JOURNAL OF THE Selva Andina Animal Science
Official Journal of the Selva Andina Research Society.

Technical Note

ISSN 2311-3766 (print edition)
JSAAS
ISSN 2311-2581 (online edition)

Apparent digestibility of two forms of concentrated feed in the fattening stage of guinea pigs (*Cavia porcellus*)

Digestibilidad aparente de dos formas de alimentos concentrados en la etapa de engorde de cuyes (*Cavia porcellus*)

Cáceres Valencia Miluska[1], Ramos-Zuñiga Ruth[2], Cárdenas-Villanueva Ludwing Angel[2*]

Article Data

[1] Micaela Bastidas National University of Apurimac.
Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics.
Esquina Calle Los Lirios con Álamos s/n.
Abancay, Apurimac, Peru.

[2] Micaela Bastidas National University of Apurimac.
Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics.
Veterinary Pharmacology, Toxicology and Biochemistry Laboratory.
Esquina Calle Los Lirios con Álamos s/n.
Abancay, Apurimac, Peru.

***Contact Address**:

Micaela Bastidas National University of Apurimac,
Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics.
Veterinary Pharmacology, Toxicology and Biochemistry Laboratory.
Esquina Calle Los Lirios con Álamos s/n.
Abancay, Apurimac.
Tel: +51 83 321965.
Peru.

Ludwing Angel Cárdenas-Villanueva
E-mail address: lcardenas@unamba.edu.pe

Keywords:

Feed efficiency,
feed consumption,
meal,
metabolic cages,
pellet,
water consumption,
whole food.

J. Selva Andina Anim. Sci.
2026; 13(1):12-24.
Article ID:151/JSAAS/2025.

Article history

Received November 2025.
Returned February 2026.
Accepted March 2026.
Available online, April 2026.

Edited by:
Selva Anddina Research Society

Palabras clave:

Alimento integral,
consumo de agua,
consumo de alimento,
eficiencia alimenticia,
granulado,
harina,
jaulas metabólicas.

Abstract

The apparent digestibility of two forms of concentrated feed (flour and granules) in guinea pigs (*Cavia porcellus*) was evaluated. Three adult males improved type I were used per treatment, with an average body weight of 909.8±35.2 g. The apparent digestibility coefficient was determined by conventional *in vivo* assays, considering the energy content of diet and feces. Food and water consumption was calculated by the difference between what was offered and what was not consumed. The acclimatization phase was 7 days and the experimental phase was 9 days. The means were compared with Student's *t*-test. The digestibility of dry matter, ash, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, non-fibrous carbohydrates and nitrogen-free extract was higher in flour compared to granules in 11.00, 10.00, 19.00, 13.00, 12.00, 9.00 and 13.00 %, respectively ($p < 0.05$). In contrast, crude protein digestibility was 13.00 % higher in granules ($p < 0.05$). The digestible energy of the flour exceeded the granulate by 0.25 Mcal/kg of dry matter ($p < 0.05$). Granulated feed increased feed and water intake by 20 g/animal/d and 35 mL/animal/d, respectively ($p < 0.05$). In conclusion, the feed in the form of flour had greater digestibility of most nutrients and energy, while the granules favored the digestibility of crude protein and stimulated a higher consumption of feed and water, which suggests practical advantages in production systems

2026. Journal of the Selva Andina Animal Science®. Bolivia. All rights reserved 2026.

Resumen

Se evaluó la digestibilidad aparente de dos formas de alimento concentrado (harina y granulado) en cuyes (*Cavia porcellus*). Se emplearon tres machos adultos mejorados tipo I por tratamiento, con un peso corporal promedio de 909.8±35.2 g. El coeficiente de digestibilidad aparente se determinó mediante ensayos convencionales *in vivo*, considerando el contenido energético de dieta y heces. El consumo de alimento y agua se calculó por diferencia entre lo ofrecido y lo no consumido. La fase de acostumbramiento fue de 7 días y la experimental de 9 días. Las medias se compararon con la prueba *t* de Student. La digestibilidad de materia seca, ceniza, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, carbohidratos no fibrosos y extracto libre de nitrógeno fue mayor en la harina respecto al granulado en 11.00, 10.00, 19.00, 13.00, 12.00, 9.00 y 13.00 %, respectivamente ($p < 0.05$). En contraste, la digestibilidad de proteína cruda fue superior en el granulado en 13.00 % ($p < 0.05$). La energía digestible de la harina superó al granulado en 0.25 Mcal/kg de materia seca ($p < 0.05$). El alimento granulado incrementó el consumo de alimento y agua en 20 g/animal/d y 35 mL/animal/día, respectivamente ($p < 0.05$). En conclusión, el alimento en forma de harina tuvo mayor digestibilidad de la mayoría de nutrientes y energía, mientras que el granulado favoreció la digestibilidad de proteína cruda y estimuló un mayor consumo de alimento y agua, lo que sugiere ventajas prácticas en sistemas de producción.

2026. Journal of the Selva Andina Animal Science®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Introduction

Guinea pigs are an important source of animal protein for domestic consumption and marketing in the context of small rural farmers, who have managed to adapt their breeding and management favorably[1]. In the last three decades, commercial production has increased significantly, especially in improved breeds[2].

