



Un acercamiento teórico a los requerimientos de energía en cuyes (*Cavia porcellus*)*

A theoretical approach to energy requirements in guinea pigs (*Cavia porcellus*)

William Armando Tapie¹, Sandra Lucía Posada Ochoa¹, Ricardo Rosero Noguera¹

* Recepción: 18 de octubre, 2023. Aceptación: 9 de febrero, 2024. Este trabajo formó parte del proyecto de tesis del primer autor, estudiante de doctorado en Ciencias Animales, Nutrición Animal de la Universidad de Antioquia, financiado por la fundación CEIBA, Bogotá, Colombia.

¹ Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA) de la, Calle 70 No. 52-21, AA 1226, Medellín, Colombia. watapiec@unal.edu.co (autor para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-7064-6753>), sandra.posada@udea.edu.co (<https://orcid.org/0000-0002-4615-0552>), jaimero.rosero@udea.edu.co (<https://orcid.org/0000-0002-3238-8842>).

Resumen

Introducción. En algunos países de la región andina el interés por la crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) está creciendo, debido al potencial que la carne de esta especie tiene para contribuir con la seguridad alimentaria. El mejoramiento genético realizado en cuyes ha permitido que se obtengan animales de elevados rendimientos productivos. Sin embargo, estos logros no han sido acompañados con estudios de requerimientos de energía neta del cuy. **Objetivo.** Realizar una estimación teórica de los requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia de peso en cuyes. **Desarrollo.** Mediante información bibliográfica de la nutrición energética en conejos y cuyes, se estableció un cálculo aproximado de los requerimientos de energía para ganancia de peso y mantenimiento en cuyes. Para esto, se consideró un animal con un peso inicial de 0,3 y un peso final de 1,2 kg con una ganancia promedio de 13 g/día. Se encontró que los estudios de energía en cuyes para la producción de carne están dados en densidades energéticas, en su mayoría en energía digestible (ED), cuyos valores estuvieron entre 2700 y 3000 kcal/kg de materia seca de alimento, y en menor proporción de energía metabolizable. Según los cálculos teóricos, para un animal de 0,75 kg de peso vivo promedio, los requerimientos de ED de mantenimiento y ganancia de peso fueron de 92,8 y 49,34 kcal/día, respectivamente. Con una dieta de 3000 kcal de ED en el alimento, el animal debe consumir 47,38 g de materia seca para llenar sus requerimientos totales. **Conclusión.** Los requerimientos de energía encontrados desde los cálculos teóricos, fueron coherentes para cuyes de producción de carne desde el punto de vista biológico.

Palabras clave: energía de mantenimiento, energía de ganancia de peso, requerimientos nutricionales, energía neta.

Abstract

Introduction. In some countries of the Andean region, interest in guinea pig (*Cavia porcellus*) breeding is growing due to the potential of this species' meat to contribute to food security. Genetic improvement in guinea pigs has resulted in animals with high productive yields. However, these advancements have not been accompanied by studies on the net energy requirements of guinea pigs. **Objective.** To perform a theoretical estimation of the energy requirements for maintenance and weight gain in guinea pigs. **Development.** Based on bibliographic information



regarding of the energy of rabbits and guinea pigs, an approximate calculation of energy requirements for weight gain and maintenance in guinea pigs was established. For this purpose, an animal with an initial weight of 0.3 kg and a final weight of 1.2 kg, with an average gain of 13 g/day, was considered. It was found that energy studies in guinea pigs for meat production are mostly expressed in energy densities, primarily in digestible energy (DE), whose values were between 2700 and 3000 kcal/kg of dry matter, and to a lesser extent of metabolizable energy. According to theoretical calculations, for an animal with an average live weight of 0.75 kg, the DE requirements for maintenance and weight gain were 92.8 and 49.34 kcal/day, respectively. With a diet providing 3000 kcal of DE in the feed, the animal must consume 47.38 g of dry matter to meet its total requirements. **Conclusion.** The energy requirements derived from theoretical calculations were biological consistent for meat production guinea pigs.

