

Effect of the supplementation with a ruminal protein activator on weight gain of steers fed rice straw

Efecto de la suplementación con un activador proteico ruminal en la ganancia de peso de novillos alimentados con paja de arroz

G. N. D'Ascanio¹, A. Elías², Angela J. Flores³, R. Rodríguez² and F. Herrera²

¹NUTREZA SRL, Ruta 11, km 751. (3572) Malabrigo, Santa Fe, Argentina

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³INTA EEA Mercedes. Corrientes, Argentina

Email: www.nutreza.com.ar

In order to evaluate the animal response to supplementation with a ruminal protein activator to steers consuming rice straw rolls, an amount of 27 animals of 160 kg were used, distributed into three treatments (rice straw, rice straw + 200g of ruminal protein activator and rice straw + 400 g of ruminal protein activator. animal.d⁻¹). A random blocks design was applied, with three animals per treatment and three repetitions. Mean composition was 4.9 and 45.2 % of crude protein and 61.5 and 20.3 % of neutral detergent fiber for rice straw rolls and the ruminal protein activator, respectively. The control animals, fed only rice straw rolls, lost weight (-0.09 kg.animal.d⁻¹). Treated groups gained 0.242 and 0.325 kg.animal.d⁻¹ (P < 0.001) for low and high doses, respectively, although without differences among them. The intake of rice straw rolls increased in 16 % in the treatments supplemented with the activator (P < 0.01), but not between doses. Final efficiency of the use of the activator was 1 g of ruminal protein activator per 1 g of daily weight gain. It is recommended the doses of 1.16 g of ruminal protein activator per kilogram of liveweight.

Key words: *protein supplementation, low quality forages, protein activator*

Para evaluar la respuesta animal a la suplementación con un activador proteico ruminal a novillos que consumen rollos de paja de arroz, se utilizaron 27 animales de 160 kg, distribuidos en tres tratamientos (paja de arroz, paja de arroz + 200 g de activador proteico ruminal y paja de arroz + 400 g de activador proteico ruminal.animal.d⁻¹). Se aplicó un diseño de bloques al azar, con tres animales por tratamiento y tres repeticiones. La composición promedio fue de 4.9 y 45.2 % de proteína bruta y 61.5 y 20.3 % de fibra neutro detergente para rollos de paja de arroz y el activador proteico ruminal, respectivamente. Los animales control, alimentados solo con rollos de paja de arroz, perdieron peso (-0.09 kg.animal.d⁻¹). Los grupos tratados ganaron 0.242 y 0.325 kg.animal.d⁻¹ (P < 0.001) para la baja y alta dosis del suplemento respectivamente, aunque sin diferencias entre estas. El consumo de rollos de paja de arroz se incrementó en 16 % en los tratamientos suplementados con el activador (P < 0.01), pero no entre dosis. La eficiencia final de uso del activador fue de 1 g de activador proteico ruminal por 1 g de ganancia diaria de peso vivo. Se recomienda la dosis de 1.16 g de activador proteico ruminal por kilogramo de peso vivo.

Palabras clave: *suplementación proteica, forrajes baja calidad, activador proteico.*

Introduction

The main basis of livestock in Argentine Republic is constituted by large areas of grassland. Currently, the animal husbandry activity in the country is displaced towards extra Pampas ecosystems that rely most of their productive livelihood on pastoral systems, mainly composed of seasonal growth grasses. These grassland ecosystems occupy more than 70% of the country (Chiossone 2011), with over 1,000,000 km² and 25,000,000 cattle heads, which represent 48% of total livestock from Argentina (Rossanigo *et al.* 2012).

The exploitation of C₄ photosynthetic pathway pastures, with marked seasonality on their yields and low nutritional value, due to their high fiber contents and low protein levels during most of the year, are features shared by animal husbandry ecosystems. Therefore, conserved forages have high fiber content and low proportion of nitrogen, with less than 8% of crude protein (CP).

These low quality feeds determine a ruminal

Introducción

La base principal de la ganadería en la República Argentina la constituyen las grandes áreas de pastizales. Actualmente, la actividad ganadera en el país se halla desplazada hacia los ecosistemas extra pampeanos, que basan la mayor parte de su sustento productivo sobre sistemas pastoriles, conformados básicamente por gramíneas, en su gran mayoría de crecimiento estacional. Estos ecosistemas de pastizales ocupan más del 70 % del territorio nacional (Chiossone 2011), con más de 1.000.000 km² y albergan 25.000.000 cabezas de ganado vacuno, que representan 48 % del inventario ganadero de Argentina (Rossanigo *et al.* 2012).

La explotación de pastos de sendero fotosintético C₄, con marcada estacionalidad en sus rendimientos y bajo valor nutritivo, debido a sus altos contenidos de fibra y bajos niveles de proteína durante la mayor parte del año, son rasgos que comparten los ecosistemas ganaderos. Por ello, los forrajes conservados tienen alto contenido de fibra y baja proporción de nitrógeno, con menos de 8 % de proteína bruta (PB).

environment that limits the development of cellulolytic bacteria, resulting in low rates of digestion of food passage fiber, have a negative influence on intake and restrict weight gain, especially in growing cattle (Elías 1983, Balbuena *et al.* 2000, Barbera and Sampedro 2010).

Intake may be increased by protein supplementation, in order to reduce the deficiency of CP available for ruminal microorganisms, with the consequent positive effect on the rate and extent of fiber fermentation. This is because, under conditions of forage availability, CP deficiency is the primary factor restricting weight gain of the animal (Del Curto *et al.* 2000).

The supply of non-protein nitrogen (urea, protected urea or cellulolytic enzymes) to ruminants reared extensively in the field, in order to increase efficiency of ruminal degradation of low quality forages, is limited because there are no practical ways to provide it in the needed doses.

Ruminal protein activators (RPA) of slow release, in form of hard cylindrical tacos with specific weight from 1.2 to 1.4 kg.L⁻¹ and resistance to compression between 8 and 12 kgf/cm², work as an accelerating formula of ruminal processes. They were designed to provide nutrients to populations of cellulolytic microorganisms and accelerate the ruminal processes of bovines (D'Ascanio *et al.* 2015). Formulation of this supplement includes a combination of protein meals, urea, molasses and minerals. These RPA are salivated and swallowed entirely or in pieces by the animals, which can be confirmed within the animal rumen, where they slowly and synchronically dissolve its nutrients (D'Ascanio 2014).

