciones.

A Arabel Elías por toda la contribución y por los aportes valiosos.

A Gabriela Arias por su apoyo permanente durante el trabajo, con los análisis de laboratorio y con la colaboración en los análisis de los resultados.

A todo el personal de Bedelía, Biblioteca, Laboratorios, Cantina y estudiantes de maestría y grado que de alguna forma siempre me ayudaron. Muchas Gracias.

A todos los docentes que me apoyaron y acompañaron durante todo el camino.

A todos que estuvieron presentes en este largo y difícil trayecto aportando algo...

¡Agradezco!

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
SUMMARY.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	01
2. <u>SUPLEMENTACIÓN CON ACTIVADORES RUMINALES EN TERNE- RAS ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE SORGO</u>.....	03
2.1. RESUMEN.....	04
2.2. SUMMARY.....	04
2.3. INTRODUCCIÓN.....	05
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	06
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
2.6. CONCLUSIONES.....	13
2.7. AGRADECIMIENTOS.....	13
2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	14
3. <u>ACTIVADORES DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL EN VACAS HO- LANDO SECAS: CONSUMO DE MATERIA SECA, PARÁMETROS RU- MINALES Y DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE ENSILAJE DE SORGO</u>.....	16
3.1. RESUMEN.....	17
3.2. SUMMARY.....	18
3.3. INTRODUCCIÓN.....	19
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.6. CONCLUSIONES.....	35
3.7. AGRADECIMIENTOS.....	35
3.8. BIBLIOGRAFÍA.....	36
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u>.....	39
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>.....	41

RESUMEN

En el artículo 1 se estudió el efecto de la suplementación con un activador de la fermentación ruminal (AFR) y con microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA) sobre el consumo de materia seca (MS) y ganancia media diaria de peso (GMD) en terneras Holando consumiendo ensilaje de planta entera de sorgo granífero (ES) como fuente de forraje. Se asignaron 32 terneras en un diseño completamente aleatorizado a los siguientes tratamientos: C= Control (ES y núcleo mineral - vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR (9 g.kg PV⁻¹); CMEBA= C + MEBA (9 mL.kg PV⁻¹) y CAM= C + AFR (9 g.kg PV⁻¹) + MEBA (9 mL.kg PV⁻¹). El consumo de MS (kg.día⁻¹) de ES fue mayor ($p<0,05$) para los tratamientos CAFR y CAM respecto a C, mientras que CMEBA y C no difirieron. El consumo de MS total (MST; kg.día⁻¹) fue mayor ($p<0,05$) para los tratamientos CAFR (6,42), CAM (6,40) y CMEBA (5,28) respecto a C (5,07). La GMD (kg.día⁻¹) fue superior ($p<0,05$) para los tratamientos CAM (0,654), CAFR (0,640) y CMEBA (0,206) respecto a C (0,075). En el artículo 2 se evaluó el efecto de la suplementación con un AFR y con MEBA sobre el consumo de ES, consumo de MST, pH, N-NH₃, parámetros de degradación ruminal, concentración de ácidos grasos volátiles totales (AGV total) y las proporciones molares de acetato, butirato, isobutírico y propionato en vacas Holando consumiendo ES como dieta base. Tres vacas secas con fístula ruminal se asignaron a tres tratamientos en un diseño de cuadrado latino (3×3). Los tratamientos fueron: C= Control (ES y un núcleo mineral - vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR (9 g.kg PV⁻¹); CMEBA= C + MEBA (9 mL.kg PV⁻¹). El pH ruminal no fue diferente entre tratamientos, mientras que la concentración de N-NH₃ (mg dL⁻¹) fue superior ($p<0,05$) en el tratamiento CAFR (11,28) respecto a CMEBA (4,53) y C (4,37). La concentración de propiónico (mM L⁻¹) fue superior ($p<0,05$) en los tratamientos C (18,45) y CAFR (17,34) con respecto al CMEBA (14,50). El consumo de MST (kg.día⁻¹) fue superior ($p<0,05$) en el tratamiento CAFR (18,1) respecto a C (15,3) y CMEBA (15,1). El consumo de ES, los parámetros de degradación de la MS y FDN del ES, el AGV total, los ácidos acetato, butirato e isobutírico no fueron afectados ($p>0,05$) por la suplementación.

Palabras clave: desempeño, fermentación ruminal, forraje conservado, nutrición.

SUMMARY

Supplementation with rumen promoters in calves and Holstein cows fed sorghum silage diet as base

In paper 1 the effect of supplementation with a rumen fermentation promoter (AFR) and biologically activated beneficial microorganisms (MEBA) on dry matter (DM) intake and average weight daily gain (ADG) in Holstein calves consuming whole plant silage of grain sorghum (SS) as a fiber source was studied. Thirty two calves were randomized in a completely randomized design to one of the following treatments: C= Control (SS and vitamin mineral block *ad libitum*); CAFR = C + AFR (9 g.kg LW⁻¹); CMEBA = C + MEBA (9 mL.kg LW⁻¹) and CAM= C + AFR (9 g.kg LW⁻¹) + MEBA (9 mL.kg LW⁻¹). The DM intake (kg.day⁻¹) of SS was higher ($p<0,05$) for treatments CAFR and CAM than C, while CMEBA and C weren't different. The total DM intake (DMT; kg.day⁻¹) was higher ($p<0,05$) for treatments CAFR (6,42), CAM (6,40) and CMEBA (5,28) than treatment C (5,07). The ADG (kg.day⁻¹) was higher ($p<0,05$) for treatments CAM (0,654), CAFR (0,640) and CMEBA (0,206) than C (0,075). In paper 2 the effect of supplementation with AFR and MEBA on intake of SS, DMT, pH, N-NH₃, degradation parameters, concentration of total volatile fatty acids (total VFA) and the molar proportions of acetate, butyrate, propionate and isobutyric in Holstein cows consuming SS as diet base was studied. Three dry cows with rumen cannula were randomized to three treatments in a Latin Square design (3 × 3). The treatments were: C= Control (SS and vitamin mineral block *ad libitum*); CAFR= C + AFR (9 g.kg LW⁻¹); CMEBA = C + MEBA (9 mL.kg LW⁻¹). Ruminant pH was not different between treatments. The concentration of N-NH₃ (mg dL⁻¹) was higher ($p<0,05$) in treatment CAFR (11,28) than CMEBA (4,53) and C (4,37). The concentration of propionic (mM L⁻¹) was higher ($p<0,05$) in treatments C (18,45) and CAFR (17,34) than in treatment CMEBA (14,50). The DMT (kg.day⁻¹) was higher ($p<0,05$) in treatment CAFR (18,1) than C (15,3) and CMEBA (15,1). The intake of SS, the degradation parameters of DM and FND SS, total VFA, the acids acetate, butyrate and isobutyric were not affected ($p> 0.05$) by supplementation.

Key words: performance, ruminal fermentation, conserved roughage, nutrition.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de forrajes en forma de ensilaje es una alternativa cada vez más difundida en los sistemas de producción de leche del Uruguay, en el cual se observa un creciente interés en la utilización de ensilaje de planta entera de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (ES). Sin embargo, la utilización de ES como única fuente en la alimentación en rumiantes presenta limitaciones nutricionales caracterizadas por bajos niveles de proteína bruta (PB), altos niveles de fibra detergente neutra (FDN) y valores medios a bajos de digestibilidad. Por lo tanto, el desarrollo de tecnologías que posibiliten optimizar la utilización de este material y consecuentemente aumentar la producción animal es de alto interés en el sector productivo.

De acuerdo con Calsamiglia *et al.* (2005) es posible obtener beneficios adicionales mediante el uso de aditivos que modulen la fermentación ruminal. Según Nagaraja *et al.* (1997), la fermentación ruminal tiene por objetivos, mejorar los procesos benéficos y minimizar, eliminar o alterar los procesos ineficientes que causan prejuicios tanto para los microorganismos del rumen cuanto para el huésped. Ejemplos de procesos cuya maximización sería válida en todas las circunstancias son la degradación de la fibra, fermentación del lactato y conversión de los compuestos nitrogenados no proteicos en proteína microbiana; en cuanto a los procesos que deberían ser minimizados se incluyen la producción de metano, degradación de la proteína y absorción de amoníaco.

En los últimos años nuevas prácticas de alimentación se han promovido con el objetivo de mejorar la eficiencia tanto a nivel ruminal como o de producto animal.

Los activadores de la fermentación ruminal (AFR) son moduladores biológicos que favorecen el metabolismo ruminal, suministrando a los microorganismos nutrientes esenciales para su crecimiento, lo que deriva en una mayor degradación de las partículas de alimentos fibrosos de calidad baja y media (Jordán, 2001). Por otro lado, el uso de microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA), junto con sus metabolitos, producto de la fermentación del sustrato en que se desarrollan, promueven la fermentación ruminal aumentando la

digestibilidad de la materia seca (MS) y estimulando la producción de ácidos orgánicos, por lo que su función es actuar como probiótico y mejorar las condiciones ambientales en el tracto gastrointestinal de los animales (Elías y Herrera, 2008).

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de la suplementación con AFR o MEBA sobre el consumo de ES, consumo de materia seca total (MST), los parámetros de degradabilidad *in situ* de la MS y FDN de ES y los parámetros de fermentación ruminal en vacas Holando alimentadas con ES como dieta base suplementadas o no con AFR, MEBA y su combinación. Se estudió también el efecto de los mismos tratamientos sobre el consumo de MS y la GMD en terneras Holando alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base.

2. SUPLEMENTACIÓN CON ACTIVADORES RUMINALES EN TERNERAS ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE SORGO

Promotors ruminal supplementation in calves fed sorghum silage

Rodrigues¹, F.S., Elías², A., Chilibroste³, P.

Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Ruta 3 km 363, Paysandú, Uruguay.

¹ Zootecnista, Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía.
Correo electrónico: zoo_fran@hotmail.com

² Instituto de Ciencia Animal, Cuba

³ Profesor Bovinos de Leche, Departamento de Producción Animal y Pasturas – EEMAC.

Rodrigues, F. S., Elías, A., Chilibroste, P. 2012. Suplementación con activadores ruminales en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo. Revista Argentina de Producción Animal.32 (2): 117-123.