Keywords: maintenance energy, energy weight gain, nutritional requirements, net energy.

Introducción

La crianza del cuy (*Cavia porcellus*) ocupa un renglón importante en la economía rural en Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia. En estos países es una práctica cultural ligada a sus costumbres, que proporciona seguridad alimentaria y representa una fuente de ingresos a la población rural (Benavides et al., 2021; Dalle Zotte & Cullere, 2019). De manera semejante en Camerún, República Democrática del Congo, Tanzania y México, líneas productoras de carne son utilizadas como una especie de abasto, las cuales hacen parte de la alimentación y son fuente de sustento por su importancia social y económica (Ayagirwe et al., 2018; Ngoula et al., 2017; Vargas-Romero et al., 2020). La demanda creciente de carne de cuy requiere de cuyes de mayor tamaño y precocidad, para lo cual se deben mejorar sus programas de alimentación y cuidado, conocer los requerimientos nutricionales y los valores nutricionales de los alimentos (Castro-Bedriña et al., 2022).

Dentro de los requerimientos nutricionales de un animal, las proteínas son el componente fundamental del tejido muscular, ciertas hormonas y todas las enzimas (Halls, 2010), en tanto que la energía se asocia con la ganancia de peso, la madurez sexual, la presencia de estros, fertilidad y peso al nacer de los gazapos. Asegurar un suministro adecuado de proteína y energía es esencial para que los cuyes alcancen su máximo potencial productivo (Ramos Obando, 2013). De forma clásica, los requerimientos de los animales se han discriminado en requerimientos para el mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción (de Blas & Wisewan, 2020; Kassa Zewdie, 2019). A su vez varios factores determinan los requerimientos de energía y proteína para mantenimiento, entre los cuales destaca el tamaño corporal, que a su vez depende de la raza, la edad, el sexo y medio ambiente (temperatura, humedad, velocidad del aire) (de Blas & Wisewan, 2020) y los aspectos relacionados con la cría (Keeble, 2023).

En estos animales, las hembras preñadas reducen su actividad y los niveles de cortisol para ahorrar energía en condiciones de baja temperatura (Michel et al., 2011). Una variación en el peso de las vísceras en cuyes a distintas edades y sexo (Chauca de Zaldívar, 1997; Hernández Maya, 2015), puede afectar los requerimientos de energía, ya que el metabolismo visceral está relacionado con la eficiencia en la utilización de la energía metabolizable (EM) para el mantenimiento y la ganancia de peso (Kozloski et al., 2001). Además, estudios demuestran que los requerimientos para la ganancia de peso en un animal están en función de la proporción de grasa y proteína en el tejido depositado (Fox & Black, 1984), lo anterior se destaca, ya que el contenido de proteína y grasa en cuyes depende de la edad, raza, dieta y sexo del animal (Higaonna et al., 2008; Keeble, 2023).

La producción de cuyes como animal de abasto es poco conocida a nivel mundial (Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021). Los cuyes se han utilizado para la investigación científica (National Research Council

[NRC], 1995) o como mascota, y parte de la información de referencia disponible sobre la cría y la dieta se basa en trabajos bajo condiciones de los animales en laboratorio (Keeble, 2023). Así, la información disponible sobre los requerimientos de energía neta para mantenimiento y ganancia de peso de esta especie es limitada con poca o ninguna investigación disponible (Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021; Keeble, 2023; NRC, 1995). Hasta el momento, no se reportan estudios de requerimientos de energía neta para cuyes para la producción de carne, los estudios que se han realizado en cuanto a la nutrición energética del cuy están basados en densidades energéticas: kilocalorías por kilogramo de materia seca (kcal/kg MS) de energía digestible (ED) y en menor proporción en EM (Airahuacho Bautista & Vergara Rubín, 2017; Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021; Hidalgo & Valerio, 2020; Morales et al., 2011). En algunos casos valores de ED o EM de otras especies menores como el conejo, son usados para la formulación de las dietas (Castro-Bedriña et al., 2022).