The objective of this study was to evaluate the effect of RPA, as tacos, in the voluntary intake and weight gain of steers fed low-quality forage.

Material and Methods

The experiment was conducted at the Estación Experimental Agropecuaria of INTA "Mercedes" (27° 40'34" South, 59° 48'25" West; 98 m o.s.l.), near the city of Mercedes (Corrientes, Argentine), during October and November, 2012. The experimental work consisted on evaluating, for 60 days, two levels of RPA, as hard tacos, as a supplement for Hereford and Braford calves and their crosses, weaned in autumn and reared in the field with winter supplementation, until their stabulation in pens with rice straw rolls *ad libitum*. Before starting the experiment, the animals were dewormed with ivermectin, were vaccinated against keratoconjunctivitis, ear tagged and weighed individually at 0, 30 and 60 d in a mechanical scale.

Three treatments were established:

T1) rice straw *ad libitum* (control)

T2) rice straw *ad libitum* + 200 g of RPA. head⁻¹.d⁻¹

T3) rice straw *ad libitum* + 400 g of RPA. head⁻¹.d⁻¹

Estos alimentos de baja calidad determinan un ambiente ruminal que limita el desarrollo de las bacterias celulolíticas, lo que genera bajas tasas de digestión de la fibra de pasaje del alimento, influye negativamente en el consumo y restringe la ganancia de peso, especialmente en vacunos en crecimiento (Elías 1983, Balbuena *et al.* 2000, Barbera & Sampedro 2010).

El consumo se puede incrementar mediante la suplementación proteica, con el propósito de disminuir la deficiencia de PB disponible para los microorganismos del rumen, con el consecuente efecto positivo en la tasa y grado de fermentación de la fibra. Esto se debe a que, en condiciones de disponibilidad de forraje, la deficiencia de PB es el factor primario que restringe la ganancia de peso en el animal (Del Curto *et al.* 2000).

El suministro de nitrógeno proteico (urea, urea protegida o enzimas celulolíticas) a rumiantes criados en el campo de forma extensiva, con el propósito de incrementar la eficiencia de la degradación ruminal de forrajes de baja calidad, está limitado porque no existen formas prácticas para administrarlo en las dosis necesarias.

Los activadores proteicos ruminales (APR) de liberación lenta, en su forma de tacos duros cilíndricos, con peso específico de 1.2 a 1.4 kg.L⁻¹ y resistencia a la compresión entre 8 y 12 kgf/cm², funcionan como una fórmula aceleradora de los procesos de digestión ruminal. Se diseñaron para aportar nutrientes a las poblaciones de microorganismos celulolíticos y acelerar los procesos ruminales de los bovinos (D'Ascanio *et al.* 2015). La formulación de este suplemento comprende una combinación de harinas proteicas, urea, melaza y minerales. Estos APR en tacos son insalivados y tragados enteros o en trozos de gran tamaño por los animales, comprobables dentro del rumen animal, donde disuelven sus nutrientes lentay sincrónicamente (D'Ascanio 2014).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de APR, en forma de tacos, en el consumo voluntario y la ganancia de peso de novillos alimentados con forraje de baja calidad.

Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA "Mercedes" (27°40'34" Sur, 59°48'25" Oeste; 98 msnm), próxima a la ciudad de Mercedes (Corrientes - Argentina), durante octubre y noviembre del 2012. El trabajo experimental consistió en evaluar durante 60 días dos niveles de un APR en forma de tacos duros, como suplemento para terneros de raza Hereford y Braford y sus cruza, destetados en otoño y criados a campo con suplementación invernal, hasta su estabulación en corrales con rollos de paja de arroz *ad libitum*. Antes de comenzar el experimento, los animales se desparasitaron con ivermectina, se vacunaron contra la queratoconjunctivitis, se caravanearon y se pesaron individualmente a los 0, 30 y 60 d en una báscula mecánica.

Se establecieron tres tratamientos:

T1 = paja de arroz *ad libitum* (control)

T2 = paja de arroz *ad libitum* + 200 g de APR.

The RPA were produced by the author of this study at the NUTREZA SRL (Ruta Nacional Na 11. Ciudad de Malabrigo, Santa Fe, Argentine), which is the enterprise that produces supplements and feeds for animals according to invention patent (D'Ascanio 2014).

The voluntary intake of rice straw, as the difference in weighing the offer and rejection, was estimated. The supplement was delivered daily, during the morning, in feeding troughs, together and at open sky per each treatment, without recording rejection of RPA. On three occasions, feed samples were taken to determine chemical composition of used feeds. DM was determined by drying in an air forced oven, at 105 °C for 4 h. Ashes (A) were determined by calcination, CP by the Kjeldahl method and minerals by spectrophotometry, according to Latimer (2012). NDF and ADF were determined by the fractioning proposed by Goering and van Soest (1970).

An amount of 27 castrated male calves, with different sizes, were used in a random block design, which defined the range of initial weight of the animals as block. Three animals were allocated and three repetitions were included per treatment. The studied variables were analyzed by ANOVA, using the statistical package InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2012). After detecting the differences ($P < 0.05$), means of the treatments were compared by the multiple range test of Duncan (1955).

Results and Discussion

Table 1 shows the chemical composition of the two feeds used in the experiment. The chemical composition of rice straw was in the range of the parameters indicated by the NRC (1996). The composition of the activator was also among the parameters foreseen for its formulation.

Table 2 presents the estimated mean composition of the activator, which is similar to some recommendations of different authors for this type of protein supplement. Before, Koster *et al.* (1997) determined that, when the amount of urea exceeds 75% of the total equivalent of degradable protein (DP), the response of all the criteria on forage intake, digestion of OM and NDF have a quadratic and substantial decrease. Therefore, the maximum point recommended for substitution is 50 %. For this RPA, the maximum amount of used urea from the total equivalent of DP was 37 %, maintained among the recommended limits. Kôster *et al.* (1997), from the results cited before, determined a minimum limit of

cabeza⁻¹.d⁻¹

T3) paja de arroz *ad libitum* + 400 g de APR.cabeza⁻¹.d⁻¹

Los APR se elaboraron por el autor de este estudio en la empresa productora de suplementos y alimentos para animales NUTREZA SRL (Ruta Nacional N^a 11. Ciudad de Malabrigo. (Santa Fe. - Argentina) según patente de invención (D'Ascanio 2014).