The guinea pig is a monogastric herbivore whose diet is mainly based on forage, thanks to its high consumption capacity. However, it can also receive concentrated feed or combinations of forage and concentrate. The current challenge lies in the production of quality feed, mostly concentrated, capable of satisfying the nutritional requirements of the animal and guaranteeing a whole food[3].

The nutritional requirements of guinea pigs are essential to estimate maintenance, growth and production needs, which allows optimizing productivity according to the available genetic quality. Over the years, mixed feeding, based on forage and concentrate, has been implemented, especially in improved guinea pigs within family and technified breeding systems. However, the scarcity of fodder, as a result of the reduction of the agricultural frontier in various regions of the country, has prompted the evaluation of alternatives such as whole food, aimed at reducing dependence on forages[4].

Feeding with concentrate is one of the three supply systems, characterized by requiring daily fresh water. This type of single diet is considered the most complete, since it is expected to conveniently cover the nutritional needs of the guinea pig; however, it has the associated cost as its main disadvantage[5].

Digestibility is closely related to the composition of the diet. In this sense, a higher concentration of crude protein (PB) exerts a positive effect on dry matter intake (CMS), while fiber fractions tend to reduce it, probably due to the selectivity of the animals. PB also favorably influences dry matter digestibility (DMS), although this effect depends on the quality of the diet and the species or breed. On the other hand, neutral detergent fiber (FND) content tends to negatively affect digestibility, although its impact varies depending on the species and the level of fiber present in the diet. Similarly, acid detergent fiber (FDA) reduces DMS, its effect being conditioned by the nutritional quality of the diet, the selectivity of the forage offered, and the adaptability of the gastrointestinal system[6].

Guinea pigs have the ability to obtain greater energy and essential nutrients from fibrous materials, such as cellulose, compared to most non-ruminant livestock species. However, it is recommended that the diet includes up to 40 % concentrated foods, mainly cereals[7]. The availability of fodder during the dry season has become an obstacle in recent years; therefore, a viable alternative is the use of concentrated feed in granulated form (pellets), enriched with vitamin C, or the production of homemade concentrates in the form of flour, produced by local farmers or companies. In all cases, it is essential to provide fresh water daily, so that the feed guarantees compliance with the nutritional requirements of the animal.

CMS, distributed in several small and frequent intakes under *ad libitum* conditions, allows to main-

tain a constant flow of nutrients to the gastrointestinal tract and ensure energy balance. Studies of gastric contents have reported that the guinea pig's stomach is never completely empty, while the cecum is an additional source for the continuous absorption of nutrients. Likewise, water consumption (CAg), closely associated with feed intake, guarantees a sufficient supply to maintain the animal's water balance[8]. In this context, the apparent digestibility, the CMS and the CAg in two forms of concentrated feed (flour and granules) during the fattening stage of guinea pigs (*C. porcellus*) were evaluated.

Materials and methods

The study was carried out during the months of August and September 2023. The environmental conditions registered an average daily minimum and maximum temperature of 8.3 and 21.7° C, respectively, and a relative humidity of 57.2 %. We worked with a convenience sample of six improved adult male guinea pigs type I, with an average live weight of 909.8±35.2 g (coefficient of variability, CV = 3.87 %) and an approximate age of three months. The animals, apparently healthy, were acquired from the Del Corral farm and kept under a commercial breeding system, with mixed feeding (alfalfa plus Del Corral commercial concentrate), housed in cages with plastic slat floor designed for guinea pigs. During the experiment, weekly weighing and health evaluation were carried out, without observing alterations or signs of disease.

For the evaluation of each form of concentrate (flour and granules), three previously identified guinea pigs were used, by individual labeling in each cage, and kept in metabolic cages designed for this type of study. This procedure allowed precise control of feed and water consumption, as well as the collection of feces necessary for digestibility analysis. The methodology was based on research conducted by Castro-Bedriñana et al.[9], adapted to the experimental conditions of the present study.

Tabla 1 Insumos y composición nutricional de alimentos concentrados en forma de harina y granulado

	Harina	Granulado
Insumos	Maíz	Maíz
	Afrecho	Sub productos de trigo
	Torta de soya	Soya
	Harina de alfalfa	Heno de alfalfa
	Carbonato de calcio	Carbonato de calcio
	Premezcla de vitaminas y minerales	Pre mezclas vitamínicas – minerales
	Vitamina C	Vitamina C
	Complejo B	
Composición nutricional (%)	Humedad, máx. 15 Proteína, mín. 18 Fibra, máx. 10 Extracto etéreo, mín. 4 Calcio, mín. 0.8 Fósforo, mín. 0.4	Humedad, máx. 11 Proteína, 17 Fibra, 10 Energía digestible, 2.85 Mcal/kg NDT, 62 Lisina, 0.7 Metionina, 0.4 Calcio, 0.7 Fosforo, 0.4

NDT nutrientes digeribles totales

The metabolic cages were designed considering the living space of the animals (0.16 m^2), guaranteeing conditions that allowed an appropriate degree of freedom of movement, as well as access to food and care aimed at preserving their health and well-being[10].

The foods concentrated in their two presentations (flour and granules) were purchased in specialized marketing stores, with a total of 7 kg for each type of food. The unit cost was S/ 2.50 per kg (Table 1).

The feed in meal presentation was formulated for the fattening stage, with a particle size of less than 2 mm, and was supplied in a quantity of 60 g/animal/d. On the other hand, the granulated feed was also intended for guinea pigs in fattening (from 45 days to processing), with an intermediate tubular appearance, length of 12-13 mm and diameter of 3 mm. In intensive systems, the recommended intake of this type of feed ranges between 40 and 50 g/animal/d.