Debido a que el conejo es una especie con una anatomía y fisiología digestiva similar a la de los cuyes, resulta relevante compararlos en cuanto a la eficiencia de utilización de nutrientes a nivel digestivo (Vela-Román et al., 2024). Se han hecho algunas extrapolaciones entre estas especies y se ha encontrado que podrían ser intercambiables (NRC, 1995; Trejo-Sánchez et al., 2019). Por lo que, la realización de algunas aproximaciones a los requerimientos de energía basados en resultados obtenidos en conejos ayudará a mejorar la comprensión de los requerimientos de energía neta del cuy. El objetivo del trabajo fue realizar una estimación teórica de los requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia de peso en cuyes.

Factorización de la energía en el sistema animal

Energía bruta (EB)

La energía bruta (EB) es la energía química que se pierde como calor cuando la materia orgánica se oxida por completo, a dióxido de carbono y agua (Posada et al., 2012; Weiss & Tebbe, 2019). En los alimentos el contenido de EB depende de la composición química de la materia orgánica, los valores calóricos para la proteína cruda son de 5,2 a 5,7 kcal/g, para extracto etéreo de 9,0 a 9,3 kcal/g y de 3,8 a 4,0 kcal/g para los carbohidratos. La EB no indica el nivel de energía disponible, ya que durante los procesos digestivos y metabólicos hay pérdidas de energía en heces, orina, formación de gases y aumento calórico (McDonald et al., 2011). Por este motivo, la EB no es una unidad relevante en la evaluación energética de los alimentos, ni en la expresión de las necesidades energéticas de estos (Castro-Bedriña et al., 2022; De Blas & Wisewan, 2020).

Energía digestible (ED)

La energía dietética se utiliza para el crecimiento, mantenimiento, producción y reproducción de los animales (Kassa Zewdie, 2019), en cuyes se ha expresado en términos de nutrientes digestibles totales (TDN), ED y EM (Castro-Bedriña et al., 2022). Según el NRC (1995) la ED y EM son términos energéticos de mayor precisión biológica que los TDN. Una vez que el animal ingiere el alimento, una parte de la energía se pierde en forma de energía fecal (EF) y la diferencia entre la EB y la EF recibe el nombre de ED. La ED puede medirse *in vivo* al restar la cantidad de energía recuperada en las heces. En los alimentos completos para cuyes, la ED suele variar de 0,50 a 0,80 de la EB y ofrece una estimación del valor energético de los alimentos (Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021). En conejos este valor puede variar entre 0,6 a 0,65 (de Blas & Wisewan, 2020).

En cuyes machos de 4 a 5 meses de edad, Castro-Bedriña y Chirinos-Peinado (2021) realizaron un estudio de digestibilidad y contenido de ED y EM de 63 alimentos distribuidos en cinco categorías: (1) forrajes secos y (2) verdes, (3) residuos agroindustriales y de cocina, (4) harinas energéticas y (5) harinas proteicas de origen animal y vegetal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios del contenido energético (kcal/kg de materia seca) de forrajes secos, forrajes verdes, alimentos proteicos, alimentos energéticos y residuos de cocina y agroindustriales para cuyes (*Cavia porcellus*).

Table 1. Averages of energy content (kcal/kg dry matter) for dried fodder, green forages, protein feeds, energy feeds, and kitchen and agro-industrial wastes for guinea pigs (*Cavia porcellus*).

Alimento	EB	ED/EB	ED	EM/ED	EM	EN/EM	*EN
	kcal/kg MS						
Forrajes secos (n=6)	4058 ± 50	0,63	2575 ± 350	0,82	2112 ± 287	0,68	1420 ± 17
Forrajes verdes (n=25)	4133 ± 160	0,74	3057 ± 415	0,82	2507 ± 341	0,59	1446 ± 56
Alimentos proteicos (n=17)	5332 ± 320	0,69	3682 ± 433	0,82	3019 ± 355	0,62	1866 ± 112
Alimentos energéticos (n=3)	4288 ± 121	0,87	3705 ± 171	0,82	3038 ± 140	0,49	1501 ± 42
Residuos de cocina y agroindustriales(n=12)	4053 ± 164	0,74	3006 ± 554	0,82	2465 ± 454	0,60	1419 ± 57