Se estimó el consumo voluntario de paja de arroz como la diferencia en el pesaje de la oferta y el rechazo. El suplemento fue entregado diariamente en horas de la mañana en comederos de alimentación en forma conjunta y a cielo abierto para cada tratamiento, sin registrar rechazo del APR. En tres oportunidades se tomaron muestras del alimento para determinar la composición química de los alimentos utilizados. La MS se determinó por secado, en estufa con circulación forzada de aire, a 105 °C durante 4 h. Las cenizas (CEN) se determinaron por calcinación, la PB por el método de Kjeldahl y los minerales por espectrofotometría, según Latimer (2012). La FND y FAD, por el fraccionamiento propuesto por Goering y van Soest (1970).

Se utilizaron 27 terneros, machos castrados, de diferente tamaño en un diseño de bloques al azar, en el que se definió como bloque el rango de peso inicial de los animales. Se asignaron tres animales y se incluyeron tres repeticiones por tratamiento. Las variables estudiadas se analizaron por ANOVA, mediante el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo, *et al.* 2012). Cuando se detectaron diferencias ($P < 0.05$), las medias de los tratamientos se compararon por la dócima de rangos múltiples de Duncan (1955).

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestra la composición química de los dos alimentos utilizados en el experimento. La composición química de la paja de arroz se encontró entre los parámetros indicados por el NRC (1996). La composición del activador también estuvo entre los parámetros previstos para su formulación.

La tabla 2 presenta la composición promedio estimada del activador, que es similar a algunas recomendaciones de diferentes autores para este tipo de suplemento proteico. Antes, Kôster *et al.* (1997) determinaron que, cuando la cantidad de urea excede 75 % del total equivalente de proteína degradable (PD), la respuesta de todos los criterios acerca del consumo de forraje, digestión de la MO y FND disminuye sustancialmente de forma cuadrática. Es por ello que sugieren que el punto máximo recomendado para la sustitución es 50 %. Para este APR, la cantidad máxima utilizada de urea del total equivalente de la PD fue de 37 %, que se mantiene entre los límites recomendados.

Table 1. Chemical composition of feed used in the experiment (% MS)

FEED	%										ppm		
	DM	CP	NDF	ADF	Ash	Ca	P	Na	Mg	K	Cu	Zn	Mn
Rice straw	66.9	4.9	61.5	39.9	7.7	0.17	0.07	0.14	0.12	1.4	3.6	6	41
RPA	86.4	45.2	20.3	16.1	13.8	1.64	0.86	0.83	0.61	1.56	137	802	483

25 %, equivalent to supplementary DP, which should come from true protein to maximize intake and digestion of forage. For this RPA, it was 62 %, over the minimum recommended limit.

In vivo estimations, conducted by Balbuena *et al.* (2002), determined degradation levels of CP, close to 60 % of cotton and soy bean pellets, and next to

Kôster *et al.* (1997), a partir de los resultados antes referidos, determinaron un límite mínimo de 25 %, equivalente a PD suplementaria que debe provenir de la proteína verdadera para maximizar el consumo y la digestión del forraje. Específicamente para este producto fue de 62 % por encima del límite mínimo recomendado.

En estimaciones *in vivo*, realizadas por Balbuena *et*

Table 2. Estimated values for DP, NDP and calculated for CP from total NPN and urea within RPA

RPA	%			
	DP ¹	NDP ²	CP-NPN ²	CP-Ureic ³
	77.52	22.48	29.55	28.44

¹estimated values of degradable protein (DP) and non-degradable protein (NDP) according to the requirement tables of NRC 1996

²calculated values, according to the total inclusion of CP as NPN of RPA (NRC 1996)

³calculated values, according to the total inclusion of CP from urea

85 % for sunflower pellets. These values are very close to those used for calculating the RPA in this experiment.

Table 3 shows the results of animal response. Regarding the analysis of initial liveweight (ILW), there were no differences among treatments. According to final liveweight (FLW), there was a decrease in the control group, unlike those consuming RPA. These last registered an increase of LW during the evaluated period, without differences among doses. The average FLW of both treatments was 182 kg, enough to exploit, in quantity and quality, the high forage production, taking place at the end of winter, which enables a compensatory growth with high LW gains.

Regarding weight difference (MLW), registered by the control group, it lost 5 kg of LW as average, similar values to those reported for mature forages during the winter period in grasslands from Chaco Húmedo Argentino (Peruchena and D'Ascanio 1992a). The supplemented groups increased between 14 and 19 kg of LW, with an average difference, regarding the control, of 21.5 kg. With similar forage bases, which are poor in CP (+ 4 %), for mature or frozen grasslands, but at the field, with implicit harvest cost in post weaning animals, the registered losses were superior, between 10 and 20 kg of weight, for a similar winter period (Peruchena and D'Ascanio 1992b).

Daily weight gains (DWG) differed between the control and supply of activators (200 and 400 g.animal⁻¹.d⁻¹). However, there were no differences among the used doses. Therefore, the doses of 200 g.animal⁻¹.d⁻¹ should be considered as the most convenient, from an economic point of view, which could also be expressed as 1.37 g of daily weight gain per kilogram of LW for those doses.

Balbuena *et al.* (2011) found in calves grazing *Dichantium caricosum* a higher weight gain, after

al. (2002), se determinaron niveles de degradación de la PB cercanos a 60 % en pellets de algodón y soja, y próximos a 85 % para el pellet de girasol. Estos valores son muy cercanos a los utilizados para el cálculo del APR en este experimento.