At the end of the experiment, the foods were subjected to analysis to determine their nutritional composition (Table 2). For each form of feed (flour and granules) two replications were performed, which allowed obtaining representative values and ensuring the reliability of the results.

Tabla 2 Composición nutricional de alimentos comerciales para cuyes

Indicador (% MS)	Harina	Granulado
Materia seca	89.22	91.00
Proteína cruda (PC)	14.46	23.33
Extracto etéreo (EE)	3.37	6.42
Cenizas (CZS)	4.70	8.54
Fibra cruda (FC)	5.91	11.49
Fibra detergente neutral (FDN)	20.76	29.23
Fibra detergente ácida (FDA)	9.54	18.03
Carbohidratos no fibrosos (CNF)	23.46	26.15
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	71.56	50.20

MS materia seca

The apparent digestibility coefficient of the two forms of concentrated feed (flour and granulated) was determined by conventional in vivo digestion experiments. The trial lasted a total of 20 days. After an initial three-day period of conditioning the guinea pigs to the metabolic cages, a seven-day food acclimatization stage developed. Subsequently, the experimental phase was carried out, lasting nine days, for each of the forms of whole food evaluated.

During the experimental stage (9 days), the feces of each guinea pig were collected daily. At the end of the test, the samples corresponding to each animal were mixed and homogenized in transparent plastic bags (Ziploc®, SC Johnson). Subsequently, they were sent to the laboratory for nutritional composition analysis, with two repetitions for each sample in order to guarantee the accuracy and reliability of the results.

During the experimental stage, the CMS was recorded daily. The food was fed on *ad libitum* terms and consumption was calculated as the difference between the quantity offered and the amount not consumed. At the end, the values were corrected for the MS content of each form of whole food. Likewise, the CAg of the guinea pigs was measured for each treatment.

The animals were weighed at the beginning and end of each stage of the study. Similarly, the weight of the diet offered and the food not consumed was recorded daily, using an Ohaus Adventurer AX5202 analytical balance with an accuracy of ±0.01 g.

The nutritional composition of diets and faeces was

determined using the official AOAC methods[11]. FDN and FDA content were analyzed following the procedure proposed by Van Soest et al.[12]. Non-fibrous carbohydrates (CNF) were calculated according to the method described by Mertens[13], using the formula:

$$CNF = 100 - (EE + FDN + PC + CT)$$

CNF = carbohidratos no fibrosos, EE = extracto etéreo,
FDN = fibra detergente neutra, PC = proteína cruda (proteína total) y
CT = cenizas totales.

Based on the results of the nutritional composition, the gross energy (EB) of each of the diets or whole foods was determined, applying the formula proposed by Nehring & Haenlein[14]:

$$EB\ (kcal/kg\ MS) = 9.50 \cdot EE + 4.79 \cdot FC + 5.72 \cdot PC + 4.03 \cdot ELN$$

EB = energía bruta (energía total), EE = extracto etéreo, FC = fibra cruda,
PC = proteína cruda (proteína total) y ELN = extracto libre de nitrógeno.

The apparent digestibility coefficient for each diet or whole food was calculated using the formula proposed by Crampton & Harris[15], which allowed estimating the efficiency of nutrient utilization in the two forms of concentrate evaluated (flour and granules).

$$\text{CDA (\%)} = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

CDA = Coeficiente de digestibilidad aparente del alimento.

El CDA de la MS, PC, extracto etéreo (EE), cenizas (CZS), fibra cruda (FC), FDN, FDA, CNF y extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó en función de la composición nutricional de cada forma de alimento. Para ello se consideró la MS consumida (g) multiplicada por el contenido de nutrientes de la dieta (%) y la MS excretada (g) multiplicada por el contenido de nutrientes en las heces (%), para cada uno de los animales.

La energía digestible (ED) se determinó a partir del contenido energético EB de la dieta o alimento integral y de las heces, ambos expresados en base seca. Los cálculos se realizaron con los datos obtenidos en el experimento de digestibilidad, aplicando la fórmula propuesta por Crampton & Harris[15].

$$\text{EDa (kcal/kg MS)} = \text{EBd} - \frac{\text{EBh} \times \text{Qh}}{\text{Ia}}$$

EDa = Energía digestible de la dieta o alimento integral.
EBd = Energía bruta de la dieta o alimento integral.
EBh = Energía bruta de las heces. Qh = Cantidad de heces producidas por día.
Ia = Cantidad de alimento ingerido por día.

El CAg se evaluó diariamente durante la etapa experimental (9 días), utilizando probetas de vidrio graduadas de 100 mL (±0.5 mL). Se midió el volumen de agua ofrecida y la no consumida por cada cuy, en cada uno de los tratamientos alimenticios.

Para el análisis estadístico, se calcularon la media, desviación estándar y CV de cada componente nutricional de las formas de alimento concentrado (harina y granulado). La prueba de normalidad se realizó mediante el test de Shapiro-Wilk. La comparación de medias se efectuó con la prueba *t* de Student para muestras independientes, previa aplicación de la prueba *F* de Fisher para verificar la homogeneidad de varianzas.