2.1. RESUMEN

Se estudió el efecto de la suplementación con un activador de la fermentación ruminal (AFR) y con microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA) sobre el consumo de materia seca (MS) y ganancia media diaria de peso (GMD) en terneras Holando consumiendo ensilaje de sorgo (ES) como fuente de forraje. Fueron utilizadas 32 terneras Holando asignadas en un diseño completamente aleatorizado a los siguientes tratamientos: C= Control (ES y núcleo mineral - vitamínico *ad libitum*); CAFR C + AFR (9 g.kg PV⁻¹); CMEBA= C + MEBA (9 mL.kg PV⁻¹); CAM= C + AFR (9 g.kg PV⁻¹) + MEBA (9 mL.kg PV⁻¹). El consumo de MS de ES fue mayor ($p < 0,05$) para los tratamientos CAFR y CAM respecto a C (5,26; 5,24 y 5,07 kg.día⁻¹, respectivamente), mientras que CMEBA (5,19 kg.día⁻¹) y C no difirieron. El consumo MS total (kg.día⁻¹) fue mayor ($p < 0,05$) para los tratamientos CAFR (6,42), CAM (6,40) y CMEBA (5,28) respecto a C (5,07). La GMD (kg.día⁻¹) fue superior ($p < 0,05$) para los tratamientos CAM (0,654), CAFR (0,640) y CMEBA (0,206) respecto a C (0,075). Se concluye que la suplementación con CAM y CAFR incrementó el consumo de MS de sorgo, el CMS total y la GMD.

Palabras clave: desempeño, forraje, nutrición, rumiantes.

2.2. SUMMARY

The effect of supplementation with rumen fermentation promoter (AFR) and biologically active beneficial microorganisms (MEBA) on dry matter intake (DM) and average daily gain (ADG) in calves consuming sorghum silage (SS) as fiber source were evaluated. 32 calves were assigned in a completely randomized design to the following treatments: C- Control (SS and mineral vitamin supplement *ad libitum*); CAFR= C + AFR (9 g.kg LW⁻¹); CMEBA= C + MEBA (9 ML.kg LW⁻¹); CAM= C + AFR (9 g.kg LW⁻¹) + MEBA (9 ML.kg LW⁻¹). DM intake of SS was higher ($p < 0.05$) for CAFR and CAM treatments than C (5.26, 5.24 and 5.07 kg.day⁻¹, respectively), while CMEBA (5.19 kg.day⁻¹) and C were not different. Total DM intake (kg. day⁻¹) was higher ($p < 0.05$) for treatments CAFR (6.42), CAM (6.40) and

CMEBA (5.28) than control treatment (5.07). ADG ($\text{kg}\cdot\text{day}^{-1}$) was higher ($p<0.05$) for treatments CAM (0.654), CAFR (0.640) and CMEBA (0.206) than C (0.075). There was an increase in DM intake of SS for CAFR and CAM treatments while treatments, CAM, CAFR and CMEBA increased total DM intake and ADG.

Key words: performance, roughage, nutrition, ruminant.

2.3. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum*) es uno de los principales cultivos forrajeros de verano tanto en clima tropical, en el subtrópico y zonas templadas (Weinberg *et al.*, 2011). El ensilaje de sorgo se caracteriza por presentar bajos niveles de proteína bruta (PB) (50 - 94 g PB.kg⁻¹ MS) (Marrero *et al.*, 2000) y alta concentración de fibra detergente neutra (FDN) (Nichols *et al.*, 1998) que lo determina como un alimento de bajo valor nutritivo.

Khan *et al.* (2011) reportaron consumos superiores de materia seca (MS) total y ganancia media diaria de peso (GMD) en corderos alimentados con ensilaje de sorgo y suplementos, respecto a los alimentados solo con ensilaje de sorgo. Resultados semejantes fueron encontrados por Ashiono *et al.* (2006) en vacas lecheras alimentadas con ensilaje de sorgo mezclada con papa dulce en relación a ensilaje de sorgo. Estos trabajos demuestran que la baja disponibilidad de compuestos nitrogenados y los elevados contenidos de carbohidratos fibrosos restringen el consumo del ensilaje, que a su vez, resultan en bajo desempeño animal (Van Soest, 1994).

Los activadores de la fermentación ruminal (AFR) son un estimulante biológico que favorece el metabolismo ruminal, suministrando a los microorganismos nutrientes esenciales para su crecimiento derivando en una mayor degradación de partículas de alimentos fibrosos de calidad baja y media (Jordán, 2001). Mejías *et al.* (2007) trabajando con hembras lecheras en crecimiento compararon dos tratamientos, *Pennisetum purpureum* más AFR y *Cynodon nlemfuensis* más concentrado, observándose un incremento diario de peso de 0,530 kg.animal.día⁻¹ a favor del tratamiento con AFR contra 0,470 kg.animal.día⁻¹ del

concentrado. Díaz *et al.* (2005) en un experimento con novillos en pastoreo de glycine (*Neonotonia wightii*) y pastura natural, encontraron mayores consumo de MS diaria en los animales suplementados con AFR en comparación con el grupo sin suplementación.

Por otro lado, el uso de microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA), junto con sus metabolitos producto de la fermentación del sustrato en que se desarrolla, promueven la fermentación ruminal aumentando la digestibilidad de la MS (Elías y Herrera, 2008). En un estudio realizado con ovinos, los animales que recibieron melaza y pollinaza inoculada con MEBA obtuvieron mayor GMD en relación al testigo (Calderón *et al.*, 2006). Blardony (2010) en un ensayo con ovinos estabulados alimentados con sacchasorgo como dieta base suplementado con MEBA, encontró un mayor consumo de alimento en los animales suplementados comparado con el control.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la suplementación con un AFR, MEBA, y la combinación de los dos suplementos sobre el consumo de MS y la GMD en terneras Holando alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y período experimental

El experimento fue conducido en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (E.E.M.A.C.), Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay, durante el período de octubre a diciembre de 2009. La duración de dicho experimento fue de 77 días, de los cuales los primeros 21 días correspondieron al período de adaptación de los animales a la nueva dieta y manejo, y los restantes 56 días al período de determinaciones.

Animales y manejo

Se utilizaron 32 terneras Holando con $146 \pm 18,1$ kg peso vivo (PV) promedio inicial y 189 ± 14 días de edad. Se alojaron durante todo el período en

corrales individuales de 18m², con divisiones de alambre eléctrico con piso de tierra y malla sombra. Cada corral tenía un bebedero individual y un recipiente con núcleo mineral – vitamínico (Bovigold®, Tortuga), ambos *ad libitum*. Al inicio del experimento todos los animales fueron dosificados contra parásitos internos y externos con Ivermectina al 1% (Ivergen®, Lab Biogénesis - Bagó).

Los animales fueron pesados al inicio y cada 14 días hasta el final del experimento. El pesaje fue realizado en la mañana con 12 horas de ayuno alimentario. Los pesos fueron utilizados para la asignación de los suplementos, cuya oferta se corrigió luego de cada pesada en función de la evolución del PV. El suministro de ensilaje de sorgo fue *ad libitum*, por lo tanto las cantidades ofrecidas se ajustaron en la medida que se observaron rechazos menores al 15% del ofrecido. Los alimentos se suministraron una vez al día a las 9 a.m. durante todo el período. Todos los alimentos, excepto la mezcla de activador y MEBA en el tratamiento CAM, fueron ofrecidos en comederos individuales.

Tratamientos

Se utilizaron cuatro tratamientos definidos según la alimentación: C= Control (ensilaje de sorgo y un núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR a razón de 9 g.kg PV⁻¹; CMEBA= C + MEBA a razón de 9 mL.kg PV⁻¹; CAM= C + AFR + MEBA a razón de 9 g.kg PV⁻¹ y 9 mL.kg PV⁻¹, respectivamente. El AFR se elaboró en base a puntina de arroz (32,0%), harina de maíz (21,4%), afrechillo de trigo (16,1%), expeller de girasol (17,9%), melaza (4,8%), urea (4,8%), minerales (1,4%) y sulfato de amonio (1,7%). El MEBA se preparó en base a melaza (10,0%), urea (0,5%), minerales (0,5%), sulfato de amonio (0,3%), maíz molido (4,0%), soja molido (4,0%), agua (78,7%) y yogurt comercial (2,0%) y se dejó fermentar durante 48 horas. Los microorganismos activos presentes en el MEBA fueron diferentes especies de levaduras y *Lactobacillus sp.* provenientes de la melaza y del yogurt, respectivamente.

En el Cuadro 1 se presenta la composición química del ensilaje de sorgo y de los suplementos, mientras que en el Cuadro 2 se muestra la composición química de los tratamientos experimentales.

Cuadro 1: Composición química de ensilaje de sorgo (ES), activador de la fermentación ruminal (AFR), microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA) y AFR y MEBA utilizados en el experimento.

Table 1: Chemical composition of sorghum silage (ES), rumen fermentation promoter (AFR), biologically active beneficial microorganisms (MEBA) and AFR and MEBA used in the experiment.

	ES	AFR	MEBA	AFR + MEBA
MS (g.kg ⁻¹)	324,1 ± 18,7	906,8 ± 19,4	92,6 ± 22,0	499,7 ± 17,7
MO ¹	924,3 ± 8,3	959,4 ± 4,3	-----	-----
PB ¹	87,6 ± 4,7	353,2 ± 82,4	421,6 ± 58,4	382,3 ± 42,1
aFDNmo ¹	406,6 ± 23,7	208,4 ± 22,5	-----	-----
FDAmo ¹	229,9 ± 17,7	86,5 ± 9,9	-----	-----

¹(g.kg⁻¹ MS); MS= Materia seca; MO= Materia orgánica; PB= Proteína bruta; aFDNmo= Fibra detergente neutro corregida por cenizas con amilasa; FDAmo= Fibra detergente ácido corregida por cenizas.

Cuadro 2: Composición química de los tratamientos experimentales.

Table 2: Chemical composition of experimental treatments.

	Tratamientos			
	C	CAFR	CMEBA	CAM
MS (g.kg ⁻¹)	324,1	428,9	319,5	355,7
MO ¹	924,3	930,6	905,8	757,9
PB ¹	87,6	135,4	94,3	140,8
aFDNmo ¹	406,6	370,9	398,4	334,4
FDAmo ¹	229,9	204,1	225,3	188,5

¹(g.kg⁻¹ MS); MS= Materia seca; MO= Materia orgánica; PB= Proteína bruta; aFDNmo= Fibra detergente neutro corregida por cenizas con amilasa; FDAmo= Fibra detergente ácido corregida por cenizas; C- Control (ensilaje de sorgo y núcleo mineral - vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA; CAM= C + AFR + MEBA.

Determinaciones y análisis de las muestras

El consumo aparente de los alimentos se determinó diariamente por diferencia de peso entre ofrecido y rechazado. Una vez a la semana se tomaron muestras representativas de los alimentos ofrecidos (ensilaje de sorgo, AFR y MEBA). Al día siguiente se mezclaron los rechazos de cada tratamiento (sin mezclar alimentos) y se tomaron muestras de las mezclas. Las muestras fueron conservadas a 4 °C hasta procesarlas.