Los resultados de la respuesta animal se muestran en la tabla 3. Con respecto al análisis del peso vivo inicial (PVI), no hubo diferencias entre tratamientos. En cuanto al peso vivo final (PVF), se constató disminución en el grupo control, a diferencia de los que consumieron APR. En estos últimos se registró aumento en el PV durante el período evaluado, sin diferencias entre las dosis. El PVF de ambos tratamientos promedió 182 kg, suficiente para aprovechar, en cantidad y calidad, la alta producción de forraje que tiene lugar al finalizar el invierno, lo que permite un crecimiento compensatorio con altas ganancias de PV.

Con respecto a la diferencia de aumento peso (APV) registrada por el grupo control, este perdió como promedio 5 kg de PV, valor igual a lo informado para forrajes maduros durante el período invernal en pastizales del Chaco Húmedo Argentino (Peruchena & D'Ascanio 1992a). En relación con los grupos suplementados, aumentaron entre 14 y 19 kg de PV, con diferencia promedio con respecto al control de 21.5 kg. Con bases forrajeras similares, pobres en PB (+ 4 %), para pastizales maduros o helados, pero a campo, con costo de cosecha implícito en animales post-destete, las pérdidas registradas fueron superiores, entre 10 y 20 kg de peso, para un período invernal similar (Peruchena y D'Ascanio 1992b).

Las ganancias diarias de peso vivo (GDP) difirieron entre el control y el suministro de los activadores (200 y 400 g.animal⁻¹.d⁻¹). Sin embargo, no hubo diferencias entre las dosis empleadas. Por tanto, se debe considerar la dosis de 200 g.animal⁻¹.d⁻¹ como la más conveniente desde el punto de vista económico, que se pudo expresar también como 1.37 GDP/kg de PV para dichas dosis.

Balbuena *et al.* (2000) encontraron en novillos en pastoreo de *Dichantium caricosum* mayor ganancia de

Table 3. Results of animal response of calves consuming rice straw supplemented with a RPA

Variables	Control	200 g RPA	400 g RPA	SE(±) Signif.
ILW(kg)	166.1	169.4	165.9	3.8197 NS
FLW (kg)	160.7 ^a	183.9 ^b	180.0 ^b	5.13 P < 0.004
MLW (kg)	-5.4 ^a	14.5 ^b	19.1 ^b	2.39 P < 0.001
LWG (kg)	-0.090 ^a	0.242 ^b	0.325 ^b	0.0441 P < 0.001
DWG/LW (g/kg)	-0.62 ^a	1.37 ^b	1.88 ^b	0.266 P < 0.001
Forage DMI (kg)	3.29 ^a	3.83 ^b	3.73 ^b	0.101 P < 0.002
Total DMI (kg)	3.29 ^a	4.00 ^b	4.08 ^b	0.101 P < 0.001
Forage DMI/LW (%)	2.05 ^a	2.16 ^{ab}	2.21 ^b	0.037 P < 0.01
Total DMI/LW (%)	2.05 ^a	2.31 ^b	2.36 ^b	0.037 P < 0.001
CPI (kg)	0.160 ^a	0.270 ^b	0.340 ^c	0.005 P < 0.001
CPI/LW (g/kg)	0.98 ^a	1.54 ^b	1.97 ^c	0.026 P < 0.001
Activador DMI/LW (g/kg)	0.000 ^a	1.16 ^b	2.33 ^c	0.005 P < 0.001
Activador DMI/LW DWG/LW	0.000 ^a	0.97 ^b	1.57 ^c	0.174 P < 0.001

supplementing with cotton and soy bean pellets (682 and 626 g.animal.d⁻¹), regarding the use of sunflower pellets (531 g.animal⁻¹.d⁻¹), respectively. It is possible that differences obtained between this experiment and that conducted by Balbuena *et al.* (2011), are because of the use of calves grazing with the possibility of selecting a different material, with better nutritional quality and the possibility of selecting a different feed. In addition, the intake of protein supplement was provided in a higher amount: 3 g of byproduct per kilogram of LW as average.

Intake of total (total DMI) and forage dry matter (forage DMI) showed a tendency similar to previous results, being both superior for the treatments supplemented with different doses of RPA regarding the control. Mean increase was 16% for forage DMI and 21% for total DMI. It is possible that the lack of differences in forage DMI.kg⁻¹.PV⁻¹, obtained among the calves fed only rice straw and those receiving the lowest dose of the supplement, was caused by low CP intake (0.160 and 0.270 kg, respectively) of both groups, related to the low concentration of CP, of both diets (4.86 and

peso, al suplementar con pellet de algodón y de soja (682 y 626 g.animal.d⁻¹) con respecto al pellet de girasol (531 g.animal⁻¹.d⁻¹), respectivamente. Es posible que las diferencias obtenidas entre el presente experimento y el de Balbuena *et al.* (2000), se deban a que emplearon novillos en pastoreo con la posibilidad de selección de un material diferente, con mejor calidad nutritiva y la posibilidad de seleccionar un alimento diferente, además que el consumo del suplemento proteico fue dado en mayor cantidad 3 g de subproducto por kilo de PV en promedio

El consumo de materia seca del forraje (CMS forraje) y total (CMS total) mostró tendencia similar a los resultados anteriores, siendo ambos superiores para los tratamientos suplementados con las diferentes dosis del APR con respecto al control. El incremento promedio fue de 16 y 21 % para CMS forraje y CMS total, respectivamente. Es posible que el no encontrar diferencias en el CMSforraje.kg⁻¹.PV⁻¹ obtenido entre los novillos alimentados solamente con paja de arroz y los que recibieron la dosis más baja del suplemento se deba al bajo consumo PB (0.160 y 0.270 kg respectivamente) que hicieron ambos grupos, relacionado con la baja concentración de PB calculada de ambas dietas

61 %) respectively.

It is known that, according to Elías (1983), intake of fibrous forages of CP content below 7% decreases and, due to high crude fiber content, digestibility of organic matter is limited by the low availability of amino acid or ammonia nitrogen for ruminal cellulolytic bacteria. In contrast, when animals fed those forages receive energy-protein-mineral supplementation, which reaches a protein concentration of the diet superior to 7% diet, the animals increase the DMI and DWG (Preston 1995, Galina *et al.* 1997, Delgado *et al.* 2002). Therefore, sufficient amounts of protein and energy should be provided for increasing forage digestion and NPN utilization (Elías 1983), as happened with the highest forage intake in absolute and relative values in animals that consumed higher amounts RPA (8.33% CP), compared to those that consumed only rice straw.