EB: energía bruta; ED: energía digestible; EM: energía metabolizable; EN: energía neta. *Valor calculado con el 35% de la EB de acuerdo con lo reportado por de Blas y Wisewan (2020) para conejos; fuente, Castro-Bedriña y Chirinos-Peinado (2021) adaptada por autores / GE: gross energy; DE: digestible energy; EM: metabolizable energy; NE: net energy. *Value calculated as 35% of GE as reported by de Blas and Wisewan (2020) for rabbits; source, Castro-Bedriña and Chirinos-Peinado (2021), adapted by authors.

El mayor contenido de ED presentaron los alimentos energéticos con 0,87 de la EB, seguido de los residuos de cocina y forrajes verdes con 0,74 (Cuadro 1) los cuales son de uso más común en alimentación de cuyes. El mayor contenido de digestibilidad en los alimentos energéticos está asociado con el mayor contenido de carbohidratos solubles y bajos contenidos de fibra (Castro-Bedriña et al., 2018). Si bien los forrajes se caracterizan por su alto contenido de fibra, el cuy, por ser un fermentador posgástrico, tiene un ciego funcional que contiene entre el 40% y el 65% de la ingesta y debido a la actividad fermentativa de una amplia variedad de bacterias, hongos y protozoos, puede hidrolizar y fermentar de forma parcial la celulosa y otros componentes de la fibra (Witkowska et al., 2017).

Datos similares a los informados por Castro-Bedriña y Chirinos-Peinado (2021) de ED (kcal/kg MS) (Cuadro 1) para forrajes (verdes y secos) y residuos de cocina y agroindustriales se respaldan en estudios anteriores. Durante las etapas de gestación, lactación y crecimiento, se logra un rendimiento óptimo con niveles de 2800, 3000 y 2800 kcal de ED, respectivamente (Caycedo Vallejo, 2000). Para las fases de levante y ceba, Beltrán-Guzmán (2015) encontró que valores de 2960 y 3100 kcal de ED resultan en un rendimiento productivo óptimo en cuyes destinados a la producción de carne. Mientras que el NRC (1995) sugiere 3000 kcal de ED/kg para la fase de crecimiento en cuyes de laboratorio. Aunque diversos autores reportan densidad energética entre 2800 y 3000 kcal de ED, resultados de investigación más recientes en cuyes para la producción de carne señalan un rango más estrecho (2900 a 2860 kcal de ED/kg) para las etapas de crecimiento, engorde, gestación y lactación (Airahuacho-Bautista & Vergara-Rubín, 2017). Al evaluar dietas con dos niveles de energía de 2700 y 2900 kcal/kg MS, no se encontraron diferencias en la mayoría de los indicadores de desempeño del animal (ganancia de peso, consumo de alimento, tamaño de camada, porcentaje de fertilidad, partos, abortos, mortalidad y pesos promedios al nacimiento y destete) (Sarria-Bardales et al., 2019). En consecuencia, se podría considerar que la convergencia de resultados respalda la idea de una densidad energética óptima alrededor de 2900 kcal ED/kg MS.

Energía metabolizable (EM)

En el proceso de metabolización de los alimentos, parte de la energía consumida se pierde como energía urinaria (EU) y en gases de fermentación intestinal, y como principal elemento el metano. En ruminantes el gas metano representa una pérdida importante de la energía consumida (Posada et al., 2012). Sin embargo, en monogástricos y

en fermentadores posgástricos como el cuy, se ha considerado prácticamente insignificante. Aunque dicha pérdida de la energía no se ha tenido en cuenta, Romero-Yanke (2021) reporta una producción de metano entérico en cuyes alimentados con forraje (heno de avena y alfalfa) de 3,1 kcal/día. La EU se puede calcular a partir de la cantidad de nitrógeno excretado cada día en la orina, de este modo la EM se calcula a partir de la ED al restar la pérdida de EU. En conejos, la UE puede calcularse a partir de la cantidad de nitrógeno excretada cada día en la orina (NU), mediante la ecuación 1 (de Blas & Wisewan, 2020).

$$EU \text{ (KJ/día)} = 51,76 \text{ NU (g/día)} - 3,01 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde, EU es la energía urinaria y NU es la cantidad de nitrógeno excretada cada día en la orina.