Las muestras de ensilaje de sorgo y AFR ofrecido y los rechazos de ensilaje de sorgo, AFR y AFR y MEBA fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. Posteriormente fueron molidas en un molino Macro Wiley con malla de 2 mm. En ensilaje de sorgo, AFR y AFR y MEBA se determinaron el contenido de MS (105 °C), materia orgánica (MO) y nitrógeno total (Kjeldahl) según AOAC (1990). Los contenidos de FDN y fibra detergente ácida (FDA) fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial (Van Soest *et al.*, 1991). En el MEBA se determinó MS (105 °C) y nitrógeno total (Kjeldahl) según AOAC (1990).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. La evolución del PV fue analizada como medidas repetidas en el tiempo (Proc Mixed SAS, Versión 9.1.3) con PV inicial como covariable. Para el análisis estadístico de consumo se aplicó el mismo diseño, utilizando el PV inicial como covariable, mediante al paquete estadístico InfoStat (Versión 2008). Las medias de los tratamientos fueron comparadas por prueba de probabilidad Tukey ($p < 0,05$).

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presenta el PV inicial, final y la GMD de las terneras según los tratamientos. En función de los resultados se observó que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) para el PV inicial entre los tratamientos, lo que indica una buena uniformidad entre los animales al comienzo del experimento. Los tratamientos CAFR y CAM presentaron mayor PV final y no difirieron entre sí, mientras que los mismos fueron superiores ($p < 0,05$) a C y CMEBA. El tratamiento CMEBA no fue significativamente diferente ($p > 0,05$) del C respecto a variable PV final. Díaz (2010) en ovinos en pastoreo encontró resultados semejantes al emplear en la ración un producto denominado “Vitafert” en ovinos en pastoreo suplementados con una mezcla de caña y pulidura de arroz fermentada en estado sólido y denominado Sacchapulido. Sin embargo, Calderón *et al.* (2006) encontraron mayor PV final en los animales suplementados con MEBA.

Cuadro 3: Peso vivo (PV) inicial, peso vivo final y ganancia media diaria (GMD) de terneras Holando según tratamiento.

Table 3: Initial live weight, final weight and average daily gain (ADG) of Holstein calves according to treatment.

Indicadores	Tratamientos				
	C	CAFR	CMEBA	CAM	E.E.
PV inicial, kg	147,25 a	146,94 a	146,06 a	145,31 a	6,83
PV final, kg	156,27 b	190,14 a	162,27 b	189,08 a	2,68
GMD	0,075 c	0,640 a	0,206 b	0,654 a	0,037

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). E.E.= Error estándar; C= Control (ensilaje de sorgo y un núcleo mineral - vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA; CAM= C + AFR + MEBA.

Los animales de los tratamientos CAM y CAFR obtuvieron GMD que no difirieron entre sí, pero fueron superiores ($p < 0,05$) al tratamiento C y CMEBA. La mayor GMD en los tratamientos suplementados con AFR coincide con los resultados

reportados por Mejías *et al.* (2007). Los animales del tratamiento CMEBA presentaron mayores GMD ($p<0,05$) comparado al C, que coincide con lo informado por Calderón *et al.* (2006). Sin embargo, Blardony (2010) y Díaz (2010) no encontraron beneficios con la suplementación con MEBA. La no respuesta a la suplementación con MEBA en estos experimentos puede estar relacionada con la reducida frecuencia de suministro del suplemento.

Los consumos promedios diarios de ensilaje de sorgo, AFR, MEBA, AFR y MEBA y MS total se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Consumo de ensilaje de sorgo (ES), activador de la fermentación ruminal (AFR), microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA), AFR y MEBA y consumo total (CMS) en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base.

Table 4: Intake of Sorghum silage (ES), rumen fermentation promoter (AFR), biologically active beneficial microorganisms (MEBA), AFR and MEBA and total intake (CMS) in calves fed with Sorghum silage basal diet.

Consumo	Tratamientos				E.E.
	C	CAFR	CMEBA	CAM	
ES (kg MS.día ⁻¹)	5,07 b	5,26 a	5,19 ab	5,24 a	0,04
AFR (kg MS.día ⁻¹)	-----	1,17	-----	-----	-----
MEBA (kg MS.día ⁻¹)	-----	-----	0,10	-----	-----
AFR + MEBA (kg MS.día ⁻¹)	-----	-----	-----	1,16	-----
CMS total (kg.día ⁻¹)	5,07 c	6,42 a	5,28 b	6,40 a	0,05

Medias con letras diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas ($p<0,05$). E.E.= Error estándar; C= Control (ensilaje de sorgo y un núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA; CAM= C + AFR + MEBA.

El consumo de MS de ensilaje de sorgo fue significativamente más alto ($p<0,05$) al avanzar el experimento, presentando como valor inicial de 3,73 kg MS.animal.día⁻¹ y final de 5,81 kg MS.animal.día⁻¹. El consumo de MS de ensilaje de

sorgo no fue significativamente diferente ($p>0,05$) entre los tratamientos CAFR, CMEBA y CAM. Sin embargo, los tratamientos CAFR y CAM fueron superiores ($p<0,05$) al tratamiento C. El mayor consumo de MS de ensilaje de sorgo en los tratamientos CAM y CAFR puede estar vinculado al suministro de fuentes adicionales de energía y proteína por parte del AFR a los microorganismos ruminales promoviendo una mayor degradación de la fracción fibra del alimento (Jordán, 2001). No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos C y CMEBA, respecto al consumo de ensilaje de sorgo. Resultado similar fue encontrado por Díaz (2010) en ovinos pastoreando forraje Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) con o sin suplementación de MEBA.

El consumo inferior que presentaron los tratamientos C y CMEBA puede estar relacionado al bajo contenido de PB en la MS (Cuadro 2), ya que al situarse en valores próximos al nivel mínimo de 7%, el reciclaje de la urea no es suficiente para atender la demanda de nitrógeno para los microorganismos ruminales, resultando en reducciones en el consumo y la digestibilidad (Van Soest, 1994). Dado que estos tratamientos presentaron mayores contenidos de FDN (Cuadro 2) es posible que el ritmo de degradación del alimento en el rumen haya sido menor, al igual que la tasa de pasaje del alimento y reduciendo por tanto el consumo voluntario de MS (Van Soest, 1994).

El consumo de MS total expresado en $\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ fue superior ($p<0,05$) para los tratamientos CAFR y CAM respecto al C. Este resultado concuerda con el encontrado por Khan *et al.* (2011) y Ashiono *et al.* (2006). El consumo de MS total fue mayor ($p<0,05$) en el tratamiento CMEBA comparado con el C. Este resultado coincide con el reportado por Blardony (2010), que logró mayores consumos de MS en los animales suplementados con MEBA. El bajo consumo de MS en el tratamiento suplementado con MEBA puede estar relacionado al corto período de suplementación, dado que Blardony (2010) encontró mejores respuestas con períodos más prolongados de suplementación vinculados a una más eficiente colonización de los microorganismos benéficos biológicamente activados. El mismo autor observó que el consumo de MS se incrementó conforme transcurrió el experimento. En

contrapartida, Díaz (2010) no encontró diferencia significativa en consumo de MS total entre los tratamientos con o sin suplementación de MEBA.

En el consumo de MS total se observó un efecto significativo ($p < 0,05$) de la suplementación con AFR y MEBA. El suministro de suplementos no deprimió el consumo de la dieta base por lo que el efecto sobre el consumo fue de tipo aditivo. Galina y Carmona (2002) trabajando con bovinos alimentados con ensilaje de maíz y el mismo ensilaje suplementado con AFR observaron que la utilización del suplemento tampoco deprimió el consumo de la dieta base. Pineda (2006), evaluó la utilización de suplementos AFR y un concentrado en el engorde de toros pastoreando praderas tropicales compuestas principalmente por *Cynodon nlemfuensis* y *Cynodon dactylon*. Encontrando que el consumo de la pradera por los animales suplementados con los distintos AFR prácticamente se duplicó respecto al observado en aquellos alimentados con concentrado, mientras que el consumo del suplemento se comportó de manera inversa. El autor observó un efecto aditivo del AFR en el consumo total de MS.

2.6. CONCLUSIONES

La suplementación con AFR, MEBA y AFR y MEBA proporcionaron mayores GMD comparado con el tratamiento C. La suplementación con AFR y AFR y MEBA aportaron mayores consumos de ensilaje de sorgo. El consumo de MS total fue superior en los tratamientos suplementados con AFR, MEBA y AFR y MEBA.

2.7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a ALUR por la financiación del proyecto y por proveer los suplementos.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th.Ed) Association of Official Analytical Chemists.Arlington, VA, USA.
- Ashiono, G.B., Ouda, J.O., Akuja, T.E., Kitilit, J.K., Irungu, R.G. and Gatwiku, S. 2006. Effect of potato vines and Sorghum silage on cattle milk productivity. *Asian J. Plant Sci.* 5 (1): 81-84.
- Blardony, K.R. 2010. Utilización del Vitafert en corderos de pelo durante la lactancia y su efecto en el postdestete. Tesis M.Sc. Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. 95p.
- Calderón, A., Jesús, O. y Elías, A. 2006. Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (Vitafert) y cuatro niveles de melaza. *Rev. Electrón. Vet.* 7 (9):1-7.
- Díaz, A., Castillo, E., Martín, P.C. y Hernández, J.L. 2005. Comportamiento productivo de añojos Cebú en pastoreo de asociación de glycine (*Neonotonia wightii*) y pasto natural, suplementados con un activador de la fermentación ruminal. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 39 (3): 287-291.
- Díaz, V.Q. 2010. Efecto del Vitafert en el comportamiento de ovinos en finalización en pastoreo suplementados con sacchapulido. Tesis M.Sc. Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. 51p.
- Elías, A. y Herrera, F. R. 2008. Producción de alimento para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de Microorganismos Beneficiosos Activados (MEBA). Vitafert. Instituto de Ciencia Animal. Habana. Cuba. 82 p. (en imprenta).
- Galina, M. y Carmona, M.M. 2002. Engorda de bovinos con silo de maíz láctico, solo o asociado con King Grass (*Penisetum Puerpureum*) con o sin un suplemento activador de la fermentación ruminal. In: XXVI Congreso Nacional de Buiatría 2002. Acapulco, Guerrero, México. pp: 240-244.
- InfoStat. 2008. Software Estadístico, Versión 2008. Manual del usuario. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