These results coincide with those stated by several authors, who indicated that the addition of protein to low quality forages provokes an increase of voluntary intake of animals (Köster *et al.* 1996). Heldt *et al.* (1997), conducting studies with casein and different energy sources, obtained a similar response to Olson *et al.* (1997). These authors reported 72% optimal increases of digestible organic matter intake (DOMI) regarding the control, and 27% when comparing high and low CP intake. In addition, these authors concluded that the positive effect of supplementation with CP in DOMI was caused by the increased of digestion and forage intake. This agrees with the information provided by Minson (1990), who in reviewing supplementation studies found that true protein and non-protein nitrogen were able to stimulate forage intake.

Forage DMI, in percent of animal LW (forage DMI/LW), was similar between control and the lowest dose of the supplement, but different with respect to that using the highest dose.

Regarding total dry matter intake, in percent of animal liveweight (totalDMI/LW), the same tendency of the previous case was found. There were differences between control and treatments with supplements, but there were no differences among doses.

Total intake of crude protein (ICP), and related to liveweight (ICP/LW), was different among treatments and increased as the RPA dose increased. Bailey *et al.* (2012) found positive results in cattle receiving increased doses of intra-ruminal casein on a natural pasture hay (5.8% CP), which increased the ruminal concentration of NH_3 , acetate and propionate. They also increased pH, with higher flow of microbial N, when it passed from 120 to 240 g.d⁻¹ casein as DP. Unlike the doses used in this study, which were between 134 (173 g activator ICP x 77.52 % activator DP) and 268 g (346 g activator CP x

(4.86 y 61 %) respectivamente.

Se sabe que, según Elías (1983), el consumo de forrajes fibrosos de contenido en PB por debajo de 7 % disminuye y que, debido al alto contenido en fibra bruta, la digestibilidad de la materia orgánica se limita por la poca disponibilidad de nitrógeno aminoacídico o amoniacal para las bacterias celulolíticas ruminales. En contraste, cuando animales en esos forrajes reciben suplementación minero-proteico-energética, que logre producir una concentración de proteína de la dieta superior a 7 %, los animales incrementan el CMS y la GDP (Preston 1995, Galina *et al.* 1997, Delgado *et al.* 2002). Para ello, se debe suministrar cantidades suficientes de proteína y energía que aumenten la digestión del forraje y la utilización del NNP (Elías 1983), como sucedió con la obtención de mayor consumo de forraje en valores absolutos y relativos en animales que consumieron mayor cantidad de APR (8.33 % PB) en comparación con los que consumieron solo paja de arroz.

Estos resultados coinciden con lo señalado por varios autores que indicaron que la adición de proteína a forrajes de baja calidad provoca aumento en el consumo voluntario de los animales (Köster *et al.* 1996). Heldt *et al.* (1997), al trabajar con caseína y distintas fuentes de energía obtuvieron una respuesta similar a la de Olson *et al.* (1997). Estos autores informaron incrementos óptimos de 72 % en el consumo de materia orgánica digestible con respecto al control, y de 27 % al comparar altos y bajos niveles en el consumo de PD. Además concluyeron que el efecto positivo de la suplementación con PD en el CMOD obedeció al aumento en la digestión y en el consumo del forraje. Esto concuerda con lo informado por Minson (1990), quien al revisar estudios de suplementación constató que la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico eran capaces de estimular el consumo de forraje.

El CMS forraje, en por ciento del PV del animal (CMS forraje/PV), fue similar entre el control y la dosis más baja del suplemento, pero diferente con respecto al que utilizó la dosis más alta.

Con relación al consumo de materia seca total, en por ciento del peso vivo del animal (CMS total/PV), se constató la misma tendencia que en el caso anterior. Hubo diferencias entre el control y los tratamientos con suplementos, sin evidencia de diferencias entre dosis.

El consumo total de proteína cruda (CPC), y de este con relación al peso vivo (CPC/PV), fue diferente entre tratamientos y aumentó en la medida que se incrementó la dosis del APR. Bailey *et al.* (2012) encontraron resultados positivos en bovinos que recibían dosis incrementadas de caseína intraruminal sobre un heno de pastura natural (5.8 % PC), que aumentaron la concentración ruminal de NH_3 , acetato y propionato. También incrementaron el pH, con mayor flujo de N microbiano, cuando pasó de 120 a 240 g.d⁻¹ de caseína como PD. A diferencia de las dosis empleadas en este trabajo, que estuvieron entre 134 (173 g CPC activador x 77.52 % PD activador) y 268 g (346 g PC activador x 77.52 % PD activador) de PD por cabeza y por día, en el estudio de Bailey *et al.* (2012) no

77.52 % activator DP) of DP per head and per day, the studies of Bailey *et al.* (2012) had no differential animal response in contrast with the positive results of ruminal fermentation.

Sawyer *et al.* (2012) evaluated different types of protein (high and low ruminal degradability) at low levels of supplementation in diets based on hay, and found no responses to doses lower than 160 g.day⁻¹ of CP in the use of N and NDF digestibility, apart from the type of protein. However, with doses close to 390 g CP day⁻¹ of cotton seed meal, concentrations of ruminal ammonia, ureic N and blood glucose increased, as well as DM degradability

After analyzing the efficiency of utilization of the activator regarding weight gain reached by the animals (activator DMI/LW/DWG/LW), and considering the doses of 200 g of RPA as the most efficient with DWG and total intake of forage (there were no significant differences with 400 g of RPA), an efficiency of utilization of the supplement of 1:1 was obtained. This represents 1g of RPA per 1 g of gained liveweight. Revising different studies from different authors (Balbuena *et al.* 2002, Barbera *et al.* 2011, Rochinotti *et al.* 2011, Sampedro *et al.* 2004), it was concluded that average response to different protein supplements, especially those of sunflower, soy bean and cotton pellets, ranges between 2.2 and 2.5 g of supplement per 1g of gained LW. This means that from 1 to 1.5 g more of the supplement may be used to reach the response obtained in this study.