Parte de la EM puede ser retenida para la producción de tejido (grasa y proteína) o puede perderse en forma de calor, el cual es consecuencia de diversas funciones que incluyen mantenimiento e incremento calórico (Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021; De Blas & Wisewan, 2020; Weiss & Tebbe, 2019). Según el estudio de Castro-Bedriña y Chirinos-Peinado (2021) la EM representa alrededor del 0,60 de la EB para todos los alimentos estudiados (Cuadro 1). Aunque estudios indican que los cuyes son más eficientes en la digestión de la fibra que las ratas, hámsters y conejos (De Cuyper et al., 2022), los valores reportados para conejos (0,57 a 0,62) son similares al de los cuyes (de Blas & Wisewan, 2020). De acuerdo con el NRC (1995) y Vignale Lake (2010) los requerimientos de EM para cuyes se encuentran entre 3000 a 3100 kcal/kg de MS.

Valores significativamente más elevados de EM para el subproducto de trigo, gluten de maíz y hominy feed (una mezcla de cáscara, germen y una parte del endospermo del grano seco de maíz), con valores de 2705, 3910 y 4351 kcal EM/kg MS, respectivamente, fueron presentados por Hidalgo y Valerio (2020). Esta disparidad con los resultados de Castro-Bedriña y Chirinos-Peinado (2021) (Cuadro 1), se atribuye al hecho de que las materias primas utilizadas por Hidalgo y Valerio (2020) presentaban una calidad nutricional superior. Se destaca que una dieta balanceada desempeña un papel crucial en la maximización del aprovechamiento de nutrientes por parte de los animales, lo que reduce las pérdidas a través de las heces y la orina (Salazar, 2005). Esto al final resulta en un mayor contenido de EM en el alimento. La elección entre los sistemas de ED y EM en los cuyes, al igual que en conejos, todavía está en discusión. El uso de la EM es más preciso (de Blas & Wisewan, 2020). Sin embargo, el trabajo adicional que implica la recolección y medición de los valores de energía de la orina hace que se prefiera el uso de la ED. Además, se ha encontrado que las pérdidas de energía urinaria están relacionadas con la ingesta total de proteína digestible (PD). En dietas compuestas entre el 15 al 19 % de PD, la ED y EM están correlacionadas y la EM puede estimarse como el 0,8 a 0,85 de la ED (Castro-Bedriña & Chirinos-Peinado, 2021). En general, la mayoría de los estudios realizados al respecto coinciden con valores de proteína cruda que oscilan entre 16 y 19 % y valores de energía digestible de 2800 a 3000 kcal (Caycedo Vallejo, 2000; Chauca Francia et al., 2005; Morales et al., 2011; NRC, 1995), lo que podría justificar el uso del sistema de ED.

Energía neta (EN)

El uso de la energía neta (EN) lleva a la EM un paso más adelante e incorpora la energía perdida en forma de calor al calcular la energía disponible para la producción. Se ha demostrado que la EM sobreestima la EN de los alimentos ricos en proteína y fibrosos, y subestima el valor energético de los alimentos ricos en grasa o almidón (Barzegar et al., 2020; Díaz Céspedes et al., 2021). La EN es una representación más precisa de la energía disponible para fines productivos. La EN se obtiene por sustracción del incremento térmico a la EM y representa parte de la energía que es útil para el organismo. A su vez esta energía se divide entre la energía neta de mantenimiento (ENm) que corresponde a la energía utilizada para el funcionamiento del organismo y abandona el cuerpo en forma de calor

y la energía depositada en forma de tejidos, que se denomina energía retenida (ER) (de Blas & Wisewan, 2020; Lofgreen & Garret, 1968).