- Jordán, H. 2001. Suplemento granulado como activador ruminal. Inventor: Jordán Vázquez, Humberto; (CU) 22660 A1 (21) No. de solicitud: 1997/050(51) Int. Cl: A23K 1/18. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Certificado de Autor de Invención. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Khan, S.H., Shahzad, M.A., Nisa, M. and Sarwar, M. 2011. Nutrients intake, digestibility, nitrogen balance and growth performance of sheep fed different silages with or without concentrate. *Trop. Anim. Health Prod.* 43:795-801.
- Marrero, L., Castro, A., Arias, A. y Delgado, D. 2000. Rendimiento en grano, forraje y caracterización nutritiva del forraje de sorgo granífero en monocultivo o asociado con soya. In: XII Seminario Científico Internacional. 30 Aniversario del INCA. 14-17 de noviembre. Cuba. 77 p.
- Mejías, R., Ruiz, T.E., Michelena, J.B., Zamora, A., González, M.E., Alfonso, F., Cino, D.M., Barceló, A. y Díaz, J.A. 2007. Comportamiento de hembras lecheras en crecimiento en dos sistemas de manejo y alimentación en pastoreo. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 41 (1): 27-30.
- Nichols, S.W., Froetschel, M.A., Amos, H.E. and Ely, L.O. 1998. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 81:2383–2393.
- Pineda, J.L. 2006. Efecto de un suplemento activador proteico o energético de la fermentación ruminal en la engorda de bovinos en praderas de pastos tropicales en Colima. Tesis Dr. Colima, México. Universidad de Colima. 131p.
- SAS. 2005. INSTITUTE INC., SAS/STAT. User's Guide, version 9.1.3. Cary, N.C.
- Van Soest, P.J., Roberston, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (5):3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. Second edition. Cornell University. Ithaca. New York. 374p.
- Weinberg, Z.G., Khanal, P., Yildiz, C, Chen, Y. and Arieli, A. 2011. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. *Japanese Soc. Grassld Sci.* 57:46-50.

3. ACTIVADORES DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL EN VACAS HOLANDO SECAS: CONSUMO DE MATERIA SECA, PARÁMETROS RUMINALES Y DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE ENSILAJE DE SORGO

Ruminal fermentation promoters in Holstein dry cows: dry matter intake, ruminal parameters and *in situ* degradability of sorghum silage

Rodrigues¹, F. S., Elías², A., Chilibroste³, P.

Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Paysandú, Uruguay.

¹ Zootecnista, Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía.
Correo electrónico: zoo_fran@hotmail.com

² Instituto de Ciencia Animal, Cuba

³ Profesor Bovinos de Leche, Departamento de Producción Animal y Pasturas – EEMAC.

Artículo sometido a evaluación en la Revista Argentina de Producción Animal.

3.1. RESUMEN

Se estudió el efecto de la suplementación con un activador de la fermentación ruminal (AFR) y con microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA) sobre el consumo de ensilaje de planta entera de sorgo granífero (ES), consumo de materia seca total (MST), pH, N-NH₃, parámetros de degradación ruminal (fracción soluble (*a*), fracción insoluble potencialmente degradable (*b*) y tasa fraccional de degradación (*c*)) de la materia seca (MS) y de la fibra detergente neutra (FDN) del ES, concentración de ácidos grasos volátiles totales (AGV total), las proporciones molares de acetato, butirato, isobutírico y propionato en vacas Holando consumiendo ES como dieta base. Tres vacas secas con fístula ruminal se asignaron a tres tratamientos en un diseño de cuadrado latino (3 × 3). Los tratamientos fueron: C= Control (ES y un núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR a razón de 9 g.kg PV⁻¹; CMEBA= C + MEBA a razón de 9 mL.kg PV⁻¹. Los períodos experimentales fueron de 28 días cada uno, siendo los primeros 21 días de adaptación de los animales a la nueva dieta, y los restantes 7 días de determinaciones. El pH ruminal no fue diferente entre tratamientos (promedio= 6,45), mientras que la concentración de N-NH₃ fue superior ($p<0,05$) en el tratamiento CAFR (11,28 mg dL⁻¹) respecto a CMEBA (4,53mg dL⁻¹) y C (4,37 mg dL⁻¹). La concentración de propiónico fue superior ($p<0,05$) en los tratamientos C (18,45 mM L⁻¹) y CAFR (17,34 mM L⁻¹) con respecto al CMEBA (14,50 mM L⁻¹). La relación acético:propiónico (A/P) fue superior ($p<0,05$) en el tratamiento CMEBA (3,95) respecto a CAFR (3,24) y C (3,21). El consumo de MST fue superior ($p<0,05$) en el tratamiento CAFR (18,1 kg día⁻¹) respecto a C (15,3 kg día⁻¹) y CMEBA (15,1 kg día⁻¹). El consumo de ES, los parámetros de degradación (*a*, *b* y *c*) de la MS y FDN del ES, la concentración de AGV total, las proporciones molares de acetato, butirato, isobutírico no fueron significativamente afectadas ($p>0,05$) por la suplementación.

Palabras clave: fermentación ruminal, degradación ruminal, forraje conservado, parámetros cinéticos.

3.2. SUMMARY

The effect of supplementation of rumen fermentation promoters (AFR) and biologically active beneficial microorganisms (MEBA) on whole plant sorghum silage (SS) intake, total dry matter (TDM) intake, pH, NH₃-N, SS dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) degradation parameters (soluble (*a*), insoluble but potentially degradable (*b*) and fractional degradation rate (*c*)), total volatile fatty acids concentration (total VFA), molar proportions of acetate, butyrate, isobutyric, propionate in Holstein dairy cows consuming SS based diet was studied. Three rumen-cannulated dry cows were assigned to three treatments in a latin square design (3 × 3). The treatments were: C= Control (SS and a mineral - vitamin premix *ad libitum*); CAFR= C + AFR at a rate of 9 g.kg LW⁻¹; CMEBA= C + MEBA at a rate of 9 mL. kg LW⁻¹. Experimental periods lasted for 28 days each, with the first 21 days for adaptation of animals to the diet, and the remaining 7 days for determinations. Ruminal pH was not different between treatments (mean = 6.45), while the concentration of NH₃-N was higher (p <0.05) in CAFR treatment (11.28 mg dL⁻¹) than in CMEBA (4.53 mg dL⁻¹) and C (4.37 mg dL⁻¹) treatments. Propionic concentration was higher (p <0.05) in C (18.45 mM L⁻¹) and AFR (17.34 mM L⁻¹) compared to C (14.50 mM L⁻¹) treatments. The ratio A/P was higher (p <0.05) in the CMEBA (3.95) compared to treatments CAFR (3.24) and C (3.21). The TDM intake was higher (p <0.05) in treatment CAFR (18.1 kg day⁻¹) than in C (15.3 kg day⁻¹) and CMEBA (15.1 kg day⁻¹). SS DM intake, degradation parameters for SS DM and NDF, total VFA concentrations and molar proportions of acetate, butyrate and isobutyric were not affected (p > 0.05) by supplementation.

Key words: rumen fermentation, rumen degradation, conserved roughage, kinetics parameter.

3.3. INTRODUCCIÓN

La conservación de forrajes en forma de ensilaje es una alternativa cada vez más difundida en los sistemas de producción de leche del Uruguay, en el cual se observa un creciente interés en la utilización de ensilaje de planta entera de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (ES). Sin embargo, la utilización de ES como única fuente en la alimentación en rumiantes presenta limitaciones nutricionales caracterizadas por bajos niveles de proteína bruta (PB), altos niveles de fibra detergente neutra (FDN) y valores medios a bajos de digestibilidad. Por lo tanto, el desarrollo de tecnologías que posibiliten optimizar la utilización de este material y consecuentemente aumentar la producción animal es de alto interés en el sector productivo.

De acuerdo con Calsamiglia *et al.* (2005) es posible obtener beneficios adicionales mediante el uso de aditivos que modulen la fermentación ruminal. Los activadores de la fermentación ruminal (AFR) son moduladores biológicos que favorecen el metabolismo ruminal, suministrando a los microorganismos nutrientes esenciales para su crecimiento, lo que deriva en una mayor degradación de las partículas de alimentos fibrosos de calidad baja y media (Jordán, 2001). Por otro lado, el uso de microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA), junto con sus metabolitos, producto de la fermentación del sustrato en que se desarrollan, promueven la fermentación ruminal aumentando la digestibilidad de la materia seca (MS) y estimulando la producción de ácidos orgánicos, por lo que su función es actuar como probiótico y mejorar las condiciones ambientales del tracto gastrointestinal de los animales (Elías y Herrera, 2008). Rodrigues *et al.* (2012), trabajando con hembras Holando en crecimiento, reportaron que la suplementación con AFR y MEBA permitieron mayores ganancias diarias de peso vivo (PV), mayores consumos de ES y mayor consumo de materia seca total (MST) comparado al tratamiento sin suplementación.

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de la suplementación con AFR o MEBA sobre el consumo de ES, consumo de MST, los

parámetros de degradabilidad *in situ* de la MS y FDN de ES y los parámetros de fermentación ruminal en vacas Holando alimentadas con ES como dieta base.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y período experimental

El experimento fue conducido en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (E.E.M.A.C.), Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay, durante el período de enero a abril de 2010. La duración de dicho experimento fue de 84 días divididos en tres períodos de 28 días cada uno, siendo los primeros 21 días de adaptación de los animales a la nueva dieta, y los restantes 7 días de determinaciones.

Animales y manejo

Se utilizaron tres vacas de raza Holando, secas, provistas de fístula ruminal, con PV promedio inicial de $503 \pm 17,5$ kg y $47 \pm 0,6$ meses de edad. Los animales fueron fistulados de acuerdo a los procedimientos aprobados por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA). Las vacas fueron alojadas durante todos los períodos en corrales individuales con divisiones de alambre eléctrico, con una superficie de 104 m^2 con piso de tierra. Cada corral tenía un bebedero individual y un recipiente con núcleo mineral – vitamínico (Novo – Bovigold®, Tortuga, São Vicente, Brasil), ambos *ad libitum*. Los alimentos se suministraron una vez al día a las 8 a.m. durante todo el período, excepto el MEBA que se suministró a través de la cánula ruminal, fraccionado en cuatro dosis iguales a las 8:00, 12:00, 16:00 y 20:00 horas. Los animales fueron pesados al inicio de cada período con 12 horas de ayuno para la asignación de los suplementos, cuya oferta se corrigió luego de cada pesada en función de la evolución del PV. El suministro de ES fue *ad libitum* por lo tanto las cantidades ofrecidas se ajustaron en la medida que se observaron rechazos menores al 15% del ofrecido. Todos los alimentos fueron ofrecidos en comederos individuales y por tanto el consumo de cada alimento se determinaba de forma individual.

