

## o de la suplementación energética en la digestibilidad de los hidratos de carbono estructurales en dietas

*Vet. Arg. ? Vol. XXXII ? Nº 330 ? Octubre 2015.*

Arias, R. O. (1)\*, Muro, M.G.(1); Trigo, M. S.(1) y Cordiviola, C.A. (1)

### **Resumen.**

El objetivo del trabajo, fue evaluar la suplementación con grano de maíz entero, sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca y de los hidratos de carbono estructurales, en dietas para caprinos. Se utilizaron 8 cabras (criolla x Nubian) en un cuadrado latino de 4x4, con 4 dietas: heno a base de alfalfa, heno a base de alfalfa + grano entero de maíz al 0,5%, 1% y 1,5% del PV/día, se calculó consumo de materia seca total, consumo de forraje, tasa de sustitución y digestibilidad de la materia seca total aparente y de la celulosa, hemicelulosa y lignina. El consumo de materia seca total no varió, pero el consumo de forraje disminuyó linealmente ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, observándose un efecto sustitutivo de forraje por concentrado. La digestibilidad de la materia seca total aparente aumentó linealmente ( $p < 0,05$ ) y la digestibilidad de la celulosa ( $p < 0,05$ ) disminuyó con un efecto lineal al aumentar las cantidades de maíz entero en las dietas. No difirieron significativamente la hemicelulosa y lignina. El incremento de la proporción de maíz entero en dietas para caprinos, mejoró la digestibilidad de la materia seca total consumida y afectó selectivamente la digestibilidad de los componentes de la pared celular.

*Palabras clave:* *Capra hircus*, concentrado, fibra.

### **Effect of energy supplementation on the digestibility of structural carbohydrates in diets for goats.**

#### **Summary.**

The objective of this study was to evaluate the supplementation of whole corn grain on the total apparent digestibility of dry matter and structural carbohydrates in diets for goats. Eight crossbreed goats (Creole x Nubian) were used in experimental design replicated 4x4 Latin square. It provided f 4 diets: based alfalfa hay (D0), based alfalfa hay + whole grain corn at 0.5% LW / day (D1), based alfalfa hay + whole grain corn at 1% LW / day (D2) and based alfalfa hay + whole grain corn at 1.5% LW / day (D3). It was calculated the total dry matter intake, forage intake and the rate of substitution and the apparent total digestibility and cellulose, hemicellulose and lignin. The total dry matter intake did not change, but forage intake decreased linearly ( $p < 0.05$ ) between treatments, showing an effect of forage replacer concentrate. The total digestibility increased linearly ( $p < 0.05$ ) and digestibility of cellulose decreased significantly ( $p < 0.05$ ). Not significantly different

hemicellulose and lignin. Increasing the proportion of whole corn in diets for goats, improved digestibility of the dry matter consumed and selectively affect the digestibility of components of the cell wall.

*Key words:* *Capra hircus*, concentrated, fiber.

(1) *Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP*

*Teléfono: 54- 221-4236758 Int. 419*

*\*Correo electrónico: [iaroa@yahoo.com.ar](mailto:iaroa@yahoo.com.ar)*

*Casilla de Correo: 60 y 119 s/n La Plata. Buenos Aires. Argentina*

### **Introducción.**

La producción extensiva de cabras (*Capra hircus*), está basada en la utilización de forraje. La alfalfa se considera un forraje valioso para la alimentación de las cabras por su alto contenido en proteína y una concentración menor de fibra detergente neutro en comparación con las pasturas. El alto contenido de fibra soluble de alta degradabilidad y bajo contenido de FDN tiene un efecto positivo sobre el llenado del rumen y el consumo de materia seca (Rapetti *et al.*, 2005). Sin embargo, hay una tendencia hacia la intensificación y al aumento del empleo de concentrados (Castel *et al.*, 2003) para sostener altos niveles de productividad (Russell & Rychlik 2001).

Las cabras cambian su conducta de alimentación de acuerdo a la disponibilidad de forraje o concentrado, y su capacidad de seleccionar alimentos de alto contenido proteico y digestibilidad (Provenza *et al.*, 2003), adaptándose a diferentes condiciones, que van desde pastizales hasta el desierto (Rapetti & Bava, 2008). La modificación en la digestibilidad, por un efecto de aumento del consumo voluntario, es reconocida por primera vez en los modelos de nutrición animal, a partir de las publicaciones de las tablas de requerimientos para el ganado lechero del NRC (NRC, 2001).