Results

En la Tabla 3 se presentan los coeficientes de digestibilidad de los alimentos comerciales evaluados. La DMS fue mayor en la dieta en harina, con una diferencia de 11.00 % respecto al alimento granulado ($p < 0.05$). En contraste, la digestibilidad de la proteína cruda (DPC) resultó superior en el alimento granulado, con un incremento de 13.00 % en comparación con la harina ($p < 0.05$). La digestibilidad del extracto etéreo (DEE) tuvo un comportamiento similar en ambas formas de alimento ($P > 0.05$). Finalmente, la digestibilidad de las cenizas (DCZS) fue mayor en la dieta en harina, con una diferencia de 10.00 % respecto al granulado ($p < 0.05$).

Tabla 3 Digestibilidad aparente de los alimentos comerciales

Indicador (%)	Harina			Granulado			Valor-P
	$\overline{X}$	DE	CV	$\overline{X}$	DE	CV	
DMS	73.28	1.33	1.81	61.51	1.88	3.05	0.000
DPC	62.58	2.58	4.13	75.79	4.56	6.02	0.012
DEE	74.37	7.44	10.01	74.83	8.64	11.54	0.948
DCZS	52.37	4.39	8.38	41.64	3.55	8.53	0.030
DFC	40.17	3.85	9.58	20.79	6.29	30.24	0.010
DFDN	51.59	1.59	3.09	38.31	2.96	7.71	0.002
DFDA	45.51	1.77	3.89	32.66	2.74	8.40	0.002
DCNF	76.92	1.82	2.37	67.35	3.45	5.13	0.013
DELN	79.49	1.10	1.38	65.86	4.07	6.18	0.005

$\overline{X}$, promedio. DE, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad.

La digestibilidad de la fibra cruda (DFC) fue superior en la dieta en harina, con una diferencia de 19.00 % respecto al alimento granulado ($p < 0.05$). De manera similar, la digestibilidad de la fibra detergente neutra (DFDN) y de la fibra detergente ácida (DFDA) tuvo valores más altos en la harina, con incrementos de 13.00 y 12.00 %, respectivamente, en comparación con el granulado ($p < 0.05$). La digestibilidad de los carbohidratos no fibrosos (DCNF) en la harina presentó un aumento de 9.00 % respecto al granulado ($p < 0.05$), mientras que la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (DELN) fue también superior en la harina, con una diferencia de 13.00 % ($p < 0.05$).

En la Tabla 4 se observa la ED de los alimentos comerciales durante la etapa experimental (9 días). El valor de ED en la dieta en harina fue mayor en 0.25 Mcal/kg MS en comparación con el alimento granulado ($p < 0.05$).

Tabla 4 Energía digestible de los alimentos comerciales

Indicador	Harina			Granulado			Valor-P
	$\overline{X}$	DE	CV	$\overline{X}$	DE	CV	
ED, Mcal/kg MS	3.16	0.06	1.93	2.91	0.08	2.97	0.015

ED, energía digestible. $\overline{X}$, promedio. DE, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad.

Tabla 5 Consumo de materia seca y agua

Indicador	Harina			Granulado			Valor-P
	$\overline{X}$	DE	CV	$\overline{X}$	DE	CV	
CMS, g/animal/día	34.63	2.41	6.97	55.34	4.15	7.50	0.001
CAg, mL/animal/día	75.66	6.92	9.14	111.24	23.79	20.29	0.043

CMS, consumo de la materia seca. CAg, consumo de agua. $\overline{X}$, promedio. DE, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad.

En la Tabla 5 se presentan los resultados del CMS y del CAg en función de los alimentos comerciales evaluados durante la etapa experimental (9 días). El CMS fue mayor en los cuyes alimentados con granulado, con un incremento de 20 g/animal/d respecto a los alimentados con harina ($p < 0.05$). En contraste, el consumo de agua fue menor en los cuyes que recibieron harina, con una diferencia de 35 mL/animal/d en comparación con los que consumieron granulado ($p < 0.05$).

Discussion

La DMS del alimento comercial en forma granulada fue inferior en 15 % respecto a alimentos balanceados que incluían diferentes porcentajes de harinas proteicas[16]. Cabe señalar que un incremento del contenido proteico (>29 %) en la dieta, mediante la inclusión de insumos proteicos, puede reducir a la mitad el CMS y mejorar la DMS, la DPC y la DFC[17].

El contenido proteico del 23 % en el alimento granulado probablemente favoreció la DPC, comportamiento que ha sido reportado en dietas con niveles proteicos entre 21 y 33 %, que influyen positivamente en la DMS, DPC y DFC[18]. En contraste, concentrados granulados con niveles proteicos de 17 a 18 % tienden a disminuir el CMS, aunque optimizan la DMS (81 %) y la DFC (78 %)[19].

Los indicadores obtenidos en el alimento comercial granulado, particularmente el CMS (55.3±4.1 g/animal/d), fueron cercanos a los valores reportados en dietas que incluían harina de alfalfa y afrecho de cebada (60 g/animal/d), insumos que ejercen un efecto positivo y comparable en la DMS, DPC, DEE y DELN[20]. Sin embargo, la inclusión de harina de alfalfa en un 8.9 % dentro de dietas granuladas se asoció con una disminución de la DMS, DFC y DEE, aunque con tendencia a mejorar la ED de la dieta[21].

