

## Consumo de alimento balanceado y su efecto sobre el crecimiento y el desarrollo ruminal en cabritas

Yeison David Meléndez-Coto ✉ Jorge Andrés Campos-Alfaro<sup>2</sup> ✉

Andrés Álpizar-Naranjo<sup>2</sup> ✉ Jorge Alberto Elizondo-Salazar<sup>3</sup> ✉

Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias,  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

### Intake of grain-based feed and its effect on goat's growth and ruminal development

**Abstract.** The objective of the present study was to evaluate the influence that supplementary concentrate feed has on rumen development in goats under two months of age. 26 animals, with an initial average body weight of  $3.30 \pm 0.68$  kg were included in one of two treatments. Treatment 1 consisted of offering the animals a diet based on 100 % milk replacer. In treatment 2, the animals were fed with replacer and concentrate feed. Measurements of height at the hip, height at the withers and body weight were taken. To assess ruminal development, ten animals were euthanized at eight weeks of age and samples of the rumen tissue were taken to measure the length and width of papillae and the thickness of the rumen wall. A record of each animal's daily consumption of both concentrate feed and milk replacer was kept, and the feeding cost of each animal was determined according to each treatment. Weekly consumption of liquid diet ranged between 5.0 and 16.20 L. There were significant differences in the consumption of dry matter, crude protein, and metabolizable energy among treatments. The live weight of the animals varied from 3.27 to 12.66 kg. The results of height at the withers and height at the hip did not show significant differences between animals. The length and width of the papillae, and the thickness of the ruminal wall were statistically higher in animals that consumed the liquid diet + concentrate feed, with values of 11.42; 5.43 and 1.36 mm, respectively. The average cost of feed and labor per animal varied from ₡56,651.28 (US\$96.02) to ₡59,136.48 (US\$100.23). The consumption of grain-based feed in goats from the second to eighth weeks of age promoted rumen development.

**Keywords:** *Capra hircus*, rumen, replacement breeding, growth, goat nutrition.

**Resumen.** El presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar la influencia que tiene el suplementar alimento balanceado sobre el desarrollo ruminal en cabritas menores de dos meses de edad. 26 animales con un peso promedio inicial de  $3,30 \pm 0,68$  kg, se incluyeron en uno de dos tratamientos. El tratamiento 1 consistió en ofrecer a los animales una dieta basada en 100% reemplazador lácteo. En el tratamiento 2 los animales fueron alimentados con reemplazador lácteo y alimento balanceado. Se realizaron mediciones de altura a la cadera, altura a la cruz y peso corporal. Para valorar el desarrollo ruminal, diez animales fueron eutanizados a las ocho semanas de edad y se tomaron muestras del tejido ruminal para medir el largo y ancho de papilas, y el grosor de la pared ruminal. Se llevó un registro de los consumos diarios de cada animal tanto de alimento balanceado como de reemplazador lácteo y se determinó el costo de alimentación de cada animal según el tratamiento. El consumo semanal de dieta líquida osciló entre 5,0 y 16,20 L. Se presentaron diferencias significativas para el consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable entre tratamientos. El peso vivo de los animales varió desde los 3,27 hasta los 12,66 kg. Los resultados de altura a la cruz y altura a la cadera no muestran diferencias estadísticas significativas entre los animales. El largo y ancho de las papilas, y el grosor de la pared ruminal fue superior en los animales que consumieron la dieta líquida+alimento balanceado, con valores de 11,42; 5,43 y 1,36 mm, respectivamente. El costo promedio de alimentación y mano de obra por animal varió desde los ₡56651,28 (US\$96,02) hasta los ₡59136,48 (US\$100,23). El

Recibido: 2025-07-14. Revisado: 2025-09-30 Aceptado: 2025-10-04.

<sup>1</sup> Este trabajo formó parte del proyecto de acción social inscrito en la Vicerrectoría de Acción Social. ED-2746 y del trabajo final de graduación del primer autor para optar por la Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia de la Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrarias. Heredia, Costa Rica.

<sup>3</sup> Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: [jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr](mailto:jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr)



consumo de alimento balanceado en caprinos a partir de la segunda y hasta las ocho semanas de edad promovió el desarrollo ruminal.

Palabra clave: *Capra hircus*, rumen, crianza de reemplazos, crecimiento, nutrición de caprinos.

## Ingestão de ração e seu efeito no crescimento e desenvolvimento ruminal em cabras

**Resumo.** O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da suplementação alimentar no desenvolvimento ruminal de cabras com menos de dois meses de idade. Vinte e seis animais com peso médio inicial de  $3,30 \pm 0,68$  kg foram incluídos em um dos dois tratamentos. O tratamento 1 consistiu em uma dieta à base de 100 % de sucedâneo lácteo. No tratamento 2, os animais foram alimentados com sucedâneo lácteo e ração. Foram mensuradas a altura do quadril, a altura da cernelha e o peso corporal. Para avaliar o desenvolvimento ruminal, dez animais foram eutanasiados com oito semanas de idade, e amostras de tecido ruminal foram coletadas para medir o comprimento e a largura das papilas e a espessura da parede ruminal. As ingestões diárias de ração e sucedâneo do leite foram registradas, e os custos com ração foram determinados com base no tratamento. O consumo semanal de dieta líquida variou de 5,0 a 16,20 L. Diferenças significativas foram observadas para a ingestão de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável entre os tratamentos. A ingestão semanal de dieta líquida variou de 5,0 a 16,20 L. Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos para ingestão de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável. O peso vivo variou de 3,27 a 12,66 kg. A altura na cernelha e a altura do quadril não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os animais. O comprimento e a largura da papila e a espessura da parede do rúmen foram maiores nos animais alimentados com dieta líquida mais ração balanceada, com valores de 11,42; 5,43 e 1,36 mm, respectivamente. Os custos médios de alimentação e mão de obra por animal variaram de ₡ 56651,28 (US\$ 96,02) a ₡ 59136,48 (US\$ 100,23). O consumo de ração balanceada em cabras da segunda a oito semanas de idade promoveu o desenvolvimento ruminal.