The conducted analysis has an important economic effect because cited authors recommend a contribution close to 400g of supplementary protein. However, variations on the composition of oleaginous by-products provoke instability of the required amounts of this by-products (D'Ascanio and Peruchena 1992). Therefore, this may double or triple the costs of supplementation with low quality forages at the moment of its implementation. In addition, other costs should be considered, like those related to management and infrastructure (storage, distribution, supply and some others).

Table 4 shows the efficiency of food conversion. There were no significant differences between both doses of the activator for any of the determined indicators, neither for forage matter intake nor for total or crude protein on daily weight gain. The most convenient dose was supplementation with 200 g of RPA for animals of 160 kg of mean LW, fed rice straw rolls. Thus, crude protein intake of activator/kg of gained weight was different between both doses. The best efficiency of utilization was obtained with 200 g of RPA.

From the production technology, and according to performance and physiochemical characteristics of the RPA, animals consume it entire or, mainly, in particles of big size. Due to its high content of CP and DP and

hubo respuesta animal diferencial en contraposición con los resultados positivos de la fermentación ruminal.

Sawyer *et al.* (2012) evaluaron diferentes tipos de proteínas (alta y baja degradabilidad ruminal) a bajos niveles de suplementación en dietas basada en de heno y no hallaron respuestas a dosis menores de 160 g.día⁻¹ de PB en el uso del N y la digestibilidad de la FND, independientemente del tipo de proteína. Sin embargo, con dosis cercanas a los 390 g PB día⁻¹ de harina de semilla de algodón, se incrementaron las concentraciones de amonio ruminal, N ureico y glucosa sanguínea, y la degradabilidad de la MS.

Al analizar la eficiencia de utilización del activador con respecto a la ganancia de peso que lograron los animales (CMS activador/PV/GDP/PV), y al tomar la dosis de 200 g de APR como la más eficiente desde la GDP y el consumo total de forraje (con 400 g de APR no se lograron diferencias significativas), se pudo obtener eficiencia de utilización del suplemento de 1:1. Es decir, 1 g de APR por cada 1 g de peso vivo ganado. Al revisar diversos estudios provenientes de diferentes autores (Balbuena *et al.* 2002, Barbera *et al.* 2011, Rochinotti *et al.* 2011, Sampedro *et al.* 2004), se concluyó que la respuesta promedio de diferentes suplementos proteicos, en especial los de pellet de algodón, soja y girasol, se encuentra en un rango de 2.2 a 2.5 g de suplemento por cada 1 g de PV ganado. Esto significa que se puede utilizar entre 1 y 1.5 g más de suplemento, para lograr la respuesta obtenida en el presente estudio.

El análisis realizado tiene un efecto económico importante, pues los autores citados recomiendan un aporte próximo a los 400 g de proteína suplementaria. Sin embargo, las variaciones en la composición de los subproductos oleaginosos hacen que las cantidades requeridas del subproducto no sean constantes (D'Ascanio y Peruchena 1992), y por lo tanto pueden hacer duplicar o triplicar los costos de la práctica de suplementación sobre forrajes de baja calidad en el momento de su implementación. Adicionalmente, se deben considerar otros costos, como aquellos asociados con el manejo y la infraestructura (almacenamiento, distribución, suministro, entre otros).

En la tabla 4 se muestran la eficiencia de conversión del alimento. Para ninguno de los parámetros determinados hubo diferencias significativas entre ambas dosis del activador, ya sea para el consumo de materia del forraje o para el total o para la proteína cruda sobre la ganancia diaria de peso. La dosis más conveniente fue la suplementación con 200 g de APR para animales de 160 kg de PV promedio, alimentados con rollos de paja de arroz. Es así que el consumo de proteína cruda del activador/kg de peso ganado resultó diferente entre ambas dosis. La mayor eficiencia de uso se obtuvo con 200 g de APR.

Desde la tecnología de producción, y según el comportamiento y las características fisicoquímicas del APR, los animales lo consumen entero o, en su gran mayoría, en partículas de gran tamaño. Debido a su alto

Table 4. Values of conversion efficiency of feed and protein

Variables	200 g RPA	400 g RPA	SE(±) Signif.
Forage E:C (kg forage DMI/kg DWG)	18.17	14.16	2.628 NS
Total E:C (kg total DMI/kg DWG)	19.01	15.46	2.804 NS
Crude protein E:C (g CPI/g DWG)	1.27	1.28	0.21 NS
Activator CPI /LW DWG /LW	0.32 ^a	0.52 ^b	0.044 P < 0.007

its associative composition among different sources of protein meals, urea, molasses and minerals, it may be inferred that high response to supplementation with this activator is determined by slow and synchronic release of its nutrients to ruminal ecosystem. In order to debate this fact, there is a suggestion to consider first nutritional processes: nutrition of ruminal microbial population as an element, and nutrition of the host as another element, although they are together in their practical application. This way, it was demonstrated that ruminal microorganisms need important nutrients that allow their development (Elías 1971, Wallace and Newbold 1993).

Some researchers propose the manipulation of rumen to develop a favorable ecosystem that facilitates the increase of total volatile fatty acids, mainly propionic acid (Ortiguez-Marty and Majdowb 2003), through the supply of degradable protein in the rumen (Elías 1983, El-Kadi *et al.* 2003), starch (Voigt *et al.* 2003) and long chain fatty acids (Voigt *et al.* 2003). It was also suggested the control of protozoa and the increase of structural carbohydrate digestion through physical and chemical treatment of forages and addition of fermentable nitrogen (urea, ammonia) accompanied by micronutrients like sulfur, phosphorus, amino acids and peptides (Elías 1971).

The main problem of this technique lies on making possible that rumen to reach its optimal useful condition in a cellulosic environment, from low quality forages. This demonstrates that, with the union of cited technological elements, it is possible to optimize the use of forage, focusing on the useful condition of the ruminal ecosystem in the portion of higher fermentative condition that may be reached in degradation of grass cellulose for benefiting animals and humans.