La DMS del alimento comercial en forma de harina fue relativamente superior en 3.0 %, la ED fue mayor en 0.40 Mcal/kg MS y el CMS fue menor en 17 g/animal/d, al compararse con alimentos integrales en forma de harina que incluían brozas molidas[22]. En dietas que incorporaron 10 y 20 % de harina de lombriz, con contenidos proteicos de 33.2 y 49.4 % respectivamente, se observó una mejora en la DMS, DEE y DELN[9].

Estas variaciones en el comportamiento digestivo se reflejaron en la ganancia de peso corporal: los cuyes alimentados con harina alcanzaron 1.9 g/animal/d, mientras que aquellos que consumieron alimento granulado lograron 6.7 g/animal/d. Este resultado podría atribuirse a la composición nutricional variable de los alimentos, que no necesariamente se ajusta a los requerimientos nutricionales de cuyes en etapa de engorde.

La variación en la composición nutricional de las dos formas de alimento concentrado podría ser uno de los factores determinantes en la digestibilidad de los nutrientes. Por ejemplo, en dietas con 17.2 % de PC, la DMS fue de (78.9 %)[16]; en otro estudio, dietas con 66.9 % de PC alcanzaron digestibilidades de proteína superiores al (90 %)[9]. Asimismo, el aporte proteico de la harina de alfalfa (19.3 %) tuvo un efecto positivo en la digestibilidad, mientras que la inclusión de harina de cebada con 32.9 % de fibra cruda contribuyó de manera favorable al aprovechamiento de nutrientes[20]. Este comportamiento se corrobora con lo señalado por Díaz et al.[17], quienes destacaron que las variaciones en la digestibilidad están determinadas principalmente por la composición química de las dietas.

Otro de los componentes que podría generar variaciones en el contenido energético de las dietas es el ELN[23]. En la dieta en forma de harina, el contenido de ELN fue de 79.5 %, mientras tanto en el alimento granulado alcanzó 65.8 %. Este comportamiento se reflejó en diferencias en la ED de las dietas evaluadas. Cabe señalar que factores como la composición del alimento, los insumos acompañantes en la formulación y el porcentaje de inclusión del alimento pueden afectar la determinación de la energía[24]. Asimismo, los hábitos alimenticios, la composición de la dieta y la tasa de alimentación influyen en el aprovechamiento de la ED. En este sentido, incrementar el nivel de ED, independientemente del nivel proteico de la dieta, mejora significativamente la energía rete-

nida y la eficiencia proteica[25].

Las dietas evaluadas incluyeron harina de maíz y soya, aunque no se especificó el porcentaje de inclusión. Lancheros et al.[26] señalaron que el alimento granulado puede mejorar la digestibilidad de la EB y de las proteínas, debido a la desnaturalización proteica que ocurre durante el procesamiento de los ingredientes. Otro factor relevante es la reducción del tamaño de las partículas, proceso que favorece la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia[27]. Además, este efecto se observa en la digestibilidad aparente de la EB en animales en crecimiento-engorde[28]. En dietas con alta concentración de fibra, la reducción del tamaño de partícula puede alterar la matriz fibrosa que encapsula los nutrientes energéticos, mejorando su aprovechamiento[26].

Sakaguchi & Nabata[29] señalaron que, con niveles de 13.4 % de PC, la eficiencia de la digestión puede estar influenciada por la reingestión de digesta rica en proteínas a través de la cecotrofia. Asimismo, con niveles de 32.5 % de FDN y 21.3 % de FDA, el intestino grueso prolonga el tiempo de retención de la digesta, lo que incrementa la digestibilidad de los nutrientes.

Otro factor que afecta la digestibilidad es la forma de presentación de los alimentos y el procesamiento de las dietas ofrecidas a los animales, como el uso de brozas molidas en la formulación de raciones para cuyes[22]. Mouchili et al.[18] destacaron que el proceso digestivo se ve influido tanto por el alimento como por su presentación, mientras que la estructura y el estado físico de la dieta también condicionan la digestibilidad. Además, el procesamiento destinado a reducir factores antinutricionales, como taninos y fitatos, puede aumentar la palatabilidad y favorecer la absorción de nutrientes[19].

Procesos tecnológicos como el secado, molienda, granulación y extrusión mejoran el sabor, la textura y las propiedades físicas y funcionales de los alimentos, lo que repercute positivamente en la DMS, la energía, las proteínas y otros nutrientes[30].

En el alimento comercial en forma de harina, el contenido de FDN fue de 20.76 % MS, mientras que en el granulado alcanzó 29.23 % MS. Este incremento se reflejó en el CMS, que aumentó de 34.63 a 55.34 g/animal/d, respectivamente. Por otro lado, la FDA en la harina fue de 9.54 % MS y en el granulado de 18.03 % MS. Este aumento en la composición nutricional provocó un efecto contrario en la DMS, que disminuyó de 73.28 a 61.51 %, sugiriendo una relación directa entre ambos indicadores.

Este tipo de relaciones también se han observado en otras especies animales. Khan et al.[31] señalaron que factores como la especie, edad, suministro de alimento y calidad nutricional influyen en la digestibilidad. Asimismo, la ingestión y el consumo de alimento pueden variar según la individualidad de los animales, lo que repercute en la eficiencia digestiva.