El grano de maíz puede ser utilizado sin disminuir la digestibilidad de la materia seca total consumida (Rapetti *et al.*, 2005). Si hay suficiente energía disponible en el rumen, los aminoácidos pueden ser utilizados directamente para la síntesis microbiana; si es limitante, los aminoácidos son desaminados y su esqueleto carbonado se fermenta (Bach, 2005). Sin embargo, un elevado contenido de almidón, reducen la digestión de la fibra, debido a una fermentación microbiana de los carbohidratos no estructurales, por ende una disminución del pH ruminal y de la actividad celulolítica (Mould & Orskov, 1984; Archimède *et al.*, 1995). El grado en el cual los concentrados afectan la digestión de la fibra puede depender de la naturaleza y la proporción del mismo en las raciones, como así también de la calidad del forraje (Matejovsky & Sanson, 1995).

Cuando los animales comen forraje y reciben suplementos, el consumo de materia seca del forraje generalmente disminuye, lo cual es conocido como tasa de sustitución (Kellaway & Porta, 1993; Stock Dale, 2000).

La adición de concentrado en la alimentación de rumiantes aumenta la digestibilidad de la materia seca, sin embargo, existe cierta controversia sobre el efecto en la digestibilidad de los componentes del forraje, lo cual está relacionado al tipo de concentrado y al pH ruminal (Molina *et al.*, 2000; Fimbres *et al.*, 2002). Moore *et al.*, (2002) en un trabajo utilizando cabras Boer y dietas a base de heno de pasto ovillo y diferentes tipos de concentrados (afrechillo de trigo, cáscara de soja y gluten de maíz) incorporados a la dieta al 1 % del PV, no encontró diferencias significativas en el pH ruminal, la digestibilidad de la FDN y FDA entre las diferentes dietas.

Experiencias realizadas con cabras de raza granadina, con dietas a base de alfalfa y un mezcla de concentrados a base de cebada, gluten meal, afrechillo de trigo y derivados de soja, en distintas proporciones (70/30 y 30/70), en la dieta con mayor proporción de concentrado mejoró la digestibilidad de la materia seca total consumida (67% y 74% respectivamente) y de la FDN (55% y 67% respectivamente) y no se encontraron diferencias en la digestibilidad de la proteína bruta y el pH ruminal (6,43 y 6,26) en ambos tratamientos (Cantalapiedra *et al.*, 2009). En cambio la utilización de concentrados con alta cantidad de almidón, en la alimentación de cabras criollas x Nubian, disminuyó el pH ruminal por debajo de 6, generando un ambiente desfavorable para la degradabilidad ruminal de la fibra del forraje consumido (Arias *et al.*, 2013).

Trabajos realizados en ovinos en pastoreo y con una inclusión de concentrados del 1% del peso vivo en la dieta (maíz molido y urea) deprimió la digestión de la fibra y sus componentes (Stritzler *et al.*, 2004).

Son escasos los estudios sobre digestibilidad, fermentación ruminal y síntesis de proteína microbiana, realizados en cabras, comparados con otras especies (Cerrillo *et al.*, 1999; Yáñez-Ruiz *et al.*, 2004).

Las cabras tienen un comportamiento alimenticio diferente, por esta razón ciertos conocimientos obtenidos de otros rumiantes no pueden ser extrapolados a esta especie (Lu *et al.*, 2005).

El objetivo del siguiente trabajo, fue evaluar el efecto de la suplementación con grano entero de maíz en dietas a base de heno de alfalfa, sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca consumida, de los hidratos de carbono

estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) como así también en el consumo de materia seca total, del forraje y la tasa de sustitución.