**Palavra-chave:** *Capra hircus*, rúmen, reprodução de substituição, crescimento, nutrição de cabras.

### Introducción

La mayoría de las fincas dedicadas a la explotación caprina en Costa Rica pueden ser consideradas artesanales y de subsistencia ya que, son microempresas con hatos pequeños y baja tecnificación (Chacón-Villalobos & Mora-Valverde, 2017), por lo que se hace necesario incrementar la capacidad productiva de estas explotaciones, prestando especial énfasis en la crianza de reemplazos, con el fin de asegurar la producción futura.

Un aspecto relevante en la crianza tiene que ver con el crecimiento de los animales y con su desarrollo ruminal, que es un importante reto para los jóvenes rumiantes y que se caracteriza por un incremento en su volumen, masa, área de superficie (Htoo *et al.*, 2017) y diferenciación celular que resulta en un cambio importante en el patrón de nutrientes que llegan al intestino y al hígado, y por lo tanto al tejido periférico del animal (Li *et al.*, 2012).

Un desarrollo ruminal insuficiente afectará negativamente la digestión y absorción de nutrientes, e incluso puede ocasionar algunos problemas de salud como enfermedades respiratorias y diarrea (Baldwin *et al.*, 2004).

Pese a que el desarrollo del rumen está relacionado con la edad y el peso corporal, el mejor estimulante para su desarrollo es el consumo de alimento sólido. Cuando las crías en la etapa de predestete consumen solamente una dieta líquida, el desarrollo ruminal es lento, mientras que cuando comienzan a comer material fibroso y/o alimento balanceado, se desarrolla más rápido (Foley *et al.*, 2009).

Sin embargo, la degradación del forraje o material fibroso por parte de los microorganismos del rumen, no provee suficiente concentración de ácidos grasos volátiles, especialmente butirato, necesario para el desarrollo óptimo de las papilas del rumen (Norouzian *et al.*, 2011), situación que si sucede cuando se ofrece alimento balanceado, que además de un desarrollo más temprano, puede presentar un aumento en la eficiencia de la utilización de alimentos, lo que resultaría en adecuadas ganancias y pesos al destete (Beiranvand *et al.*, 2014; Zhuang *et al.*, 2023). No obstante, la suplementación con alimento balanceado a las crías en la etapa de predestete, no es una práctica común en nuestro país y aunado a ello, el desarrollo ruminal en caprinos es algo que se ha investigado escasamente.

En un estudio realizado en China (Jiao et al., 2015), dos grupos de caprinos fueron sujeto de estudio a partir de los 20 y hasta los 70 días de edad. Uno de los grupos fue sometido a una dieta basada en pastoreo y el otro grupo tuvo una suplementación con alimento balanceado además del pastoreo. Los resultados mostraron un desarrollo de la pared y papilas ruminales superior en los animales suplementados con respecto a aquellos sometidos únicamente a pastoreo.

En Costa Rica este tipo de estudios se han realizado solamente en bovinos (Castro-Flores & Elizondo-Salazar, 2012; Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez, 2012), por lo que se busca completar este vacío en el conocimiento en caprinos a través de este estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto del suministro de reemplazador lácteo solo o en combinación con alimento balanceado sobre el crecimiento, el desarrollo ruminal y los costos de alimentación en cabritas bajo sistemas de crianza artificial durante las primeras ocho semanas de vida.

## Materiales y Métodos

### Lugar y condiciones

El experimento se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, la cual se ubica en la localidad de Barva de la provincia de Heredia (10.022170374639158, -84.11244543515424) a 1255 msnm, con un promedio de precipitación de 2408 mm anuales y una temperatura media anual de 20,3 °C (IMN, 2022).

### Manejo y alimentación de los animales

El estudio fue realizado entre los meses de agosto y diciembre del 2022. Se utilizaron 26 animales (14 machos y 12 hembras) cruzados con predominancia Saanen, con un peso promedio inicial de 3,30 ± 0,68 kg.

Conforme los animales fueron naciendo, se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos (13 animales por tratamiento, 7 machos y 6 hembras): i) reemplazador lácteo y ii) reemplazador lácteo+alimento balanceado.

Inmediatamente al nacimiento, se aseguró que las crías recibieran calostro de sus madres y permanecieran con ellas durante los primeros cinco días de vida. A partir del sexto día de edad, los animales fueron separados de sus madres y fueron alojados individualmente en jaulas de 0,5 m<sup>2</sup> de espacio vital (Hernández *et al.*, 2013).

El tratamiento 1 consistió en ofrecer a los animales reemplazador lácteo hasta un 30 % de su peso vivo en dos tomas diarias (6:00 am y 4:00 pm), desde el sexto día hasta las ocho semanas de edad.

En el tratamiento 2 los animales fueron alimentados con reemplazador lácteo hasta un 30 % del peso vivo en dos tomas diarias (6:00 am y 4:00 pm), desde el sexto día hasta la tercera semana de edad. A partir de la cuarta semana y hasta la octava semana de edad, a los animales se les restringió la dieta líquida para que consumieran hasta un 15 % de su peso vivo. También

se les ofreció alimento peletizado tipo iniciador (87 % MS, 20 % PC y 3,2 Mcal de EM/kg MS) *ad libitum* a partir de la segunda semana de edad.

El reemplazador lácteo (94,5 % MS, 20 % PC, 40 % lactosa y 4,6 Mcal de EM/kg MS) fue reconstituido a razón de 125 g en 1 L de agua caliente (40 °C) con un tiempo de mezclado de cinco minutos y fue suministrado a los animales una vez finalizado el proceso.

En ambos tratamientos, los animales tuvieron acceso a agua *ad libitum* durante la duración del estudio.