En relación con las necesidades nutricionales, el alimento comercial en forma de harina presentó un menor aporte proteico (14 %) y una ED superior (3.1 Mcal/kg MS). En contraste, el alimento comercial granulado tuvo un exceso de proteína (23 %) y un aporte energético de 2.9 Mcal/kg MS. Estos resultados sugieren que ninguno de los dos alimentos comerciales cumple con el balance óptimo proteína/energía recomendado para cuyes en engorde (18 % de proteína y 2.9 Mcal/kg MS)[32,33]. Esta desproporción se reflejó en la menor ganancia de peso de los cuyes alimentados con harina (1.9 g/animal/d) durante la fase experimental, mientras que la cecotrofia podría haber contribuido al reciclaje de nitrógeno, favoreciendo la síntesis microbiana en el ciego y la formación de heces blandas ricas en N[34].

Este comportamiento resulta contradictorio frente a dietas con PC: 16 %, ED: 3.1 Mcal/kg, y dietas con

PC: 22 % y ED: 2.8 Mcal/kg, la digestibilidad de los indicadores evaluados no tuvo diferencias significativas. Sin embargo, se observó un mayor consumo de alimento en las dietas con menor aporte energético, lo que sugiere que los animales intentan satisfacer sus requerimientos energéticos mediante un incremento en la ingesta[35].

En el alimento comercial granulado, el contenido de FDN fue de 29.23 % MS, lo que se asoció con una ganancia de peso vivo de 6.7 g/animal/d y un CMS de 55.34 g/d. Este comportamiento coincide con lo reportado en dietas que contenían entre 25 y 30 % de FDN, alcanzaron ganancias promedio de 10.75 g/día y un CMS de 52.75 g/d[36].

Además, el espacio vital constituye otro factor que puede provocar variaciones en la digestibilidad de algunos nutrientes. En nuestro estudio, se empleó un área de 0.16 m^2 por animal, lo que permitió observar un CMS y una DFDN aproximadamente el doble en comparación con un espacio vital reducido de 0.065 m^2. Otro factor relevante fue la cantidad de FDN en la dieta: tanto en la harina (20.76 % MS) como en el granulado (29.23 % MS) se registraron valores de DFDN de 51.59 y 38.41 %, respectivamente. Sin embargo, cuando la digestibilidad se expresó en g/100 g MS (40.79 y 36.00 g/100 g MS), se observó una tendencia a disminuir hasta 28.45 %. En ambos casos, los cuyes tuvieron acceso libre a alimentos formulados específicamente para animales en crecimiento, así como acceso ilimitado al agua[37].

El CAg en los cuyes alimentados con el concentrado comercial en forma granulada fue mayor (111 mL/animal/d) en comparación con aquellos que recibieron alimento balanceado (10 % del peso vivo), mantenidos en áreas de crianza de 0.20 m^2 y 0.10 m^2 (83.92 y 91.96 mL/animal/d, respectivamente)[38]. Asimismo, el CAg fue superior en los cuyes que recibieron alimento granulado (111.24 mL/d) respecto a los que consumieron alimento en harina (75.66 mL/d). Este comportamiento tuvo una relación directa con el CMS, que fue de 55.34 g/animal/d en el suministro de granulado. La relación agua/MS fue de 2.18 y 2.01, respectivamente, y al expresarse en mL/100 g de peso vivo resultó en 8.3 y 10.5. Estos valores son comparables con los reportados en cuyes alimentados con piensos de características similares, con acceso *ad libitum* al agua, aunque con diferencias en el método de suministro (bebederos de tetina), la relación agua/alimento se mantuvo en rangos de 6 a 20 mL/100 g peso vivo[39]. Esto sugiere que un suministro de agua garantiza la satisfacción en el consumo de alimento y, por ende, en el aporte energético, además de ser esencial para la salud y bienestar animal[39]. Se ha evidenciado una fuerte correlación entre el CAg y la ingesta de alimento en cuyes[8,39]. Una restricción en el suministro de agua podría afectar negativamente el estado nutricional de los animales. Asimismo, los cuyes no tuvieron una preferencia clara por algún método de suministro de agua potable (pocillos vs. bebederos de tetina), registrando un consumo promedio de 115.4±30.6 mL/kg de masa corporal/día, lo que indica que ambos métodos permiten cubrir sus necesidades hídricas[40].

Finalmente, el alimento en forma de harina fue eficiente en la mejora de la digestibilidad de varios componentes nutricionales, con excepción de la DPC, que fue significativamente mayor en el alimento granulado, posiblemente debido al mayor contenido proteico, lo que a su vez incrementó el CMS y el CAg.

Source of financing

Autofinanciada por los autores.

Conflicts of interest

Los autores no tenemos ningún conflicto de interés.

Acknowledgements

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Ethical considerations

Se realizó de acuerdo a las normas vigentes (Ley de protección y bienestar animal, Ley 30407).

Authors' contribution to the article

Miluska Cáceres Valencia, ejecución del experimento, redacción y preparación del borrador original. *Ruth Ramos-Zuñiga*, ejecución del experimento y administración del proyecto. *Ludwing Angel Cárdenas-Villanueva*, supervisión de resultados y discusión, búsqueda de información, redacción y revisión final del documento para publicación.

Limitations in the research

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

Access to data

Los datos generados durante este estudio están disponibles previa solicitud a los autores.

Permissions for publication

Los autores en consenso después de concluir la investigación en mutua acuerdo se decidió por la publicación.