### **Materiales y métodos**

El estudio fue realizado en la unidad experimental caprina de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Se utilizaron 8 cabras cruza (criolla x Nubian), no gestantes y secas, de 5 años de edad y  $39,77 \pm 1,07$  Kg. de peso vivo (PV) en promedio. El diseño experimental fue un cuadrado latino de 4x4 simultáneo, con 7 días de *wash out* entre períodos. Las cabras fueron alojadas en compartimentos individuales (0,80m x 1,50m) con piso rejilla de madera (listones), comederos, pasteras y bebederos, durante el tiempo en que se realizaron las determinaciones y se registró el peso al comienzo de cada período. Se suministraron 4 dietas: heno de base alfalfa (D0), heno de base alfalfa + grano entero de maíz (0,5% del PV/día) (D1), heno de base alfalfa + grano entero de maíz (1% del PV/día) (D2), heno de base alfalfa + grano entero de maíz (1,5% del PV/día) (D3). Se implementó un período de 15 días de acostumbamiento a cada dieta, seguidos de 4 días de colecta de heces. Las cantidades de maíz se suministraron en forma creciente, iniciando con 70 g de maíz por animal por día, hasta alcanzar las proporciones de cada tratamiento al comienzo de la segunda semana del período de adaptación. Una muestra de forraje y de maíz fue secada en estufa (SOMCIC) a 105°C durante 24 horas para las determinaciones de materia seca (MS).

La composición química de los alimentos utilizados se observan en la **tabla 1**.

**Tabla1.** Composición química de los alimentos utilizados (\*).

<b>Ítem</b>	<b>Alfalfa</b>	<b>Maíz</b>
<b>MS%</b>	87	89
<b>PB%</b>	13,7	7,3
<b>EE%</b>	2,4	3,9
<b>Cenizas%</b>	8,1	1,3
<b>FDN%</b>	58,7	14,55
<b>FDA%</b>	46,03	3,68
<b>Hemicelulosa%</b>	12,84	0,87
<b>Celulosa%</b>	35,36	2,13
<b>Lignina%</b>	10,67	1,55

\*Laboratorio de bioquímica y Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

*MS: materia seca.*

*PB: proteína bruta.*

*EE: extracto etéreo.*

*FDN: fibra detergente neutro.*

*FDA: fibra detergente ácido.*

En todos los tratamientos la alfalfa fue suministrada *ad-libitum* y el maíz una vez al día siempre a la misma hora, 9:00 AM. La determinación del consumo de forraje se realizó durante los 4 días de colecta de heces, asignando un fardo de alfalfa a cada cabra de cada tratamiento, pesado con una balanza electrónica marca Systal modelo Cromo (peso mín 0,1 Kg peso máx. 30 kg), y se mantuvo completa cada pastera, logrando así, una disponibilidad de forraje permanente. El rehusado fue recolectado, pesado diariamente y se determinó su tenor de MS.

El consumo de materia seca total (CMST), se obtuvo sumando el consumo de materia seca del forraje (CMSF) y el de maíz (CMSMz) y fue expresada como porcentaje del PV.

La tasa de sustitución (TS) fue calculada como la diferencia en el consumo de cabras no suplementadas y las suplementadas y referida al consumo de materia seca del suplemento.

Para la determinación de la digestibilidad de la materia seca total aparente

(DMSTa), fue empleada la metodología de suministro de alimento y recolección total de heces a través de un sistema de bolsa recolectora y arnés (Moore et al. 2002). Las bolsas recolectoras fueron vaciadas una vez al día pesando diariamente la totalidad de las heces. Una submuestra constituida por el 10% de lo evacuado por cada animal fue congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis químico. Se determinó MS de dichas muestras y se calculó la digestibilidad total aparente de la dieta a partir de la diferencia entre la MS total consumida y la excretada en relación a la consumida, expresada en %.

Previo a los análisis de laboratorio se confeccionó una muestra de materia fecal compuesta por las submuestras de los 4 días de colecta y molidas con un molino de malla 1mm.

Para la determinación de fibra detergente neutro (FDA), fibra detergente ácido (FDN) y Lignina (L) se siguió la técnica de Van Soest modificada por Komarek (1994), utilizando un equipo analizador de fibra marca Ankom modelo 200, se utilizó  $\alpha$ -amilasa termoestable (Sigma A3306) y sulfito de sodio para la determinación de FDN. La hemicelulosa se calculó por diferencia de la FDN y FDA. La celulosa por la diferencia de la fracción FDA y la lignina. Se calcularon posteriormente los coeficientes de digestibilidad de las diferentes fracciones.