Se realizaron mediciones semanales de crecimiento con base en el peso vivo (kg) utilizando una balanza electrónica; altura a la cruz (cm) y altura a la cadera (cm); siempre el mismo día de la semana y a la misma hora para reducir errores en la recopilación de los datos.

### Muestreo y medición de desarrollo ruminal

Cinco machos de cada tratamiento fueron sometidos a una eutanasia a las ocho semanas de edad. Posterior a la eutanasia se procedió a extraer el retículo-rumen, omaso y abomaso, que fueron vaciados, lavados, secados al aire y pesados. La masa estomacal fue calculada como un porcentaje del peso vivo de los animales.

Para estudiar el efecto del tipo de alimentación sobre el desarrollo del rumen, se siguió la metodología descrita por Lesmeister *et al.* (2004), la cual consiste en abrir el rumen con un corte que permite tener una porción simétrica del lado izquierdo y derecho. Luego, el rumen se subdividió en nueve zonas de muestreo, de las cuales se extrajeron cinco secciones de tejido de 1,0 cm<sup>2</sup>. Las secciones de tejido de cada zona fueron colocadas en frascos de vidrio debidamente rotulados con una solución de formaldehído al 30 %, para posteriores mediciones en laboratorio.



Llegado el momento, cada sección de tejido fue extraído de su recipiente, se secó el exceso de formaldehído, y a cada sección de tejido íntegro se le midió el grosor de la pared con un vernier digital de 200 mm, con resolución de 0,01 mm y precisión  $\pm 0,03$  mm. Posteriormente a cada sección de tejido se le realizaron diferentes cortes para poder observar las papilas ruminales en un estereoscopio (Olympus®, modelo SZ61) equipado con una cámara auxiliar (Dino-Lite®) de 30 mm de diámetro, conectado a una computadora con el fin de medir el largo (distancia de la base a la punta) y ancho (en el medio) de 4 papilas haciendo uso del software informático DinoXcope (Versión 2.4) (Figura 1). En total se tomaron las medidas de 180 papilas para cada animal. Todos los datos se registraron en una hoja de control para su posterior tabulación y análisis.

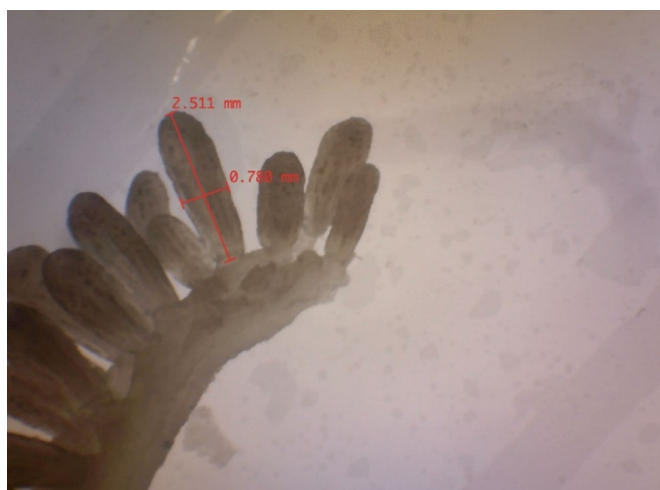


Figura 1. Medición de la altura y ancho de la papila ruminal

## Costos

Se llevó un registro de los consumos diarios de cada animal tanto de alimento balanceado como de reemplazador lácteo y se determinó el costo de alimentación para cada animal según el tratamiento en que fueron criados durante las siete semanas. Además, se tomó en cuenta la mano de obra en términos de tiempo invertido en actividades como alimentación, pesaje y registro de datos. Se consideró la mano de obra como ocupación calificada según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS, 2022). El tipo de cambio utilizado en este caso fue de ₡590 para 1 US\$ (BCCR, 2022).

## Análisis de datos

Se propuso como unidad básica experimental a los animales mantenidos en la estancia individual. Se analizaron dos conjuntos de variables, las de crecimiento de los animales y las de desarrollo ruminal.

Las variables que se analizaron relacionadas con el crecimiento de los animales fueron el peso vivo (kg), altura a la cruz (cm) y altura a la cadera (cm), tomadas cada siete días.

Para el desarrollo ruminal se analizaron las variables largo y ancho de papilas, el grosor de pared ruminal (mm); y el peso de compartimentos estomacales (g).

Los consumos de reemplazador lácteo y alimento balanceado fueron medidos y analizados de manera diaria e individualizada.

Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2018) con medidas repetidas en el tiempo que incluye al animal como efecto aleatorio y que controla el error intra-sujeto asociado a las mediciones en el tiempo en las mismas unidades experimentales, según el cual cada variable de crecimiento y consumos dependiente  $Y_{ijk}$  se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : observación del k-ésimo animal dependiente del i-ésimo tratamiento y la j-ésima semana de edad.

$\mu$ : media general de la población.

$\tau_i$ : el efecto del i-ésimo tratamiento donde  $i = 1, 2$ .

$\beta_j$ : efecto de la j-ésima semana de edad donde  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ .

$(\tau\beta)_{ij}$ : el efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento con la j-ésima semana de edad.

$\epsilon_{ijk}$ : error aleatorio con estructura de varianzas-covarianzas entre animales.

Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2018) para un diseño unifactorial de efecto fijo, donde las variables de desarrollo ruminal  $Y_{ik}$  se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_{ik} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ik}$$

Donde:

$Y_{ik}$ : variable dependiente del i-ésimo tratamiento del k-ésimo animal.

$\mu$ : media general de la población.

$\tau_i$ : el efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento donde  $i = 1, 2$ .

$\epsilon_{ik}$ : error residual del  $i$ -ésimo tratamiento del  $k$ -ésimo animal.

Para todas las variables se consideró que  $H_0: \mu_i = \mu_j$  y que  $H_1: \mu_i \neq \mu_j$ . Las pruebas de comparaciones múltiples se realizaron por medio de la prueba de Tukey, considerando un  $\alpha = 0,05$ .