Use of Artificial Intelligence

No se ha utilizado algún software u otro medio relacionado con inteligencia artificial.

Cited Literature

1. Ortiz-Oblitas P, Florián-Alcántara A, Estela-Manrique J, Rivera-Jacinto M, Hobán-Vergara C, Murga-Moreno C. Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Región Cajamarca, Perú. Rev Investig Vet Peru 2021;32(2): e20019. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019
2. Cruz DJ, Passuni Huayta J, Corredor FA, Pascual M. Parámetros productivos y reproductivos de cuyes (*Cavia porcellus*) de las líneas Saños y Mantaro. Rev Investig Vet Perú 2021;32(3):e20397. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20397
3. Alagón G, Tupayachi G, Villacorta W, Taco C, Jancco M, Zuniga E, et al. Nutritive value of some concentrate feedstuffs for guinea pigs (*Cavia porcellus*). Animals 2024;14(21):3142. DOI: https://doi.org/10.3390/ani14213142
4. Sarria Bardales JA, Cantaro Segura JL, Cayetano Robles JL. Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación. Cienc Tecnol Agropecuaria 2020;21(3): e1437. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1437
5. Córdova AM, Girón JB, Espinoza T, Escobar F. Efecto de la sustitución total y parcial de forraje por concentrado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre la ganancia de peso, consumo, índice de conversión y rendimiento de la canal. Rev Investig Vet Perú 2026;37(1):e32906. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v37i1.32906
6. De Cuyper A, Winkler DE, Tütken T, Bosch G, Hummel J, Kreuzer M, et al. Digestion of bamboo

compared to grass and lucerne in a small hindgut fermenting herbivore, the guinea pig (*Cavia porcellus*). J Exp Zool A Ecol Integr Physiol 2022; 337(2):128-40. DOI: https://doi.org/10.1002/jez.2538. PMID: 34411456.

7. Airahuacho Bautista FE, Vergara Rubín V. Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L). Rev Investig Vet Perú 2017;28(2): 255-64. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13079
8. Hirsch E. Some determinants of intake and patterns of feeding in the guinea pig. Physiol Behav 1973;11(5):687-704. DOI: https://doi.org/10.1016/0031-9384(73)90255-2. PMID: 4748064.
9. Castro-Bedriñana J, Chirinos-Peinado D, Sosa-Blas H. Digestibility, digestible and metabolizable energy of earthworm meal (*Eisenia foetida*) included in two levels in guinea pigs (*Cavia porcellus*). Adv Sci Technol Eng Syst J 2020;5(3):171-7. DOI: https://dx.doi.org/10.25046/aj050323
10. Aller Reyero MA, Rodríguez Gómez J, Rodríguez Fabiána G. Normas éticas para el cuidado y utilización de los animales de experimentación. Cir Esp 2000;67(1):10-3.
11. Association of Official Analytical Chemists. Official methods for analysis of the AOAC. Twenty-one Edit. Arlington Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc; 2019.
12. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 1991;74(10):3583-97. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2. PMID: 1660498.
13. Mertens DR. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J Dairy Sci 1997; 80(7):1463-81. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2. PMID: 9241608.
14. Nehring K, Haenlein GFW, Feed Evaluation and Ration Calculation Based on Net Energy. J Anim Sci 1973;36(5):949-64. DOI: https://doi.org/10.2527/jas1973.365949x
15. Crampton EW, Harris LE. Nutrición animal aplicada: El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado. 2da ed. Zaragoza: Editorial Acribia; 1974. 756 p.
16. Salcedo-Herrera WA. Evaluación de harina de sangre bovina y harina de alfalfa (*Medicago sativa*) como fuentes de proteína en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus* L.) [tesis licenciatura]. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2017 [citado 26 de octubre de 2025]. Recuperado a partir de: http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6139
17. Díaz Céspedes M, Rojas Paredes MA, Hernández Guevara JE, Linares Rivera JL, Chávez Durand LM, Moscoso Muñoz JE. Digestibility, digestible and metabolizable energy of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) pelleted and extruded in guinea pigs (*Cavia porcellus*). Rev Investig Vet Peru 2021;32(5):e19654. DOI: http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654
18. Mouchili M, Tendonkeng F, Miégoué E, Nguefack N, Lemogo JRT, Wauffo DF, et al. Effect of fertilization level on chemical composition, intake and digestibility in vivo of *Moringa oleifera* cutting at 6 months in guinea pig. J Agron Agric Sci 2019;2:007. DOI: http://dx.doi.org/10.24966/AAS-8292/100007
19. Wauffo DF, Tendonkeng F, Miégoué E, Djoumessi Tobou FG, Sawa C, Mouchili M. Ingestion and in vivo digestibility of a concentrated granulated feed containing seeds of *Moringa oleifera* associated with *Pennisetum purpureum* in guinea

pigs. Open J Anim Sci 2020;10(4):782-91. DOI: https://doi.org/10.4236/ojas.2020.104051