Modelo estadístico:

$$Y = \mu + T + UE + P + e$$

Y: variable dependiente

$\mu$ : media general del ensayo

T: tratamiento

UE: unidad experimental

P: período

e: error

“Diseño experimental y análisis estadístico”

Los datos fueron analizados por el Procedimiento MIXED (SAS) para un cuadrado latino  $4 \times 4$  simultáneo, utilizando un modelo mixto que incluyó el efecto fijo del muestreo (tratamiento, periodo) y el efecto aleatorio del animal. Se usaron contrastes ortogonales polinomiales para determinar efectos lineales (L), cuadráticos (Q) y cúbicos (C) de niveles crecientes de maíz entero. Las diferencias significativa se consideraron con un valor de  $P < 0,05$  y las tendencias  $0,05 < P < 0,10$ .

## Resultados y discusión

A través del análisis de contrastes ortogonales polinomiales para determinar efectos lineales, cuadráticos y cúbicos, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el CMST, entre las diferentes dietas. El CMSF disminuyó

linealmente ( $p < 0,05$ ) en dietas con cantidades crecientes de maíz entero. Asimismo se verificó un efecto sustitutivo significativo ( $p < 0,05$ ) de concentrado por forraje. En un análisis de comparación de medias con respecto al consumo de forraje, D2 y D3 se diferenciaron significativamente ( $p < 0,05$ ) de D0 y D1. En la TS, D2 y D3 difirieron ( $p < 0,05$ ) de D1 y en la F/C se observaron diferencias significativamente ( $p < 0,05$ ) entre todos los tratamientos (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Análisis de contrastes ortogonales polinomiales y de comparación de medias de el CMST/PV, CMSF, TS y F/C de los diferentes tratamientos.

Ítem	Dietas				EE	Contrastes			P valor
	Alfalfa	Mz 0,5%	Mz 1%	Mz 1,5%		L	Q	C	
CMST/ PV	3,97 <sup>a</sup>	4,04 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	3,48 <sup>a</sup>	0,232	0,162	0,556	0,548	0,387
CMSF	1,56 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,07 <sup>b</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,088	0,001	0,45	0,348	0,002
TS	-	0,62 <sup>a</sup>	1,28 <sup>b</sup>	1,30 <sup>b</sup>	0,317	0,005	0,358	0,631	0,041
F/C	-	87/13 <sup>a</sup>	73/27 <sup>b</sup>	47/43 <sup>c</sup>	1,997	0,001	0,268	0,979	0,001

CMST/PV: materia seca total consumida en porcentaje del PV.

CMSF: consumo de materia seca de forraje expresado en kg.

TS: tasa de sustitución.

F/C: Relación forraje concentrado

EE: error estándar

L: Valor de probabilidad asociado a un efecto lineal de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.

Q: Valor de probabilidad asociado a un efecto cuadrático de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.

C: Valor de probabilidad asociado a un efecto cúbico de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.

P valor: Letras iguales indican diferencias no significativas para el 5 % de probabilidad.

La DMSTa aumentó linealmente ( $p < 0,05$ ) con el contenido de maíz de la dieta. Con respecto a los coeficientes de digestibilidad de la fibra, se observó una disminución lineal de la digestibilidad de la celulosa ( $p < 0,05$ ), con el incremento de maíz entero de 0 a 1,5 % respecto al PV y no produjeron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la digestibilidad de la hemicelulosa y lignina (**Tabla 3**). En el análisis de comparación de media, D2 y D3 presentaron una digestibilidad aparente media significativamente mayor que D0 y D1 ( $p < 0,05$ ). Para el mismo análisis, no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la digestibilidad de la hemicelulosa y la Lignina.

**Tabla 3.** Análisis de contrastes ortogonales polinomiales y de comparación de medias de la DMSTa, Dhemicelulosa, Dcelulosa y DLignina de los diferentes tratamientos.