## Resultados y Discusión

### Consumo de la dieta líquida

Los valores semanales promedio totales de consumo de reemplazador lácteo para cada grupo experimental se presentan en la Tabla 1. Se encontraron diferencias

estadísticas significativas tanto para el efecto tratamiento ( $p < 0,0001$ ) como para la interacción tratamiento por semana ( $p < 0,0001$ ). El consumo semanal osciló entre 5,0 y 16,2 L, con un promedio diario de aproximadamente 1,5 L por animal para la totalidad del experimento.

Tabla 1. Consumo semanal promedio de reemplazador lácteo (L  $\pm$  DE) para los dos grupos experimentales.

Semana de experimentación	Dieta líquida (L $\pm$ DE)	Dieta líquida+alimento balanceado (L $\pm$ DE)
1	5,34 $\pm$ 1,12	5,00 $\pm$ 0,83
2	8,41 $\pm$ 1,37	9,00 $\pm$ 1,92
3	11,04 $\pm$ 0,21	9,65 $\pm$ 1,90
4	12,92 $\pm$ 1,96 <sup>a</sup>	7,30 $\pm$ 1,32 <sup>b</sup>
5	14,50 $\pm$ 2,19 <sup>a</sup>	7,90 $\pm$ 1,50 <sup>b</sup>
6	15,97 $\pm$ 1,50 <sup>a</sup>	9,67 $\pm$ 1,90 <sup>b</sup>
7	16,20 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	10,80 $\pm$ 1,68 <sup>b</sup>
Promedio	12,05 $\pm$ 1,32	8,47 $\pm$ 1,58

DE= Desviación estándar

<sup>a</sup><sup>b</sup>Medias con letra distinta en una misma fila, difieren entre sí ( $p = 0,0001$ ).

A partir de la cuarta semana, el grupo de animales que recibió dieta líquida+alimento balanceado redujo significativamente su consumo de reemplazador lácteo respecto al grupo que consumió únicamente la dieta líquida ( $p < 0,0001$ ). Este comportamiento fue esperado, dado que a partir de esa semana se restringió deliberadamente el volumen de dieta líquida en dicho grupo con el fin de inducir un mayor consumo de alimento sólido. Esta estrategia responde a una práctica comúnmente recomendada para estimular el desarrollo del rumen mediante una mayor ingesta de alimento balanceado, ya que cuando la dieta líquida se ofrece sin restricciones, los animales tienden a consumirla en exceso, provocando un llenado físico que limita el consumo de alimentos sólidos (Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez, 2012).

Esta reducción programada en el consumo de leche no solo busca optimizar el desarrollo ruminal, sino también disminuir los costos asociados al uso de reemplazador lácteo, uno de los insumos más costosos en las fases iniciales de la crianza. Por lo tanto, este ajuste nutricional representa una estrategia eficiente tanto desde el punto de vista fisiológico como económico.

### Consumo de nutrientes

Los consumos semanales de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) se muestran en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas para la interacción tratamiento  $\times$  semana ( $p < 0,0001$ ), así como diferencias principales entre tratamientos para MS ( $p = 0,0001$ ), PC ( $p = 0,0134$ ) y EM ( $p = 0,0142$ ).

Ambos grupos mostraron un aumento progresivo en el consumo de nutrientes a lo largo del tiempo, lo cual es esperable dada la maduración fisiológica y el incremento en los requerimientos energéticos y proteicos asociados al crecimiento. No obstante, a partir de la semana cinco, el grupo que recibió alimento balanceado mostró un consumo significativamente mayor de MS, alcanzando los 3229,5 g/semana (460 g/día), en comparación con los 1913,5 g/semana (273 g/día) del grupo que solo recibió dieta líquida. Este patrón se refleja también en los consumos superiores de PC y EM en el grupo suplementado con alimento balanceado.

Tabla 2. Consumo semanal promedio de nutrientes proveniente de los diferentes alimentos para los dos grupos experimentales.

Tratamiento	Semana de experimentación	Materia seca (g)	Proteína cruda (g)	Energía metabolizable (Mcal)
Dieta líquida	1	630,30	126,07	3,12
	2	993,50	198,70	4,92
	3	1303,70	260,74	6,45
	4	1526,20	305,24	7,55
	5	1712,80	342,56	8,48
	6	1886,80 <sup>b</sup>	377,36 <sup>b</sup>	9,34 <sup>b</sup>
	7	1913,50 <sup>b</sup>	382,71 <sup>b</sup>	9,47 <sup>b</sup>
Promedio semanal		1423,83	284,77	7,05
Dieta líquida + alimento balanceado	1	590,00	118,01	2,92
	2	1090,40	218,08	5,35
	3	1252,90	250,58	5,66
	4	1287,80	257,55	6,01
	5	2159,80	431,96	8,64
	6	2838,60 <sup>a</sup>	567,71 <sup>a</sup>	11,22 <sup>a</sup>
	7	3229,50 <sup>a</sup>	645,90 <sup>a</sup>	12,72 <sup>a</sup>
Promedio semanal		1778,43	355,68	7,50
EEM		112,40	22,50	0,42

EEM= error estándar de la media.

<sup>a</sup><sup>b</sup>Medias con letra distinta en una misma columna, difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

El consumo promedio diario de MS fue de 203 g/día para el grupo de dieta líquida y de 254 g/día para el grupo con dieta líquida+alimento balanceado. Estos valores son inferiores a los reportados por Kotresh-Prasad *et al.* (2019), quienes documentaron consumos de hasta 320 g/día en animales con acceso a leche, concentrado y forraje. Sin embargo, se asemejan a los valores de 122 y 271 g/d reportados por Zhuang *et al.* (2023) para cabritos alimentados con reemplazador lácteo solo y con reemplazador lácteo más concentrado, respectivamente, lo cual indica que las diferencias en el tipo de dieta sólida y su presentación pueden influir considerablemente en la ingesta total de nutrientes.