Alimentos

AFR

Fue elaborado en base a puntina de arroz (32,0%), harina de maíz (21,4%), afrechillo de trigo (16,1%), expeller de girasol (17,9%), melaza (4,8%), urea (4,8%), minerales (1,4%) y sulfato de amonio (1,7%).

MEBA

Fue preparado en base a melaza (10,0%), urea (0,5%), minerales (0,5%) (núcleo compuesto por calcio, fósforo, azufre, cobalto, zinc, potasio, magnesio, cromo, hierro, yodo, manganeso, selenio, flúor sodio y cobre), sulfato de amonio (0,3%), maíz molido (4,0%), soja molida (4,0%), agua (78,7%) y yogurt comercial (2,0%) y se dejó fermentar durante 48 horas. Los microorganismos activos presentes en el MEBA fueron diferentes especies de levaduras y *Lactobacillus sp.* provenientes de la melaza y del yogurt, respectivamente.

Tratamientos

Los animales fueron asignados a los siguientes tratamientos: C= Control (ES y un núcleo mineral – vitamínico, *ad libitum*); CAFR= C + AFR a razón de 9 g.kg PV⁻¹; CMEBA= C + MEBA a razón de 9 mL.kg PV⁻¹. En el Cuadro 1 se presenta la composición química del ES, de los suplementos y del ES incubado en rumen, mientras que en el Cuadro 2 se presenta la composición química de las dietas experimentales.

Cuadro 1: Composición química de ensilaje de planta entera de sorgo granífero (ES), activador de la fermentación ruminal (AFR), microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA) y ES incubado en rumen.

Table 1: Chemical composition of grain sorghum silage whole plant (ES), rumen fermentation promoter (AFR), biologically active beneficial microorganisms (MEBA) and SS incubated in rumen.

	ES	AFR	MEBA	ES incubado <i>in situ</i>
MS (g.kg ⁻¹)	319,6 ± 13,87	914,3 ± 5,02	85,1 ± 24,20	318,7 ± 11,44
MO ¹	922,2 ± 4,43	955,6 ± 4,64	-----	932,7 ± 0,86
PB ¹	92,5 ± 0,42	338,5 ± 62,34	413,4 ± 73,74	86,7 ± 2,56
aFDNmo ¹	428,1 ± 20,31	193,5 ± 18,28	-----	365,4 ± 1,53
FDAmo ¹	254,1 ± 20,21	77,3 ± 9,46	-----	212,3 ± 0,86

¹(g.kg⁻¹ MS); MS= Materia seca; MO= Materia orgánica; PB= Proteína bruta; aFDNmo= Fibra detergente neutro corregida por cenizas con amilasa; FDAmo= Fibra detergente ácido corregida por cenizas.

Cuadro 2: Composición química de las dietas experimentales.

Table 2: Chemical composition of experimental diets.

	Tratamientos		
	C	CAFR	CMEBA
MS (g.kg ⁻¹)	324,1	428,9	319,5
MO ¹	924,3	930,6	905,8
PB ¹	87,6	135,4	94,3
aFDNmo ¹	406,6	370,9	398,4
FDAmo ¹	229,9	204,1	225,3

¹(g.kg⁻¹ MS); MS= Materia seca; MO= Materia orgánica; PB= Proteína bruta; aFDNmo= Fibra detergente neutro corregida por cenizas con amilasa; FDAmo= Fibra detergente ácido corregida por cenizas; C= Control (ensilaje de planta entera de sorgo granífero y núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA.

Determinaciones y análisis de las muestras

El ES y AFR ofrecido y rechazado fueron muestreado en la semana de determinaciones y se realizó una muestra compuesta por período para análisis químico. Las muestras compuestas de cada período fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. Posteriormente fueron molidas en un molino (Wiley Mill, Arthur H. Thomas CO, Filadelfia, USA) con malla de 2 mm. Se determinaron el contenido de MS (105 °C), materia orgánica (MO) y nitrógeno total (Kjeldahl) según AOAC (1990). Los contenidos de FDN y fibra detergente ácida (FDA) fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y.) de forma secuencial (Van Soest *et al.*, 1991). En el MEBA de cada período se determinó MS (105 °C) y nitrógeno total

(Kjeldahl) según AOAC (1990). Diariamente se pesó el alimento ofrecido así como los rechazos, y por diferencia se determinó el consumo de ES y MST.

En el primer día de determinaciones se incubaron las bolsas de degradabilidad *in situ* (18*9 cm y tamaño de poro promedio de 40 µm) por duplicado en cada tratamiento. Cada bolsa contenía 5 gramos de MS de ES molidas con malla de 2 mm. Previo a la incubación se realizó un pre - mojado a 39⁰C en agua destilada durante 15 minutos que fue determinado como el tiempo cero. Las bolsas fueron suspendidas en el saco ventral del rumen y se retiraron de a dos bolsas por tiempo con los siguientes tiempos de incubación: 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Al terminar el último tiempo de incubación todas las bolsas fueron lavadas en agua hasta que el agua de enjuague quedara incolora. Posteriormente, se secaron a 60⁰C en estufa de aire forzado hasta peso constante para luego ser pesadas en balanzas analíticas. Las bolsas del tiempo cero fueron sometidas a los mismos procedimientos aplicados en las bolsas incubadas en el rumen. Con los residuos de la incubación del alimento y de cada tiempo se formaron muestras compuestas de las 2 repeticiones. En el material residual de las bolsas se determinó MS a 60⁰C y FDN por tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y.) de forma secuencial (Van Soest *et al.*, 1991).

Para la estimación de los parámetros de la MS y FDN de ES se empleó el modelo de Ørskov y McDonald (1979): $p = a + b(1 - e^{-ct})$, donde p = degradación al tiempo t , t = tiempo de incubación, a = representa la fracción soluble, b = representa la fracción insoluble potencialmente degradable, y c = representa la tasa constante de degradación de la fracción b .

Para la determinación de pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) fueron colectados 200 mL de líquido ruminal en los tiempos cero (antes del suministro de la alimentación diaria) y 2, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 horas posteriores durante dos días consecutivos. El líquido ruminal se obtuvo mediante vacío con un dispositivo introducido a través de la cánula ruminal que se ubicó en la región del saco ventral del rumen. El pH se determinó inmediatamente de extraer y filtrar la muestra con un pHmetro portátil marca Oakton (Acorn Series pH6 meter, Malasia).

La concentración de AGV fue determinada por cromatografía gaseosa según la metodología descrita por Friggens *et al.* (1998), y el N-NH₃ fue determinado según la metodología de Bremmer (1960).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completo de cuadrado latino con tres tratamientos, tres animales y tres períodos. El análisis de la variación del pH, N-NH₃ y AGV se realizó con un modelo de medidas repetidas en el tiempo (Proc Mixed SAS, Versión 9.2), en el que se incluyó el efecto animal, período, tratamiento, hora de muestreo y la interacción tratamiento por hora de muestreo. Los parámetros de degradabilidad de la MS y FDN fueron estimados mediante el procedimiento NLIN y luego comparados a través del Proc GLM (SAS, Versión 9.2) incluyendo vaca, período y tratamiento como factores. Para los análisis estadísticos de consumo se aplicó el mismo diseño utilizando el programa estadístico InfoStat (Versión 2008). Las medias fueron comparadas por prueba de probabilidad Tukey ($p < 0,05$).

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tratamientos experimentales

La composición química de los tratamientos experimentales se presenta en el Cuadro 2. El valor promedio de FDN fue de 391,9 g.kg⁻¹. El tratamiento CAFR presentó valor superior de PB (135,4 g.kg⁻¹) respecto a C y CMEBA debido al mayor aporte de PB del suplemento.

Consumo

No se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el consumo de ES, pero sí se observó un mayor consumo de MST ($p < 0,05$) para el tratamiento CAFR con respecto a los tratamientos C y CMEBA (Cuadro 3). El suministro del AFR no deprimió el consumo de la dieta base por lo que el efecto sobre el consumo fue de tipo aditivo, resultado semejante al encontrado por Rodrigues *et al.* (2012) trabajando con hembras Holando en crecimiento.

Cuadro 3: Consumo de ensilaje de sorgo (ES) y consumo de materia seca total (MST) de vacas alimentadas con ensilaje de planta entera de sorgo granífero.

Table 3: Sorghum silage (SS) intake and total dry matter intake (DMT) from cows fed grain sorghum silage whole plant.

Consumo	Tratamientos			
	C	CAFR	CMEBA	E.E.
ES (kg MS.día ⁻¹)	15,30 a	14,82 a	14,71 a	0,63
MST (kg.día ⁻¹)	15,30 b	18,06 a	15,11 b	0,61

Medias con letras diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas ($p < 0,05$). E.E.= Error estándar; C - Control (ensilaje de planta entera de sorgo granífero y núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA.

Fermentación ruminal

pH ruminal

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas ($p > 0,05$) para los valores medios de pH ruminal entre tratamientos (Cuadro 4) ni para la interacción tratamiento por hora de muestreo. Se detectó un efecto significativo ($p < 0,05$) de la hora de muestreo (Figura 1).

La no diferencia significativa de pH entre los tratamientos indica que el consumo de ES definió el comportamiento de esta variable. El comportamiento de pH del tratamiento suplementado con AFR puede ser explicado por las características del suplemento que deriva en un consumo lento (Jordán, 2001), siendo bien utilizado por los microorganismos ruminales evitando así una fermentación rápida que puede derivar en la producción y acumulación de ácido láctico. En los tratamientos CAFR y CMEBA se observó que los mismos mantuvieron un promedio de pH ruminal superior al mínimo indicado por Calsamiglia *et al.* (2008) para que no ocurran efectos depresivos en la degradación de la fracción fibrosa de los alimentos.