The use of RPA improved the productive response of calves fed rice straw due to the increase of intake of forage, total dry matter and crude protein, as well as improving conversion of these productive indicators.

contenido en PB y PD y a su composición asociativa entre diferentes fuentes de harinas proteicas, urea, melaza y minerales, se puede inferir que la alta respuesta a la suplementación con este activador está determinada por la liberación lenta y sincrónica de sus nutrientes en el ecosistema ruminal. Para discutir esto se ha sugerido considerar primeramente los procesos nutricionales por separado: la nutrición de la población microbiana ruminal como un ente y la del hospedador como otro, aunque en su aplicación práctica son inseparables. De esta forma se ha probado que los microorganismos ruminales necesitan nutrientes críticos que permitan su desarrollo (Elías 1971, Wallace y Newbold 1993).

Algunos investigadores proponen la manipulación del rumen para desarrollar un ecosistema favorable que posibilite el incremento de la producción de ácidos grasos volátiles totales, principalmente de ácido propiónico (Ortiguez-Marty y Majdowb 2003) mediante el suministro de proteína degradable en rumen (Elías 1983, El-Kadi *et al.* 2003), almidones (Voigt *et al.* 2003) y ácidos grasos de cadena larga (Voigt *et al.* 2003). Se ha sugerido además, el control de los protozoarios y el aumento de la digestión de carbohidratos estructurales mediante el tratamiento físico o químico de los forrajes y la adición de nitrógeno fermentable (urea, amoniaco) acompañado de micronutrientes como el azufre, fósforo, amino ácidos y péptidos (Elías 1971).

El problema fundamental de esta técnica radica en cómo hacer posible que el rumen del animal llegue a su óptima condición utilitaria en un ambiente celulósico proveniente de forrajes de baja calidad. Varios de estos aspectos se han considerado al formular el APR utilizado en el presente experimento. Esto demuestra que con la unión de los elementos tecnológicos citados es posible optimizar el uso del forraje al enfocar la condición utilitaria del ecosistema ruminal en la porción de mayor condición fermentativa que se pueda alcanzar en la degradación de la celulosa de los pastos en beneficio del animal y del hombre.

El suministro de los APR mejoró la respuesta productiva de novillos alimentados con paja de arroz, debido al aumento en el consumo de forraje, de materia seca total y de proteína bruta, además de mejorar la conversión de estos indicadores productivos.

References

- Bailey, E. A., Titgemeyer, E. C., Olson, K. C., Brake, D. W., Jones, M. L. & Anderson, D. E. 2012. "Effects of supplemental energy and protein on forage digestion and urea kinetics in growing beef cattle". *Journal of Animal Science*, 90 (10): 3492–3504, ISSN: 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2011-4458.
- Balbuena, O., Kucseva, C. D., Arakaki, C. L., Stahringer, R. C. & Velazco, G. A. 2000. "Fuentes de proteína en la suplementación invernal de la cría de bovinos en pasturas subtropicales". *Revista Argentina de Producción Animal*, 20 (Supl 1): 62–63, ISSN: 0326-0550, 2314-324X.
- Balbuena, O., Rochinotti, D., Arakaki, C. L., Kucseva, C. D., Somma, de F. G. R., Slanac, A. L. & Koza, G. A. 2002. "Efecto de la suplementación proteica sobre la digestibilidad y flujo nitrogenado en novillos consumiendo pasto estrella". *Revista Argentina de Producción Animal*, 22 (1): 13, ISSN: 0326-0550, 2314-324X.
- Barbera, P. & Sampedro, D. H. 2010. "Suplementación con diferentes fuentes proteicas de novillitos a corral, consumiendo heno de paja de arroz". *Revista Argentina de Producción Animal*, 30 (1): 488–489, ISSN: 0326-0550, 2314-324X.
- Barbera, P., Sampedro, D. H., López, S. & Flores, J. 2011. Avances en nutrición animal de vacunos que utilizan forraje de baja calidad. Suplementos protéicos para forrajes de baja calidad. Serie Técnica Rev. 48. INTA EEA. Mercedes, Corrientes, Argentina. P. 4-9
- Chiossone, G. O. 2011. "Pastizales naturales de Argentina". In: IX Congreso Internacional de Pastizales, Santa Fe, Argentina: INTA y La Asociación Argentina de Pastizales (AAMPN), Available: <<http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=2027>>, [Consulted: April 4, 2016].
- D'Ascanio, G. 2014. Formulación aceleradora de la celulólisis ruminal. no. INPI P-265/03, Inst. Instituto Nacional de la Propiedad Industrial. Administración Nacional de Patentes, República Argentina.
- D'Ascanio, G. & Peruchena, C. O. 1992. Caracterización de los principales residuos y subproductos agroindustriales producidos en el noroeste de Santa Fe, Argentina, 12 p.
- del Curto, T., Hess, B. W., Huston, J. E. and Olson, K. C. 2000. "Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States". *Journal of Animal Science*, 77: 1–16, ISSN: 0021-8812, 1525-3163.
- Delgado, A., Crespo, G., Elías, A. & Yanes, A. 2002. "Fattening of grazing yearlings with molasses/urea supplementation". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 36 (1): 43–47, ISSN: 2079-3480.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. and Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test- *Biometrics* 11: 1, ISSN: 0006341 K, DOI: 10.2307/3001478
- Elias, A. 1971. The rumen bacteria of animals feed on a high-molasses-urea-diets. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen, Escocia.
- Elias, A. 1983. "Digestión de pastos y forrajes tropicales". In: Ugarte J., Herrera R., Ruiz R., García R., Vázquez C. and Senra A. (eds.), *Los pastos en Cuba*, vol. 2, La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, pp. 187–246, Available: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xisandmethod=postandformato=2andcantidad=1andexpresion=mnfn=030111>>, [Consulted: March 2, 2016].
- El-Kadi, S. W., Sunny, N. E., Oba, M., Owens, S. L. & Bequette, B. J. 2003. "Glucose metabolism by the gastrointestinal tract of sheep as affected by protein supply". In: Souffrant W. B. and Metges C. C., *Progress in Research on Energy and Protein Metabolism*, Netherlands: Wageningen Academic Pub, pp. 401–405, ISBN: 978-90-76998-24-4.
- Galina, M. A., Pineda, J., Rosado, J., Aguilar, A., Puga, C., Rubio, C. & Murillo, J. C. 1997. "Fattening of steers zebu+ F1 cross feed high fermentable carbohydrate diet of a continuous non-protein nitrogen and by-pass protein supplement". *Advance Agricultural Research*, 6 (3): 22–32, ISSN: 2053-1265.
- Goering, H. K. & van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). (ser. Agriculture Handbook, no. ser. 379), Washington, DC., USA: U.S. Agricultural Research Service, 24 p.
- Heldt, J. S., Cochran, R. C., Mathis, C. P., Woods, B. C., Stokka, G. L., Olson, K. C., Titgemeyer, E. C. and Nagaraja, T. G. 1997. "Evaluation of the effects of carbohydrate source and level of degradable intake protein on the intake and digestion of tallgrass-prairie hay by beef steers". In: *Cattlemen's Day*, Manhattan, KS: Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, pp. 60–62, Available: <<http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/4816>>, [Consulted: February 16, 2016].
- Köster, H. H., Cochran, R. C., Titgemeyer, E. C., Vanzant, E. S., Abdelgadir, I. & St-Jean, G. 1996. "Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows". *Journal of Animal Science*, 74 (10): 2473–2481, ISSN: 0021-8812, DOI: /1996.74102473x.
- Köster, H. H., Cochran, R. C., Titgemeyer, E. C., Vanzant, E. S., Nagaraja, T. G., Kreikemeier, K. K. and St Jean, G. 1997. "Effect of increasing proportion of supplemental nitrogen from urea on intake and utilization of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef steers". *Journal of Animal Science*, 75 (5): 1393–1399, ISSN: 0021-8812, DOI: /1997.7551393x.
- Latimer, G. W. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed., Gaithersburg, Md.: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-83-7, Available: <http://www.amazon.com/Official-Methods-Analysis-OFFICIAL-ANALYSIS/dp/0935584838/ref=pd_sim_sbs_14_1?ie=UTF8&dpID=31iikC-xl2L&dpSrc=simsandpreST=_AC_UL160_SR160%2C160_andrefRID=101AB94246X0EM9N7XMW>, [Consulted: April 1, 2016].
- López, V. S., Flores, A. J., Sampedro, D., Celcer, R. R. & Gómez, M. 2010. "Evaluación de fuentes proteicas en suplementación invernal de vaquillas de reposición". *Revista Argentina de Producción Animal*, 30 (Supl. 1): 489–490, ISSN: 2314-324x, 0326-0550.
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, 520 p., ISBN: 978-0-12-498310-6.
- National Research Council (NRC) 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed., Washington, D.C.: National Academies