En términos de proteína cruda, el consumo diario fue de 40,7 g para el tratamiento con solo dieta líquida y de 50,8 g para el tratamiento con dieta líquida+alimento balanceado. Esta diferencia es consistente con lo observado en el consumo de MS y resulta relevante, ya que la proteína es un nutriente crítico para animales en crecimiento. Es el segundo nutriente más importante después de la energía, y su adecuada provisión es esencial para la síntesis de tejidos, enzimas, hormonas y otras estructuras esenciales (Davis & Drackley, 1998; Elizondo-Salazar, 2013). Los valores aquí observados son similares a los reportados por Chai *et al.* (2024), quienes informaron consumos de 31,3 y 58,5 g/día para cabritos alimentados con dieta líquida sola y con dieta líquida más concentrado, respectivamente.

En cuanto al consumo de energía metabolizable, este también fue superior en el grupo suplementado, alcanzando hasta 12,72 Mcal/semana en comparación con las 9,47 Mcal/semana del grupo de dieta líquida. Esta mayor ingesta energética probablemente favoreció un mejor desempeño en variables de crecimiento y desarrollo ruminal, como se discutirá más adelante.

En conjunto, estos resultados respaldan la estrategia de introducir alimento balanceado a partir de las primeras semanas de vida, ya que no solo mejora el aporte de nutrientes clave, sino que también prepara fisiológicamente al animal para una transición más temprana hacia dietas sólidas, lo que puede contribuir a una crianza más eficiente y potencialmente a una vida productiva más precoz y rentable.

### Peso vivo y ganancia diaria de peso de los animales

Los pesos registrados semanalmente (Tabla 3) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,50$ ). Ambos grupos presentaron un incremento progresivo desde el nacimiento hasta la octava semana de vida, con valores finales de 11,07 kg para el grupo de dieta líquida y 12,66 kg para el grupo que recibió además alimento balanceado. Aunque estas diferencias no alcanzaron significancia estadística, es importante destacar que el grupo suplementado con alimento balanceado mostró una tendencia a lograr pesos mayores, lo cual podría adquirir mayor relevancia en fases posteriores del desarrollo.

Tabla 3. Valores promedio de peso vivo (kg) y ganancia diaria de peso (kg) en animales sometidos a una dieta líquida o a una dieta líquida+alimento balanceado.

Semana de edad	Dieta líquida	GDP	Dieta líquida+alimento balanceado	GDP
Nacimiento	3,27	---	3,34	---
1	4,52	0,178	4,61	0,187
2	5,00	0,069	5,19	0,078
3	5,62	0,088	5,95	0,108
4	6,68	0,152	6,61	0,094
5	7,84	0,166	7,49	0,126
6	8,92	0,155	9,17	0,240
7	9,99	0,153	11,02	0,264
8	11,07	0,154	12,66	0,235
EEM	0,38	0,002	0,38	0,002

GDP = Ganancia diaria de peso

EEM = Error estándar de la media

Cabe señalar que, según Zamuner *et al.* (2023), se recomienda que las cabritas alcancen un peso mínimo de 14 kg al momento del destete (alrededor de los dos meses de edad) para asegurar un adecuado desarrollo ruminal y productivo. Ninguno de los grupos en este experimento logró alcanzar dicho umbral, lo cual sugiere que podrían requerirse ajustes en la oferta nutricional o en la duración del periodo pre-destete. No obstante, los valores obtenidos son comparables con los reportados por Hayes *et al.* (2019), quienes observaron pesos similares en animales con y sin acceso a alimento balanceado, lo que indica que el crecimiento alcanzado en este estudio se encuentra dentro de rangos considerados aceptables en sistemas de alimentación básicos.

La ganancia diaria de peso (GDP) promedio durante las ocho semanas fue de 141,82 g/día para el grupo de dieta líquida y de 169,58 g/día para el grupo dieta líquida+alimento balanceado. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ), la tendencia observada respalda el efecto positivo del consumo de alimento balanceado sobre el desempeño productivo, especialmente a partir de la sexta semana, cuando la GDP del grupo suplementado superó los 240 g/día, en contraste con los 153-155 g/día del grupo sin suplementación.

Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Kotresh-Prasad *et al.* (2019), quienes registraron ganancias de hasta 154,76 g/día en animales suplementados con concentrado. En contraste, los animales sin suplementación alcanzaron apenas 58,8 g/día, lo que refuerza la importancia del aporte de nutrientes adicionales para sostener una tasa de crecimiento adecuada. Asimismo, Tadesse *et al.* (2016) observaron ganancias de entre 38 y 50 g/día con

niveles bajos de suplementación proteica (1-1,5 % del peso vivo), lo cual resalta que la cantidad y calidad del alimento balanceado ofrecido son determinantes para el desempeño del animal. En este estudio, el alimento balanceado representó aproximadamente el 1,8 % del peso vivo, lo cual podría explicar las ganancias superiores alcanzadas.

El patrón observado en la GDP fue característico de animales en crecimiento, con una elevada tasa de ganancia en la primera semana, una caída en la segunda semana (probablemente relacionada con el estrés postnatal o la adaptación al entorno) y una recuperación sostenida a partir de la tercera semana, con un incremento más pronunciado entre la sexta y séptima semana. Esta evolución sugiere que los animales logran una mejor eficiencia en la utilización de los nutrientes a medida que se desarrollan, particularmente cuando tienen acceso a alimento sólido.

### Crecimiento de los animales

En cuanto al crecimiento estructural, medido como altura a la cruz y altura a la cadera (Tabla 4), tampoco se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,48$ ). Sin embargo, se observó un aumento progresivo y constante en ambas variables, con una ganancia de aproximadamente 11,4 cm en la altura a la cruz y de 11,9 cm en la altura a la cadera para ambos tratamientos durante las ocho semanas. El crecimiento estructural es un indicador indirecto del desarrollo óseo y muscular, y su progresión sostenida confirma que ambos grupos tuvieron un crecimiento adecuado, aún si los animales suplementados tendieron a presentar valores ligeramente superiores hacia las últimas semanas.