Puga *et al.* (2001) en ovinos alimentados con una dieta base de despunte de caña de azúcar, rastrojo de maíz y King grass (*Pennisetum purpureum*) y suplementados con diferentes porcentajes de un suplemento con composición

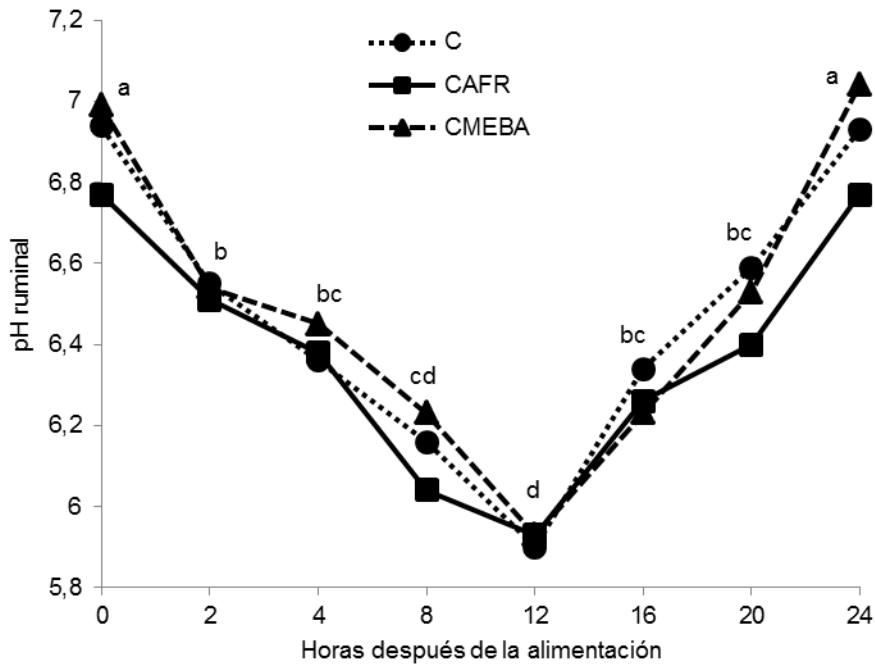
química similar al AFR, tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la variable de pH ruminal. Dawson *et al.* (1990) suplementaron novillos con *Saccharomyces cerevisiae* y lactobacilos, no encontrando incremento en el pH ruminal.

Cuadro 4: pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) e producción de AGV ruminal de vacas alimentadas con ensilaje de planta entera de sorgo granífero.

Table 4: pH, ammonia nitrogen (NH₃ - N) and volatile fatty acids (VFA) ruminal production from cows fed grain sorghum silage whole plant.

	Tratamientos			
	C	CAFR	CMEBA	E.E.
pH	6,5	6,4	6,5	0,03
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	4,4b	11,3a	4,5b	0,72
Total AGV (mM L ⁻¹)	82,4a	78,0a	75,6a	2,24
Acetato (mM L ⁻¹)	53,9a	52,2a	54,2a	2,02
Propionato (mM L ⁻¹)	18,5a	17,3a	14,5b	0,62
Butirato (mM L ⁻¹)	7,7a	8,5a	7,6a	0,51
Isobutírico (mM L ⁻¹)	0,9a	0,7a	0,9a	0,09
Relación acetato: propionato	3,2b	3,2b	3,9a	0,17

Letras diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas (p<0,05). E.E.= Error estándar; C= Control (ensilaje de planta entera de sorgo granífero y núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA.



Las letras muestran las diferencias significativas sólo para hora de muestreo ($p < 0,05$).

Figura 1: pH ruminal en función de la hora de muestreo para los diferentes tratamientos experimentales.

Figure 1: Ruminal pH according to the sampling time for the experimental treatments.

En la Figura 1 se observa que los tratamientos presentaron un comportamiento similar en los valores de pH a lo largo de las horas de muestreo. Se observó que el pH disminuyó enseguida del consumo de la oferta diaria de forraje alcanzando valores mínimos a las 12 horas, después de lo cual aumentó gradualmente durante la noche en concordancia con lo reportado por Rustomo *et al.* (2006).

El valor mínimo observado de pH ruminal fue de 5,92 registrado a las 12 horas de proporcionada la alimentación diaria, levemente inferior al valor de 6,2 propuesto por Ørskov (1988), Grant y Mertens (1992), Grant (1994) y Calsamiglia *et*

al. (1999) como valor crítico por debajo del cual se afecta la digestión de la fibra. Sin embargo, Ørskov (1982) indicó valores de pH entre 6,5 a 6,8 como rango óptimo para maximizar la digestión de la fibra y el crecimiento de las poblaciones de bacterias celulolíticas.

N-NH₃

Se detectaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) para la concentración de N-NH₃ de los tratamientos (Cuadro 4), hora de muestreo e interacción tratamiento por hora de muestreo. Se observó que la concentración de N-NH₃ fue superior ($p < 0,05$; Cuadro 4) en el tratamiento CAFR comparado con el C y CMEBA. El valor superior encontrado en el CAFR seguramente esté vinculado al mayor contenido de PB en el suplemento y su hidrólisis a nivel ruminal. Dawson *et al.* (1990) no encontraron diferencias significativas en la concentración de N-NH₃ cuando compararon el tratamiento control compuesto por forraje *versus* suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* y lactobacilos.

Las concentraciones de N-NH₃ en los tratamientos CAFR y CMEBA fueron variables en el tiempo, mientras que el tratamiento C expresó estabilidad a partir de las 8 horas después de la alimentación (Figura 2).

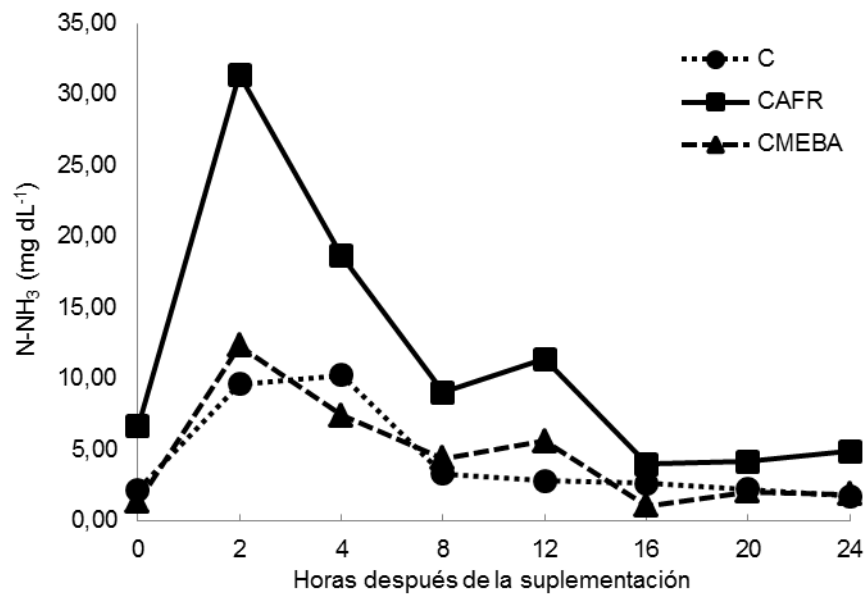


Figura 2: Concentración de N-NH₃ en función de la hora de muestreo para los diferentes tratamientos experimentales.

Figure 2: NH₃-N concentration according to the sampling time for the experimental treatments.

Se observó que el tratamiento CAFR presentó mayor concentración de N-NH₃ en todos los horarios de muestreo. El valor máximo (31,40 mg dL⁻¹) en el CAFR fue estimado 2 horas después de la alimentación, que seguramente esté asociado a la mayor ingestión de PB en las primeras horas de alimentación. Quizás esta concentración de amoníaco en el líquido ruminal, pudo equilibrar el desbalance de nutrientes en los forrajes, al aportar nitrógeno no proteico en forma de urea (Valdés y Castillo, 1993) e incrementar el amoníaco disponible a la población microbiana ruminal (Leng, 1990). Gabler y Helnricks (2003) trabajando con terneras Holando alimentadas con niveles crecientes de proteína en la dieta también encontraron mayor pico de N-NH₃ entre 2 y 2,5 horas post alimentación. El nivel de amoníaco en el tratamiento CAFR se mantuvo por encima de los 5mg dL⁻¹ durante el

período de las 2 a las 12 horas de muestreo. Este comportamiento se debió probablemente a que el suplemento fue consumido en pequeñas cantidades, pero de forma constante a lo largo de 10 horas.

Los tratamientos C y CMEBA presentaron promedios inferiores al propuesto por Satter y Slyter (1974) de 5 mg dL⁻¹ en el líquido ruminal para favorecer el crecimiento microbiano, donde quizás estas bajas concentraciones no permitieron alcanzar mejores resultados en los parámetros de degradación de ruminal de la MS y de la FDN.

AGV

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para el contenido de acetato, butirato, isobutírico y AGV total en el líquido ruminal para los diferentes tratamientos (Cuadro 4) ni para la interacción tratamiento por hora de muestreo. Al igual que para pH se observó un efecto significativo ($p < 0,05$) de la hora de muestreo.

Con respecto a los resultados del acetato, cabe señalar que el valor del tratamiento C fue superior al CAFR debido al tipo de fermentación y a la falta de sustrato para la fermentación propiónica. El valor superior de acetato en el tratamiento CMEBA se debió al aporte de cantidades apreciables de ácido acético por el suplemento (Elías y Herrera, 2008). El valor superior de butirato en el tratamiento CAFR coincide con el mencionado por Lana (2005), en que fuentes de proteínas favorecen la producción del ácido.

Dawson *et al.* (1990) trabajando con un suplemento que también poseía *Saccharomyces cerevisiae* y lactobacilos, no encontraron alteraciones en la concentración de acetato, butirato, propionato, isobutírico, AGV total y en la relación acetato/propionato. Chaucheyras-Durand *et al.* (2008) propone que los resultados pueden ser variables, dependiendo de la cepa de levadura utilizada, la naturaleza de la dieta y del estado fisiológico del animal.

La concentración de propiónico fue superior ($p < 0,05$) en los tratamientos C y CAFR con respecto al CMEBA (Cuadro 4). La concentración más baja de ácido propiónico en el tratamiento CMEBA puede estar atribuida a la mayor concentración de ácido acético e isobutírico. Los valores máximos para las concentraciones de

AGV total fueron observados a las 12 horas ($123,23 \text{ mM L}^{-1}$) y las concentraciones mínimas a las 24 horas ($57,56 \text{ mM L}^{-1}$) después de la alimentación (Figura 3), debido a la absorción de los ácidos por la pared ruminal y a la menor producción durante la noche en la medida que se va terminando el sustrato.

La relación C2/C3 (acético/propiónico) fue mayor en los animales que consumieron la dieta CMEBA ($p < 0,05$; Cuadro 4) respecto a los tratamientos C y CAFR. El valor superior en el tratamiento CMEBA puede estar vinculado a la característica del suplemento que proporciona cantidades apreciables de acético (Elías y Herrera, 2008).