Ítem	Dietas				EE	Contrastes			P valor
	Alfalfa	Mz 0,5%	Mz 1%	Mz 1,5%		L	Q	C	
<b>DMSTa</b>	69,47 <sup>a</sup>	69,85 <sup>a</sup>	72,65 <sup>ab</sup>	75,83 <sup>b</sup>	1,834	0,005	0,728	0,994	0,039
<b>Dhemicelulosa</b>	72,99 <sup>a</sup>	73,35 <sup>a</sup>	73,11 <sup>a</sup>	69,68 <sup>a</sup>	2,783	0,424	0,504	0,836	0,322
<b>DCelulosa</b>	82,40 <sup>a</sup>	81,85 <sup>a</sup>	76,78 <sup>a</sup>	77,78 <sup>a</sup>	1,896	0,026	0,687	0,231	0,126
<b>DLignina</b>	40,10 <sup>a</sup>	37,66 <sup>a</sup>	35,44 <sup>a</sup>	29,50 <sup>a</sup>	5,031	0,186	0,724	0,854	0,593

*DMSTa: digestibilidad de la materia seca total aparente expresado en porcentaje.*

*Dhemicelulosa: digestibilidad de la hemicelulosa expresado en porcentaje.*

*DCelulosa: digestibilidad de la celulosa expresado en porcentaje.*

*DLignina: digestibilidad de lignina expresado en porcentaje.*

*EE: error estándar*

*L: Valor de probabilidad asociado a un efecto lineal de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.*

*Q: Valor de probabilidad asociado a un efecto cuadrático de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.*

*C: Valor de probabilidad asociado a un efecto cúbico de nivel de suplementación con maíz en un contraste polinomial ortogonal.*

*P valor: Letras iguales indican diferencias no significativas para el 5 % de probabilidad.*

Según Kellaway & Porta (1993), Stockdale (2000), cuando los animales reciben suplementos, el consumo de materia seca procedente del forraje disminuye, lo cual es conocido como tasa de sustitución. En el presente estudio, se observó el mencionado efecto sustitutivo, verificándose el cambio de conducta de alimentación citado por Provenza et al., (2003); Rapetti & Bava, (2008) en relación a la disponibilidad de forraje o concentrado, y la capacidad de las cabras de seleccionar alimentos de alta digestibilidad sin afectar el CMST y a su adaptación a diferentes tipos de dietas.

Tal como lo mencionara Molina et al., (2000); Fimbres et al., (2002) y Rapetti et al., (2005), la DMSTa aumentó con el contenido de maíz en la dieta, debido a que, por un lado, este suplemento posee una elevada proporción de hidratos de carbonos no estructurales de alta digestibilidad y por otro, al efecto sustitutivo que se produjo con el agregado del mismo a la ración.

En coincidencia con lo observado por Mould & Orskov (1984); Archimède et al., (1995); Matejovsky & Sanson (1995); Stritzler et al., (2004), la digestibilidad de la fibra, más precisamente de la celulosa, disminuyó con el incremento del



concentrado en la dieta. Esta disminución pudo haberse atribuido a lo citado por Arias (2013), que los elevados contenidos de almidón en las raciones pudo provocar reducción del pH ruminal y de la degradabilidad ruminal de la fibra y por ende de la digestibilidad en el tracto total de dicha fracción. En disidencia con Moore (2002) y Cantalapiedra (2009) el aumento de alimentos concentrados en las raciones no afectó la digestibilidad de la fibra y se coincide con dichos autores, que la incorporación de estos mejoró la digestibilidad total de la dieta consumida. Se coincide con Cerrillo et al., (1999); Yáñez-Ruiz et al., (2004); Lu et al., (2005) que estudios de investigación realizados en cabras son escasos, comparados con otras especies y por esta razón ciertos conocimientos obtenidos de otros rumiantes, no pueden ser extrapolados a esta especie por tener un comportamiento alimenticio diferente.

Por lo tanto podemos concluir que, los niveles ensayados de suplementación con grano entero de maíz, en dietas para caprinos a base de forrajes, redujo selectivamente la digestibilidad de los componentes de la pared celular, no obstante, la digestibilidad total de la ración resultó mejorada ante la mayor proporción de la fracción más digestible.