Tabla 4. Valores semanales promedio de altura a la cruz en animales sometidos a una dieta líquida (T1) o a una dieta líquida+alimento balanceado (T2).

Semana	Altura a la cruz (cm)		Altura a la cadera (cm)	
	T1	T2	T1	T2
Nacimiento	35,38	35,92	37,69	38,31
1	35,77	36,08	38,31	38,46
2	37,46	37,92	40,08	40,31
3	38,54	39,46	40,85	42,00
4	39,85	40,31	42,08	43,00
5	41,23	42,00	43,85	43,85
6	43,38	43,38	45,62	46,00
7	44,38	45,38	46,85	48,23

DE= Desviación estándar

T1 = Dieta líquida. T2 = Dieta líquida+alimento balanceado.

A pesar de que no se observaron diferencias estadísticas en estas variables morfológicas, es posible que un seguimiento a más largo plazo hubiera permitido evidenciar diferencias más marcadas, ya que el impacto del alimento balanceado sobre el crecimiento puede manifestarse con mayor claridad en etapas posteriores de la crianza. Además, el crecimiento estructural podría estar influenciado por factores genéticos y por el nivel de proteína y minerales en la dieta, aspectos que podrían ajustarse en futuras investigaciones.

En conjunto, estos resultados sugieren que la inclusión de alimento balanceado en la dieta líquida no garantiza diferencias significativas en el corto plazo (ocho semanas), pero sí muestra una tendencia favorable en variables clave como la GDP y el peso

final, lo cual podría traducirse en ventajas productivas a mediano y largo plazo, especialmente si se busca una crianza más eficiente y animales que alcancen antes su madurez productiva.

### Desarrollo ruminal

Los resultados relacionados con el desarrollo de los compartimentos estomacales muestran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) a favor del grupo que recibió dieta líquida combinada con alimento balanceado, particularmente en el peso del retículo-rumen, peso total del estómago, relación con el peso vivo, y características histológicas del epitelio ruminal (altura y ancho de las papilas, grosor de la pared ruminal) (Tabla 5).

Tabla 5. Valores promedio de peso de los compartimentos estomacales y desarrollo papilar en animales sometidos a una dieta líquida o a una dieta líquida+alimento balanceado.

Compartimento	Dieta líquida	Dieta líquida+alimento balanceado
	g $\pm$ DE	g $\pm$ DE
Omaso (g)	13,20 $\pm$ 7,05	18,60 $\pm$ 6,35
Abomaso (g)	68,60 $\pm$ 14,12	80,80 $\pm$ 15,69
Retículo-Rumen (g)	91,80 $\pm$ 19,29 <sup>b</sup>	273,80 $\pm$ 47,65 <sup>a</sup>
Peso estómago total (g)	172,80 $\pm$ 32,67 <sup>b</sup>	373,00 $\pm$ 65,71 <sup>a</sup>
Porcentaje del peso vivo (%)	0,82 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	2,15 $\pm$ 0,31 <sup>a</sup>
Altura papilas (mm)	0,67 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	11,42 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Ancho papilas (mm)	0,37 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>	5,43 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>
Grosor de pared ruminal (mm)	0,94 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	1,36 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>

DE= Desviación estándar

<sup>ab</sup> Letras diferentes entre filas denotan diferencias estadísticas ( $p < 0,001$ ).

Los animales que consumieron únicamente dieta líquida presentaron un peso de retículo-rumen de 91,8 g, equivalente al 0,82 % del peso vivo. En contraste, aquellos que también recibieron alimento balanceado alcanzaron un peso de 273,8 g en ese compartimento, lo que representa el 2,15 % del peso vivo. Este hallazgo

es de gran relevancia, ya que confirma que la inclusión de alimento sólido estimula de manera significativa el desarrollo funcional y estructural del rumen (Figura 2), en línea con lo reportado por diversos autores (Vasta *et al.*, 2013; Zhuang *et al.*, 2023; Zitnan *et al.*, 2005).



Figura 2. Comparación del epitelio ruminal de un animal que solamente consumió dieta líquida (izquierda) y otro que consumió dieta líquida+alimento balanceado (derecha).

El epitelio ruminal de los animales suplementados mostró un desarrollo papilar notoriamente superior: la altura de las papilas alcanzó los 11,42 mm frente a apenas 0,67 mm en el grupo no suplementado. De manera similar, el ancho fue de 5,43 mm en comparación con 0,37 mm, y el grosor de la pared ruminal fue de 1,36 mm frente a 0,94 mm. Estos resultados reflejan el efecto fisiológico de los ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente butirato y propionato, productos de la fermentación del alimento balanceado en el rumen, que son los principales estímulos para el desarrollo de las papilas ruminales (Lesmeister *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2019).

La vía de tránsito del alimento es otro factor clave, ya que en animales que consumen exclusivamente dieta líquida, el contenido pasa directamente al abomaso mediante el surco reticular, evitando el rumen y limitando así su desarrollo. Por el contrario, el consumo de alimento balanceado requiere digestión microbiana en el retículo-rumen, lo que estimula su crecimiento y funcionalidad. Estos resultados concuerdan con los de Htoo *et al.* (2017), quienes también reportaron un mayor desarrollo de papilas en cabritos alimentados con dieta sólida, aunque los valores obtenidos en este estudio fueron incluso superiores, lo cual podría deberse al tipo y nivel de inclusión del alimento balanceado.