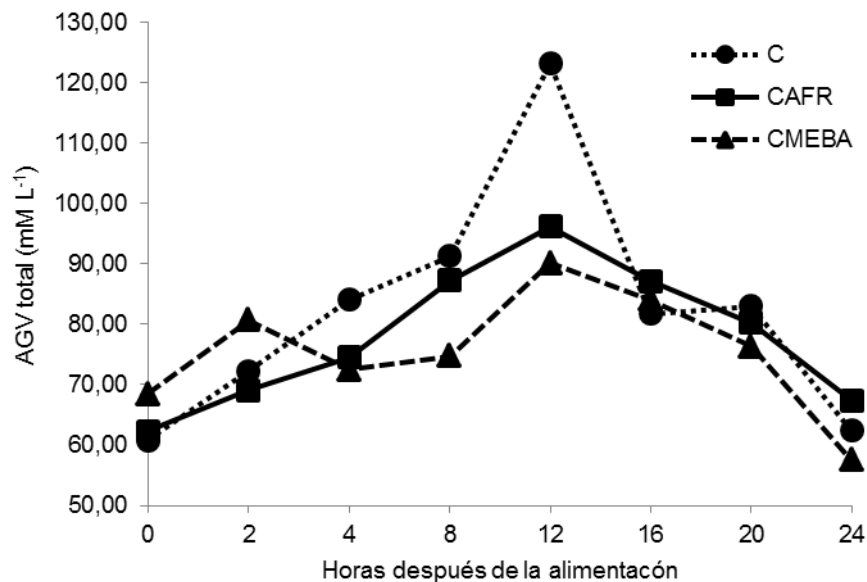


Figura 3: Concentración de ácidos grasos volátiles total en función de la hora de muestreo para los diferentes tratamientos experimentales.

Figure 3: Concentration of total volatile fatty acids according to the sampling time for the various experimental treatments.

Degradabilidad de ES

Los valores de la fracción soluble (*a*), insoluble potencialmente degradable (*b*), tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable (*c*) de la MS y FDN de ES con diferentes suplementos se presenta en el Cuadro 5.

El promedio de la fracción *a* de la MS fue de 48,6%, valor superior al observado por Molina *et al.* (2003) que registró valores entre 15,14 y 23,01%. Pires *et al.* (2010) encontró valor de 21,4% en la fracción *a*. El valor superior encontrado en el presente trabajo puede estar atribuido a la mejor calidad del ES.

Los suplementos AFR y MEBA no mostraron diferencias ($p>0,05$) en la fracción *b* de la MS cuando fueron comparados al tratamiento C. La fracción *b* de la MS del tratamiento C fue de 33,5%, próximo a los valores observados por Molina *et al.* (2002) de 36,3% a 38,5% en ES con características similares. Pires *et al.* (2010) encontraron valor de 52,5% para la fracción *b* cuando se suministró suplemento.

Cuadro 5: Parámetros de degradación ruminal de la materia seca y fibra detergente neutro de ensilaje de planta entera de sorgo granífero en vacas consumiendo diferentes tratamientos.

Table 5: Ruminal degradation parameters of dry matter and neutral detergent fiber from whole plant grain sorghum silage in cows consuming different treatments.

Tratamiento	MS			FDN		
	a (%)	b (%)	c (% h ⁻¹)	a (%)	b (%)	c (% h ⁻¹)
C	48,2a	33,5a	2,3a	2,7a	26,1a	1,6a
CAFR	48,7a	32,9a	2,5a	3,4a	30,4a	1,2a
CMEBA	49,1a	33,1a	2,8a	2,8a	28,3a	2,3a
E.E.	0,0006	0,0149	0,0099	0,0013	0,0047	0,0019

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). E.E.= Error estándar; a= Fracción soluble; b= Fracción insoluble potencialmente degradable; c= Tasa constante de degradación de b; C= Control (ensilaje de planta entera de sorgo granífero y núcleo mineral – vitamínico *ad libitum*); CAFR= C + AFR; CMEBA= C + MEBA.

Las tasas de degradación (c) de la MS no difirió ($p > 0,05$) entre tratamientos (Cuadro 5), indicando que los suplementos evaluados no interfirieron en la velocidad de degradación del ES. La tasa de degradación de la MS fue inferior a la observada por Pires *et al.* (2010), que registró valor de $4,20\%h^{-1}$, cuando se suplemento con un concentrado a base de maíz, afrechillo de soja y mezcla de minerales. Molina *et al.* (2002) encontraron tasas de degradación que variaron de $2,18\%h^{-1}$ a $3,08\%h^{-1}$ sin la utilización de suplementos.

No fueron registradas diferencias significativas ($p > 0,05$) para los parámetros a , b y c de la FDN del ES incubada en vacas consumiendo los diferentes tratamientos. La no diferencia significativa en estos parámetros indica que los suplementos no interfirieron en la degradación de la fracción fibrosa de la dieta base.

Las tasas de degradación (c) de la fracción b para FDN de ES de los diferentes tratamientos no difirieron estadísticamente ($p>0,05$) entre sí, presentado valores de 1,20 a 2,30%h⁻¹. Estos resultados indicaron que los suplementos evaluados no interfirieron en la velocidad de degradación de la FDN de ES. Molina *et al.* (2003) registraron tasa de degradación de 1,83%h⁻¹ para ES con semejante composición química.

Los resultados obtenidos en la degradabilidad ruminal demostraron que los distintos tratamientos no alteraron la cinética de la degradación ruminal de la MS y del FDN. Las no diferencias significativas en los parámetros de degradación ruminal para los distintos tratamientos en parte se podría explicar por el buen valor nutritivo del ES utilizado en el estudio. También puede haber ocurrido que el diseño utilizado fue poco potente para detectar diferencias significativas entre parámetros y/o el efecto conjunto de ambos efectos.

3.6. CONCLUSIONES

La suplementación con AFR y MEBA no alteró el consumo de ES, el pH, la concentración de acetato, butirato, isobutírico, AGV total, ni los parámetros a , b y c del ES en vacas holando secas alimentadas *ad libitum* con ES.

La suplementación con AFR proporcionó mayor consumo de MST y valor superior en la concentración de N-NH₃, mientras que la suplementación con MEBA aportó mayor relación acético/propiónico. La concentración de propionato fue similar en los tratamientos C y CAFR, presentándose valor superior al tratamiento CMEBA.

3.7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Alcoholes del Uruguay (ALUR) por la financiación del proyecto y por proveer los suplementos.

3.8. BIBLIOGRAFÍA

- Association Of Official Agricultura Chemist. 1990. Official methods of analysis. 15^o ed. Arlington, VA, USA.
- Bremmer, 1960. Methods of soil analysis. In Chemical and Microbiological properties. Evans, D.D., Evans, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. and Dinamuer R.C. American Society of agronomy. Publisher.Madinson, Wisconsin, USA. Eds. Black, C.A. Library of congress catalog card number: 65-15800. 1572 pp.
- Calsamiglia, S., Cardozo, P. W., Ferret, A. and Bach, A. 2008. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *J. Anim. Sci.* 86:702–711.
- Calsamiglia S., Castillejos L., Busquet M. 2005. Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacunos lecheros. Curso de especialización Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. XXI, Madrid, España, p. 161-185.
- Calsamiglia, S., A. Ferret, A. J. Plaixats, and M. Devant. 1999. Effect of pH and pH fluctuations on microbial fermentation in a continuous culture system. *J. Dairy Sci. Abstr.* 82(Suppl. 1):38.
- Chaucheyras-Durand, F., Walker, N.D., Bach A. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. *Animal Feed Sci. and Tech.* 145: 5-26.
- Dawson K., Newman K. E., Boling J. A. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68:3392-3398.
- Elías, A. y Herrera, F. R. 2008. Producción de alimento para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de Microorganismos Beneficiosos Activados (MEBA); Vitafert. Instituto de Ciencia Animal. Habana. Cuba. 82 p. (en imprenta).
- Friggens, N. C., Oldham, J. D., Dewhurst, R. J., & Horgan, G. 1998. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *Journal of Dairy Science.* 81(5), 1331-1344.

- Gabler, M. T. and Heinrichs, A. J. 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. *J. Dairy Sci.* 86 (6):2170–2177.
- Grant, R. J. 1994. Influence of corn and sorghum starch on the in vitro kinetics of forage fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 77:1563–1569.
- Grant, R. J. and D. R. Mertens. 1992. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *J. Dairy Sci.* 75:2762–2768.
- InfoStat. 2008. Software Estadístico, Versión 2008. Manual del usuario. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Jordán, H. 2001. Suplemento granulado como activador ruminal. Inventor: Jordán Vázquez, Humberto; (CU) 22660 A1 (21) N°. de solicitud: 1997/050(51) Int. Cl: A23K 1/18. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Certificado de Autor de Invención. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Lana, R. P. 2005. Nutrição e alimentação animal. UFV. Viçosa. 344 p.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of “poor quality” forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277 – 303.
- Molina, L. R., Gonçalves, L. C., Rodriguez, N. M., Rodrigues, J. A. S., Ferreira, J. J., Neto, A. G. C. 2002. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. *R. Bras. Zootec.* 31 (1): 148-156.
- Molina, L.R.; Rodriguez, N.M.; Sousa, B.M., Gonçalves, L. C., Borges, I. 2003. Parâmetros de degradabilidade potencial da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. *R. Bras. Zootec.* 32 (1): 222-228.
- Ørskov, E. R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Acribia. Zaragoza. 157p.
- Ørskov, E. R. 1982. Protein nutrition in ruminants. London. Academic Press. 155p.
- Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92:499–503.
- Pires, A. J. V.; Reis, R. A.; Carvalho, G. G. P.; Siqueira, G. R.; Bernardes, T. F.; Ruggieri, A. C.; Roth, M. T. P. 2010. Degradabilidade ruminal da matéria seca,

- da proteína bruta e da fração fibrosa de silagem de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 62 (2):391-400.
- Puga, D.C., Galina, H.M., Pérez-Gil, R.F., Sanginesa, G.L., Aguilera, B.A., Haenlein, G.F.W. 2001. Effect of a controlled-release urea supplement on rumen fermentation in sheep fed a diet of sugar cane tops (*Saccharum officinarum*), corn stubble (*Zea mays*) and King grass (*Pennisetum purpureum*). Small Rum. Res. 39:269-276.
- Rodrigues, F. S., Elías, A., Chilbroste, P. 2012. Suplementación con activadores ruminales en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo. Rev. Arg. Prod. Anim. 32 (2): 117-123.
- Rustomo B., AlZahal O., Odongo N. E., Duffield T. F., McBride B. W. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 89(12):4758–4768.
- SAS. 2005. INSTITUTE INC., SAS/STAT. User's Guide, version 9.1.3. Cary, N.C.
- Satter, L.D. and Slyter, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. British J. of Nutr. 32: 199-208.
- Valdés, G., Castillo, F. 1993. Sistema de manejo de machos bovinos en pastoreo. Suplementación con miel y un alto nivel de urea. Rev. Cubana Cienc. Agric. 27: 163 – 160.
- Van Soest, P.J., Roberston, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74 (5):3583-3597.