### **Agradecimientos**

Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

### **Bibliografía**

- Archimède, H., D. Sauvant, J. Hervieu, C. Poncet & M. Dorleans. 1995. Digestive interactions in the ruminant relationships between whole tract and stomach evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54: p. 327-340.
- Arias, R., M. G. Muro, C.A. Cordiviola, M.S Trigo, M. Brusa, R. A. Lacchini. 2013. Incidencia de la proporción de maíz sobre la degradabilidad *in situ* de heno de alfalfa en dietas para caprinos. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata.* Vol 112 (2) p. 62-67.
- Bach A, S Calsamiglia, MD Andstern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science.* 88, (E Suppl.) p. E9-E21.
- Cantalapiedra-Hijar G, DR Yáñez-Ruiz, A Martín-García, E Molina-Alcaide. 2009. Effects of forage:concentrate ratio and forage type on apparent digestibility, ruminal fermentation, and microbial growth in goats. *J Anim Sci.*87. p 622-631.
- Castel, J.M; Y. Delgado-Pertíñez, J. Camúñez, J. Basulto, F. Caravaca, J.L. Guzmán, M.J. Alcalde. 2003. Characterisation of semi extensive goat production systems in Southern Spain. *Small Ruminall Res* 47: p.1-11.
- Cerrillo, M. A., J. R. Russell & M. H. Crump. 1999. The effects of hay maturity and forage to concentrate ratio on digestion kinetics in goats. *Small Rumin. Res.* 32: p. 51-60.

- Fimbres, H., J. R. Kawas, G. Hernandez-Vidal, J. F. Picon-Rubio, C. D. Lu. 2002. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of lambs fed finishing ration with various forage levels. *Small Rumin. Res.* 43: p. 275-281.
- Kellaway, R. & S. Porta. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Australia. 176 p.
- Komarek, A. R., J. B. Robertson & P. J. Van Soest. 1994. Comparison of the filter bag technique to conventional filtration in the Van Soest Analysis of 21 feeds. In: Proc. Natl. Conf. on Forage Quality, Evaluation and Utilization, Lincoln, NE. p 78.
- Lu, C. D.; J. R. Kawas; O. G. Mahgoub. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rumin. Res.* 60: p. 45-52.
- Matejovsky, K.M.D & W. Sanson. 1995. Intake and digestion of low-, medium-, and high- quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *J. Anim. Science.* 73: p. 2156-2163.
- Molina-Alcaide, E., A.I. Martín-García, J.F. Aguilera. 2000. A comparative study of nutrient digestibility, kinetics of degradation and passage and rumen fermentation pattern in goats and sheep offered good quality diets. *Livest. Prod. Science.* 64: p. 215-223.
- Moore, J.A., M.H. Poore, J.M. Luginbuhl. 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. *J. Anim. Science.* 80: p. 1752-1758.
- Mould, F. L & E.R. Orskov. 1984. Manipulation of rumen pH and influence on cellulose in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Animal Feed Science and Technology*: p. 10.1-14.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press Washington, DC. USA.
- Provenza, F.D., J.J. Villalba, L.E. Dziba, S.B. Atwood, R.E. Banner. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research.* 49: p. 257-274.
- Rapetti, L., L. Bava, A. Tamburini, G.M. Crovetto. 2005. Feeding behaviour, digestibility, energy balance and productive performance of lactating goats fed forage-based and forage-free diets. *Italian Journal of Animal Science.* 4: 71-83.
- Rapetti, L & L. Bava. 2008. Feeding Management of Dairy Goats in Intensive Systems. In: *Dairy goats Feeding and Nutrition.* (ed). Cannas A, G Pulina (eds). Milan, Italy, Pp 221-337.
- Russell, J. B & J. L. Rychlik. 2001. Factors that alter rumen microbial ecology. *Science* 292:1119-1122.
- SAS Institute Inc. 2004 SAS On line Doc\* 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute. Inc.
- Stritzler, N.P., C.M. Ferri, J.H. Pagella, H.J. Petrucci, C.M. Rabotnikof. 2004. *Publicación de Divulgación Técnica* N° 88. EEA Anguil, Argentina. P.68-71.
- Van Soest, P.J, Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non starch polysaccharids in relation to animal nutrition. *J. Dairy*

Sc.74: p. 3583-3597.

Yanez-Ruiz, D. R., A. Moumen, A. I. Martin-Garcia, and E. Molina-Alcaide. 2004. Ruminal fermentation and degradation patterns, protozoa population, and urinary purine derivatives excretion in goats and wethers fed diets based on two-stage olive cake: Effect of PEG supply. J. Anim. Sci. 82: p. 2023-2032.

---