Si bien los resultados son altamente favorables, es probable que el desarrollo del rumen hubiera sido aún más pronunciado si los animales hubieran tenido acceso a

forraje. Diversos estudios (Norouzzian *et al.*, 2011; Htoo *et al.*, 2017) han demostrado que la fibra física de los forrajes estimula la muscularización del rumen, incrementando su volumen y motilidad. Por tanto, futuras investigaciones podrían considerar una dieta mixta que incluya forraje, concentrado y dieta líquida para maximizar el desarrollo funcional del rumen.

Con el presente estudio se confirma que el consumo de alimento balanceado desde etapas tempranas tiene un efecto determinante sobre el desarrollo ruminal, lo que puede repercutir positivamente en la capacidad digestiva de los animales y, por ende, en su desempeño productivo a mediano y largo plazo.

### Análisis económico

El análisis económico del sistema de alimentación revela diferencias importantes entre tratamientos cuando se considera la eficiencia del uso de los recursos. Aunque el costo total por animal fue relativamente similar entre ambos tratamientos, ₡ 59136,48 (US\$100,23) para el grupo de dieta líquida y ₡ 56651,28 (US\$96,02) para el grupo suplementado, el costo por kilogramo de peso ganado fue considerablemente más bajo en los animales que recibieron alimento balanceado, esto es ₡ 6071 (US\$10,29) frente a ₡ 7504,8 (US\$12,72), lo que representa una mejora del 23,6 % en la eficiencia económica (Tabla 6).

Tabla 6. Costo total promedio (colones) por animal desde el nacimiento hasta el destete para los diferentes tratamientos

Tratamiento	Dieta líquida	Dieta líquida+alimento balanceado
Costo alimentación (₡)	19341,69	16856,49
Costo mano de obra (₡)	39794,78	39794,78
Total (₡)	59136,48	56651,28
Total (US\$)	100,23	96,02
Porcentaje (%)	104,38	100,00
Costo (₡) por 1,0 kg de peso ganado (US\$)	7504,80 (12,72)	6071,10 (10,29)
Porcentaje (%)	123,61	100,00

Salario por hora para ocupación calificada = ₡1536,25 (MTSS, 2022)

Tipo de cambio US\$1= ₡590 (BCCR, 2022)

La diferencia puede explicarse por la mayor ganancia de peso obtenida en el grupo suplementado, aún en ausencia de significancia estadística. En sistemas productivos, el costo por unidad de ganancia es un indicador clave de rentabilidad, y la mejora observada en este estudio sugiere que la inclusión de alimento balanceado no solo favorece el desarrollo fisiológico y productivo de los animales, sino que también representa una inversión económicamente justificada.

Además, dado que los costos de mano de obra fueron iguales en ambos tratamientos, la diferencia en costos se debe exclusivamente a la mayor eficiencia alimenticia

del grupo suplementado. Esto es especialmente relevante en sistemas de producción extensivos o de recursos limitados, donde cada colón (o dólar) invertido debe generar el máximo retorno posible.

En términos prácticos, los resultados sugieren que incluir alimento balanceado en la dieta de cabritas lactantes permite obtener un mayor crecimiento por unidad de inversión, lo que puede impactar positivamente la eficiencia de la etapa de crianza. Animales mejor desarrollados y con mayor peso al destete pueden presentar una vida productiva más temprana y eficiente, así como menores tasas de mortalidad y mejor adaptación al cambio de dieta postdestete.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran de manera contundente que la inclusión de alimento balanceado en la dieta de cabritas alimentados con reemplazador lácteo durante sus primeras ocho semanas de vida genera beneficios notables tanto en el desempeño productivo como en el desarrollo fisiológico del aparato digestivo y en la eficiencia económica del sistema de crianza artificial.

Si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso vivo final ni en la ganancia diaria de peso entre tratamientos, los animales que recibieron alimento balanceado lograron valores consistentemente superiores en ambos indicadores, así como un mayor consumo de materia seca, proteína y energía, lo que sugiere una utilización más eficiente de

los nutrientes. Además, este grupo presentó un desarrollo ruminal significativamente más avanzado, evidenciado por el aumento en el tamaño de las papilas ruminales, el grosor de la pared del rumen y el peso relativo del retículo-rumen, todos indicadores clave de una transición más rápida y exitosa hacia el consumo de alimentos sólidos.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento con alimento balanceado permitió una reducción significativa en el costo por kilogramo de peso ganado, lo cual mejora la rentabilidad del sistema productivo. Este hallazgo es particularmente relevante en contextos donde la eficiencia del uso de recursos y el control de costos operativos son fundamentales para la sostenibilidad del negocio ganadero.

### Agradecimientos

Un agradecimiento al personal administrativo y operativo de la Estación Experimental Santa Lucía por las facilidades prestadas para la realización de este estudio. Así como al apoyo brindado por la

Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) a través de la Escuela de Ciencias Agrarias y a la Universidad de Costa Rica (UCR) a través de la Escuela de Zootecnia y la Estación Experimental Alfredo Volio Mata.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



**Aprobación del Comité de Experimentación Animal:** Este experimento fue aprobado por el Comité Institucional para el cuidado y el uso de Animales (CICUA-071-2021).

**Contribuciones de los autores:** **Yeison David Meléndez-Coto:** Diseño y concepción de la propuesta inicial, ejecución del trabajo de campo, redacción y revisión de manuscrito. **Jorge Andrés Campos-Alfaro:** Ejecución del trabajo de campo, revisión del manuscrito. **Andrés Álpizar-Naranjo:** Ejecución del trabajo de campo, revisión del manuscrito. **Jorge Alberto Elizondo-Salazar:** Diseño y concepción de la propuesta inicial, análisis e interpretación de datos, redacción y revisión crítica del manuscrito.

**Financiación:** Este estudio fue financiado parcialmente por la Universidad Nacional de Costa Rica y la Universidad de Costa Rica.