4. DISCUSIÓN GENERAL

La suplementación con AFR y MEBA no alteró el consumo de ES en las vacas fistuladas, sin embargo, en las terneras en crecimiento se observó que la suplementación con estos activadores proporcionaron mayores consumos de ES. Tal resultado se expresó en mayores GMD en las terneras suplementadas con AFR y MEBA. La no alteración en el consumo de ES en las vacas fistuladas suplementadas con activadores podría ser explicado por el hecho de estar trabajando con animales de bajos requerimientos, siendo estos cubiertos con el consumo de ES *ad libitum*.

El consumo de MST fue superior en las dos categorías animales con la suplementación de AFR indicando que la suplementación con AFR no causó sustitución teniendo un efecto sobre el consumo de tipo aditivo. El beneficio obtenido de dicho efecto aditivo se refleja en las mayores ganancias de peso vivo obtenidas con las terneras en crecimiento.

Los resultados obtenidos en la degradabilidad ruminal demostraron que los distintos tratamientos no alteraron la cinética de la degradación ruminal de la MS y del FDN. Las no diferencias significativas en los parámetros de degradación ruminal para los distintos tratamientos en parte se podría explicar por el buen valor nutritivo del ES utilizado en el estudio. También puede haber ocurrido que el diseño utilizado fue poco potente para detectar diferencias significativas entre parámetros y/o el efecto conjunto de ambos efectos.

El pH ruminal no interfirió negativamente sobre los parámetros de degradación de la MS y de la FDN, siendo que el valor mínimo fue observado a las 12 horas de proporcionada la alimentación diaria, y este estaba levemente inferior al valor de 6,2 propuesto como el umbral por debajo del cual se generan posibles consecuencias negativas hacia la flora celulolítica (Calsamiglia *et al.* 1999).

La concentración de AGV totales en los tres tratamientos presentó valores cercanos a 90 mM L⁻¹, caracterizando que las dietas fueran ricas en forraje (Lana, 2005). La ingestión de ES como dieta base seguramente estimuló la salivación de los

animales la que actúa como fuente de tampones carbonatos y fosfatos. Tal efecto se expresó en los valores de pH, que en sus promedios fueron superiores al valor propuesto para que no ocurra efecto depresivo en la degradación de la fracción fibrosa de los alimentos (Calsamiglia *et al.* 2008).

Los valores de pH sugieren que hubo una sincronización entre la producción y la absorción de AGV, ya que no ocurrió acumulación del mismo en el líquido ruminal. Los valores de N-NH₃ en el tratamiento C y CMEBA estuvieron por debajo de los valores requeridos para el máximo crecimiento microbiano y máxima fermentación de la fibra. Estos valores pueden estar relacionados con la menor degradación de la FDN en estos tratamientos, ya que el tratamiento CAFR que presentó valor numérico superior de N-NH₃ obtuvo mayor degradación de esta fracción fibrosa.

Los resultados obtenidos demuestran una buena perspectiva en esta línea de investigación, siendo muy claro que estas nuevas tecnologías pueden ser aplicadas en la alimentación de rumiantes, siendo una alternativa para disminuir el costo de la producción animal y promover la valorización de subproducto de cosecha y/o industriales a través de su transformación en productos animales de alto valor biológico y económico.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis (15th. Ed). Virginia: Arlington. 1117p.
- Ashiono GB, Ouda JO, Akuja TE, Kitilit JK, Irungu RG, Gatwiku S. 2006. Effect of potato vines and Sorghum silage on cattle milk productivity. Asian Journal of Plant Sciences. 5 (1): 81-84.
- Blardony KR. 2010. Utilización del Vitafert en corderos de pelo durante la lactancia y su efecto en el postdestete. Tesis M.Sc. Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. 95p.
- Bremmer JM. 1960. Methods of soil analysis. En: Evans DD, Evans JL, Ensminger LE, Clark FE, Dinamuer RC. Chemical and Microbiological properties. Madison, Wisconsin. American Society of agronomy. 1572 pp.
- Calderón A, Jesús O, Elías A. 2006. Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (Vitafert) y cuatro niveles de melaza. Revista Electrónica de Veterinaria. 7 (9):1-7.
- Calsamiglia S, Cardozo PW, Ferret A, Bach A. 2008. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. Journal Animal Science. 86:702–711.
- Calsamiglia S, Castillejos L, Busquet M. 2005. Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacunos lecheros. En: Curso de especialización Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (21^o, 2005, Madrid, España). pp. 161-185.
- Calsamiglia S, Ferret A, Plaixats AJ, Devant M. 1999. Effect of pH and pH fluctuations on microbial fermentation in a continuous culture system. Journal Dairy Science. Abstr, 82 (Suppl. 1):38.
- Chaucheyras-Durand F, Walker ND, Bach A. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. Animal Feed Science and Technology. 145: 5-26.

- Dawson K, Newman KE, Boling JA. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *Journal Animal Science*. 68:3392-3398.
- Díaz A, Castillo E, Martín PC, Hernández JL. 2005. Comportamiento productivo de añejos Cebú en pastoreo de asociación de glycine (*Neonotonia wightii*) y pasto natural, suplementados con un activador de la fermentación ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39 (3): 287-291.
- Díaz VQ. 2010. Efecto del Vitafert en el comportamiento de ovinos en finalización en pastoreo suplementados con sacchapulido. Tesis M.Sc. Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. 51p.
- Elías A, Herrera FR. 2008. Producción de alimento para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de Microorganismos Beneficiosos Activados (MEBA). Vitafert. Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. 82 p. (en imprenta).
- Friggens NC, Oldham JD, Dewhurst RJ, Horgan G. 1998. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *Journal of Dairy Science*. 81(5): 1331-1344.
- Gabler MT, Heinrichs AJ. 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. *Journal Dairy Science*. 86 (6): 2170–2177.
- Galina M, Carmona MM. 2002. Engorda de bovinos con silo de maíz láctico, solo o asociado con King Grass (*Penisetum Puerpureum*) con o sin un suplemento activador de la fermentación ruminal. En: Congreso Nacional de Buiatría (26^o, 2002, Acapulco, México). pp. 240-244.
- Grant RJ. 1994. Influence of corn and sorghum starch on the in vitro kinetics of forage fiber digestion. *Journal Dairy Science*. 77:1563–1569.
- Grant RJ, Mertens DR. 1992. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *Journal Dairy Science*. 75:2762–2768.
- InfoStat. 2008. Software Estadístico, Versión 2008. Manual del usuario. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Jordán H. 2001. Suplemento granulado como activador ruminal. Inventor: Jordán Vázquez, Humberto; (CU) 22660 A1 (21) No. de solicitud: 1997/050(51) Int. Cl:

- A23K 1/18. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Certificado de Autor de Invención. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Khan SH, Shahzad MA, Nisa M, Sarwar M. 2011. Nutrients intake, digestibility, nitrogen balance and growth performance of sheep fed different silages with or without concentrate. *Tropical Animal Health and Production*. 43:795-801.
- Lana R P. 2005. *Nutrição e alimentação animal*. Viçosa: UFV. 344 p.
- Leng RA. 1990. Factors affecting the utilization of “poor quality” forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutritional Research Reviews*. 3:277 – 303.
- Marrero L, Castro A, Arias A, Delgado, D. 2000. Rendimiento en grano, forraje y caracterización nutritiva del forraje de sorgo granífero en monocultivo o asociado con soya. En: Seminario Científico Internacional (12^o, 2000, Cuba). 77 p.
- Mejías R, Ruiz TE, Michelena JB, Zamora A, González ME, Alfonso F, Cino DM, Barceló A, Díaz JA. 2007. Comportamiento de hembras lecheras en crecimiento en dos sistemas de manejo y alimentación en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41 (1): 27-30.
- Molina LR, Rodriguez NM, Sousa BM, Gonçalves LC, Borges I. 2003. Parâmetros de degradabilidade potencial da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32 (1): 222-228.
- Molina LR, Gonçalves LC, Rodriguez NM, Rodrigues JAS, Ferreira JJ, Neto AGC. 2002. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31 (1): 148-156.
- Nagaraja TG, Newbold CJ, Van Nevel CJ, Demeyer DI. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. *The Rumen Microbial Ecosystem*. pp 523-632.
- Nichols SW, Froetschel MA, Amos HE, Ely LO. 1998. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *Journal Animal Science*. 81:2383–2393.

- Ørskov E R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Zaragoza: Acribia. 157p.
- Ørskov E R. 1982. Protein nutrition in ruminants. London: Academic Press. 155p.
- Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92:499–503.
- Pineda JL. 2006. Efecto de un suplemento activador proteico o energético de la fermentación ruminal en la engorda de bovinos en praderas de pastos tropicales en Colima. Tesis Dr. Colima, México. Universidad de Colima. 131p.
- Pires AJV, Reis RA, Carvalho GGP, Siqueira GR, Bernardes TF, Ruggieri AC, Roth MTP. 2010. Degradabilidad ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagem de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62 (2):391-400.
- Puga DC, Galina HM, Pérez-Gil RF, Sanginesa GL, Aguilera BA, Haenlein GFW. 2001. Effect of a controlled-release urea supplement on rumen fermentation in sheep fed a diet of sugar cane tops (*Saccharum officinarum*), corn stubble (*Zea mays*) and King grass (*Pennisetum purpureum*). *Small Ruminant Research* 39:269-276.
- Rodrigues FS, Elías A, Chilbroste P. 2012. Suplementación con activadores ruminales en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 32 (2): 117-123.
- Rustomo B, AlZahal O, Odongo NE, Duffield TF, McBride BW. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. *Journal Dairy Science*. 89(12):4758–4768.
- SAS (Statistical Analysis System). 2005. INSTITUTE INC., SAS/STAT. User's Guide, version 9.1.3. Cary, N.C.
- Satter LD, Slyter LL. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*. 32: 199-208.
- Valdés G, Castillo F. 1993. Sistema de manejo de machos bovinos en pastoreo. Suplementación con miel y un alto nivel de urea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 27: 163 – 160.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. New York: Ithaca. 374p.

- Van Soest PJ, Roberston JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74 (5):3583-3597.
- Weinberg ZG, Khanal P, Yildiz C, Chen Y, Arieli A. 2011. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. *Japanese Society of Grassland Science*. 57:46-50.