- Press, ISBN: 978-0-309-06934-2, Available: <<http://www.nap.edu/catalog/9791>>, [Consulted: May 19, 2016].
- Olson, K. C., Cochran, R. C., Jones, T. J., Vanzant, E. S. & Titgemeyer, E. C. 1997. "Effects of various supplemental starch and protein levels on ruminal fermentation and liquid passage of beef steers fed tallgrass-prairie hay". In: *Cattlemen's Day*, Manhattan, KS: Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, pp. 53–55, Available: <<http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/4813>>, [Consulted: February 16, 2016].
- Ortiguez, M., J. & Majdoub, L. 2003. "Ruminal acetate propionate pattern and nitrogenous fluxes across splanchnic and hind limb tissues in growing lambs". In: Souffrant W. B. and Metges C. C., *Progress in Research on Energy and Protein Metabolism*, Wageningen Academic Pub, pp. 213–217, ISBN: 978-90-76998-24-4.
- Peruchena, C. O. & D'Ascanio, G. 1992a. "Suplementación energético-proteica de bovinos para carne en el centro-norte santafesino". *Revista Argentina de Producción Animal*, 12 (supl. 1): 41–52, ISSN: 0326-0550, 2314-324X.
- Peruchena, C. O. & D'Ascanio, G. 1992b. Suplementación invernal de novillos con grano de sorgo y semillas de algodón sobre un pastizal natural diferido de otoño. *Información para Extensión*. No. 40. INTA EEA Reconquista, Santa Fe, Argentina. 8p.
- Preston, T. R. 1995. *Tropical animal feeding. A manual for research works*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), ISBN: 92-5-103758-2, Available: <<http://www.fao.org/docrep/003/v9327e/v9327e00.HTM>>, [Consulted: April 4, 2016]
- Rochinotii, D., Flores, J., Vogel, O., Robson, C. & Calui, M. 2011. Avances en nutrición animal de vacunos que utilizan forraje de baja calidad. Uso de nitrógeno no proteico en la suplementación de la recria. *Serie Técnica*. No 48. INTA EEA, Mercedes, Corrientes, Argentina. 12 p.
- Rossanigo, M. V. C., Arano, P. A. A. & Vázquez, G. R. 2012. "Stock 2012 del ganado bovino". *Información Técnica*, (187): 3–16, ISSN: 0327-425X.
- Sampedro, D. Vogel, O. & Calser, R. R. 2004. Suplementación de vacunos en pastizales naturales. *Serie Técnica* No. 34. INTA EEA, Mercedes, Corrientes, Argentina. 12 p.
- Sawyer, J. E., Mulliniks, J. T., Waterman, R. C. & Petersen, M. K. 2012. "Influence of protein type and level on nitrogen and forage use in cows consuming low-quality forage". *Journal of Animal Science*, 90 (7): 2324–2330, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2011-4782.
- Voigt, J., Gaafar, K., Hagemester, H., Kanitz, W. & Precht, D. 2003. "Fat vs. starch as energy sources in diets for high yielding lactating dairy cows". In: Souffrant W. B. and Metges C. C. (eds.), *Progress in research on energy and protein metabolism. International Symposium*, Rostock-Warnemünde, Germany: Wageningen Academic Publishers, pp. 445–448, ISBN: 90-76998-24-8.
- Wallace, R. J. & Newbold, C. J. 1994. "Rumer fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives". In: Lyons T. P. and Jacques K. A., *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium*, Loughborough, England: Nottingham University Press, p. 173, ISBN: 978-1-897676-51-6.

Received: June 2, 2015