**Editado por:** Omar Araujo-Febres

### Literatura Citada

- Baldwin, R. V., McLeod, K. R., Klotz, J. L., & Heitmann, R. N. (2004) Rumen development, intestinal growth, and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.*, 87, E55-E65. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
- BCCR (Banco Central de Costa Rica). (2022). Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América. <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/fmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=400>
- Beiranvand, H., Ghorbani, G.R., Khorvash. M., & Kazemi-Bonchenari M. (2014). Forage and sugar in dairy calves' starter diet and their interaction on performance, weaning age and rumen fermentation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 98, 439-445. <https://doi.org/10.1111/jpn.12089>
- Castro-Flores, P., & Elizondo-Salazar, J. A. (2012). Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 343-352.
- Chacón-Villalobos, A., & Mora-Valverde, D. (2017). Caracterización sectorial de la caprinocultura en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 11(2), 23-60. <https://doi.org/10.15517/nat.v11i2.31653>
- Chai, J., Lv, X., Zhuang, Y., Zhuang, Y., Diao, Q., Cui, K., Deng, F., Li, Y., & Zhang, N. (2024). Dataset of the rumen microbiota and epithelial transcriptomics and proteomics in goat affected by solid diets. *Sci. Data*, 11, 749. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03584-7>
- Davis, C. L., & Darckley, J. K. (1998). The development, nutrition, and management of the young calf. Department of Dairy Science and Nutritional Sciences, University of Illinois. 339 p.
- Elizondo-Salazar, J. (2013). Requerimientos de para terneras de lechería. *Nutrición Animal Tropical*, 7(1), 40-50.
- Elizondo-Salazar, J.A, & Sánchez-Álvarez, M. (2012). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 81-90. <https://doi.org/10.15517/rac.v36i2.9823>
- Foley, P. A., Kenny, D. A., Callan, J. J., Boland, T. M., & O'Mara, F. P. (2009). Effect of DL-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 87, 1048-1057. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1026>
- Hayes, E. G., Lourençon, R. V., & Browning, R. (2019). Effects of creep feeding and its interactions with other factors on the performance of meat goat kids and dams when managed on pasture. *Trans. Anim. Sci.*, 3(4), 1466-1474 <https://doi.org/10.1093/tas/txz122>
- Hernández Hernández, J., Camacho Ronquillo, J. C., Carreón Luna, L., Villarreal Espinobarros, O., & Hernández Sarmiento, L. (2013). Estudio de espacio utilizado en dos corrales tradicionales para la producción caprina en la Mixteca Poblana. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 14 (11B), 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63632393006.pdf>
- Htoo, N., Zeshan, B., Khaing, A., Kyaw, T., Woldegiorgis, E., & Khan, M. (2017). Creep feeding supplemented with roughages improve rumen morphology in pre-weaning goat kids. *Pakistan J. Zool.*, 50, 703-709. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.2.703.709>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2022). Promedios mensuales de datos climáticos Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionsantaluca.html>
- Jiao, J., Li, X., Beauchemin, K.A., Tan, Z., Tang, S., & Zhou, C. (2015). Rumen development process in goats as affected by supplemental feeding v. grazing: age-related anatomic development, functional achievement and microbial colonization. *Br. J. Nutr.*, 113(6), 888-900. <https://doi.org/10.1017/S0007114514004413>



- Kotresh-Prasad, C., Abraham, J., Panchbhai, G., Barman, D., Nag, P., & Ajithakumar, H. M. (2019). Growth performance and rumen development in Malabari kids reared under different production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 51(1), 119-129. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1666-8>
- Lesmeister, K. E., Tozer, P. R., & Heinrichs, A. J. (2004). Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.*, 87(5), 1336-1344. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73283-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73283-X)
- Li, R.W., Connor, E. E., Li, C., Baldwin, V. R., & Sparks, M. E. (2012). Characterization of the rumen microbiota of pre-ruminant calves using metagenomic tools. *Environ. Microbiol.*, 14(1), 129-39. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02543.x>
- MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). (2022). Lista de salarios mínimos del sector privado, segundo semestre 2022. [www.mtss.go.cr](http://www.mtss.go.cr)
- Norouzian, M. A., Valizadeh, R., & Vahmani, P. (2011). Rumen development and growth of Balouchi lambs offered alfalfa hay pre- and post-weaning. *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 43, 1169-1174. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9819-z>
- SAS Institute Inc. (2018). SAS/STAT 15.1 User's guide. Version 9.4 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Tadesse, D., Urge, M., Animut, G., & Mekasha, Y. (2016). Growth and carcass characteristics of three Ethiopian indigenous goats fed concentrate at different supplementation levels. *SpringerPlus*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2055-2>
- Vasta, V., Aouadi, D., Brogna, D. M., Scerra, M., Luciano, G., Priolo, A., & Ben, H., (2013). Effect of the dietary supplementation of essential oils from rosemary and artemisia on muscle fatty acids and volatile compound profiles in Barbarine lambs. *Meat Sci.*, 95, 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.12.021>
- Zamuner, F., Leury, B. J., & DiGiacomo, K. (2023). Feeding strategies for rearing replacement dairy goats - from birth to kidding. *Animal*, 17(6), 100853. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100853>
- Zhang, R., Zhang, Wei-bing., Bi, Y., Tu, Y., Beckers, Y., Du, H., & Diao, Q. (2019). Early feeding regime of waste milk, milk, and milk replacer for calves has different effects on rumen fermentation and the bacterial community. *Animals*, 9(7), 443. <https://doi.org/10.3390/ani9070443>
- Zhuang, Y.; Lv, X.; Cui, K.; Chai, J.; & Zhang, N. (2023). Early solid diet supplementation influences the proteomics of rumen epithelium in goat kids. *Biology*, 12, 684. <https://doi.org/10.3390/biology12050684>
- Zitnan, R., Kuhla, S., Sanftleben, P., Bilska, A., Schneider, F., Zupcanova, M., & Voigt, J. (2005). Diet induced ruminal papillae development in neonatal calves not correlating with rumen butyrate. *Veterinární Medicína*, 50(11), 472-479. <https://doi.org/10.17221/5651-VETMED>