20. Vargas Huaman ML. Digestibilidad de la harina de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y afrecho de cebada (*Hordeum vulgare*) en cuyes (*Cavia porcellus* L.) [tesis licenciatura]. [K'ayra-Cusco]: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2023. [citado 26 de octubre de 2025. Recuperado a partir de: http://hdl.handle.net/20.500.12918/7779
21. Sihuacollo Mamani EF. Influencia de ración balanceada en pellets sobre la ganancia de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus* L.) [tesis licenciatura]. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2013 [citado 26 de julio de 2025]. Recuperado a partir de: https://repositorio.unap.edu.pe/items/eb080a09-1e26-4725-855b-2410e5054a4d
22. Montalvo Morales KR, Navarro Martínez MKY. Determinación de la digestibilidad, energía digestible y metabolizable de broza de arveja (*Pisum sativum* L) y betarraga (*Beta vulgaris*) para la formulación de raciones en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) [tesis licenciatura]. [Tarma]: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2012. [citado 16 de octubre de 2025]. Recuperado a partir de: https://repositorio.uncp.edu.pe/items/7c2ff420-15b7-4a04-9d94-b8d60c2a43dc
23. Aguirre Molina JP. Determinación de la composición química y el valor de la energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes [tesis licenciatura]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2008 [citado 26 de octubre de 2025]. Recuperado a partir de: https://dspace.espoch.edu.ec/items/d6e58f64-3bb4-4965-acbc-5c953f29d906
24. Farro Guevara E. Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en cuyes (*Cavia porcellus*) [tesis licenciatura]. [Tingo María]: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2012 [citado 16 de octubre de 2025]. Recuperado a partir de: https://repositorio.unas.edu.pe/items/8a33e3ba-3319-48a9-b556-0c265b75d98f
25. Gutiérrez FW, Contreras G, Zaldívar J. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*) cuvier 1818. Rev Investig Vet Perú 2009;20(2):178-86. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.604
26. Lancheros JP, Espinosa CD, Stein HH. Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets fed to pigs: a review. Anim Feed Sci Technol 2020;268:114603. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114603
27. Kim JS, Ingale SL, Baidoo SK, Chae BJ. Impact of feed processing technology on nutritional value of pigs feed: a review. Anim Nutr Feed Technol 2016;16(2):181-96. DOI: https://doi.org/10.5958/0974-181X.2016.00017.2
28. Huang C, Zang J, Song P, Fan P, Chen J, Liu D, et al. Effects of particle size and drying methods of corn on growth performance, digestibility and haematological and immunological characteristics of weaned piglets. Arch Anim Nutr 2015;69(1):30-45. DOI: https://doi.org/10.1080/1745039X.2014.1002673. PMID: 25608731.
29. Sakaguchi E, Nabata A. Comparison of fibre digestion and digesta retention time between nutrias (*Myocaster coypus*) and guinea-pigs (*Cavia porcellus*). Comp Biochem Physiol A 1992;103(3):601-4. PMID: 1358513. DOI: https://doi.org/10.1016/0300-9629(92)90295-2
30. Sá AGA, Moreno YMF, Carciofi BAM. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. Crit Rev Food Sci Nutr 2020;60(20):

3367-86. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249. PMID: 31760758.

31. Khan MA, Mahr-Un-Nisa, Sarwar M. Techniques measuring evaluation of feeds digestibility for the nutritional evaluation of feeds. Int J Agric Biol 2003;5(1):91-4.
32. Morales A, Carcelén F, Ara M, Arbaiza T, Chauca L. Evaluación de dos niveles de energía productiva en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. Rev Investig Vet Perú 2011;22(3):177-82. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v22i3.254
33. Guzman I, Carcelén F, Ara M, Jiménez R, Bezada S, Guevara J, et al. Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde suplementados con tres niveles de butirato de sodio en la dieta. Rev Investig Vet Perú 2019;30(3):1092-98. DOI: http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16594
34. Kawasaki K, Min X, Nishiyama A, Sakaguchi E. Effect of fructo-oligosaccharide on nitrogen utilization in guinea pigs. Anim Sci J 2013;84(4):328-33. DOI: https://doi.org/10.1111/asj.12009. PMID: 23590507.
35. Egena SSA, Alabi JO, Dikko HA, Stephen E, Silas AT, Musa CT. Growth performance and nutrient digestibility of guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed two levels of protein and energy. Int J Appl Biol Res 2010;2(2):38-43.
36. Paredes M, Goicochea E. Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). Rev Investig Vet Perú 2021;32(1):e19495. DOI: https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19495
37. Trejo-Sánchez F, Mendoza-Martínez G, Plata-Pérez F, Martínez-García J, Villarreal-Espino-Barros OA. Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. Revista MVZ Córdoba 2019;24(3):7286-90. DOI: https://doi.org/10.21897/rmvz.1384
38. Quesquén Adanaqué D. Evaluación del consumo de agua en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*), alimentados a base de concentrado y mantenidos en diferentes densidades de crianza [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019 [citado 6 de octubre de 2025]. Recuperado a partir de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/b8ee6f52-9fd2-48d6-bca6-db5fdaf9d4c5
39. Wolf P, Cappai MG, Kamphues J. Water consumption in small mammals (dwarf rabbits, guinea pigs and chinchillas): New data about possible influencing factors. Res Vet Sci 2020;133:146-9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.08.010. PMID: 32987296.
40. Hagen K, Clauss M, Hatt JM. Drinking preferences in chinchillas (*Chinchilla laniger*), degus (*Octodon degu*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*). J Anim Physiol Anim Nutr 2014;98(5):942-7. DOI: https://doi.org/10.1111/jpn.12164. PMID: 24405017.

Editor's Note:
Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS). All statements expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, editors, and reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or the claim that its manufacturer may make, is not guaranteed or endorsed by the publisher.