En animales alimentados *ad libitum*, la producción de calor corporal (PC) tiene dos componentes, el incremento térmico y la ENm, mientras que en los animales en ayunas solo incluye este último componente (NRC, 1995; Old et al., 2019). El incremento térmico se registra cuando los animales consumen alimentos y es debido a la digestión de los mismos (mediante la masticación, deglución y movimientos intestinales), la fermentación microbiana (en el ciego en el caso de los cuyes), la absorción y transporte de los nutrientes y el metabolismo de los nutrientes absorbidos, mediante la síntesis de componentes corporales, síntesis y excreción de productos de desecho.

Cabe resaltar los siguientes aspectos importantes: 1) el metabolismo de los nutrientes absorbidos es el mayor componente del incremento térmico; 2) en animales en mantenimiento, el incremento térmico no incluye el calor producido por el metabolismo de los nutrientes como un todo, sino a la diferencia entre el calor derivado del metabolismo de los nutrientes absorbidos y el calor producido por el metabolismo de los nutrientes almacenados en el organismo, cuando el animal no recibe alimentos (Matin & Ostwald, 1975; Weiss & Tebbe, 2019); 3) el contenido de proteínas y aminoácidos de la dieta genera la mayor contribución a la PC que otros nutrientes de la dieta (Barzegar et al., 2020). Además, se ha encontrado que la utilización de la EM en diferentes tejidos corporales altera la PC con diferentes vías anabólicas. La síntesis de proteínas y la excreción de compuestos nitrogenados del cuerpo durante el recambio de proteínas requieren más energía en comparación con el anabolismo de otros componentes del tejido (Latshaw & Moritz, 2009). Destaca entonces que, las mayores pérdidas de energía se dan como energía fecal y calor, mientras que la ER constituye una proporción relativamente pequeña, por tanto, la EN es la fracción que utiliza el animal con fines productivos y de mantenimiento y es la estimación más precisa del valor energético del alimento y de las necesidades energéticas del animal (de Blas & Wisewan, 2020).

No se reportan requerimientos de EN para cuyes de producción de carne, pero sí para cuyes en condición de laboratorio, por la técnica de calorimetría indirecta Künkele (2000), reportó un requerimiento para cuyes hembras en lactancia de 114,1 kcal de EM/kg de PV^{0.75} y para gestación de 124,8 kcal de EM/kg de PV^{0.75}. Por el método de sacrificio comparativo, Matin y Ostwald (1975) determinaron los requerimientos de energía digestible para mantenimiento en 115,2 kcal de ED/kg de PV^{0.75}, mientras que el NRC (1995) sugiere un valor de 136 kcal de EM/kg de PV^{0.75} para el mantenimiento de cuyes que varía entre 400 a 600 g de peso vivo.

Algunos factores que determinan los requerimientos de energía en cuyes

Gestación y lactación

En los cuyes, el número de crías por parto puede ser de una a seis. Las crías nacen en un estado avanzado de maduración, por lo que no son tan dependientes de la leche materna como otros mamíferos (Chauca de Zaldívar, 1997). Se ha determinado que en promedio la leche de cuy tiene 1,27 kcal de energía por gramo de leche y que esta puede variar con base en el día de lactancia; 9,39 kcal/g en el día uno y aumenta de forma gradual a 1,87 kcal/g al día 21 (Anderson & Chavis, 1986). En estos animales, se ha encontrado que la demanda de energía de la madre alcanza su punto máximo al principio de la lactancia y el pico es bajo en comparación con el de los roedores altriciales (Künkele, 2000).

La diferencia más notable en el patrón reproductivo entre el cuy y otros roedores e incluso con el conejo es la duración de la gestación (Derrickson, 1992). Una de las hipótesis más aceptable para explicar la ventaja de una gestación larga postula que una gestación prolongada podría ser una adaptación a las duras condiciones ambientales (Short, 1985), pues se sabe que la conversión de energía en tejido de las crías es más eficiente durante la gestación

que durante la lactancia, una gestación prolongada en relación con el período total desde la concepción hasta el destete podría mejorar la eficiencia energética general de la reproducción.

Al comparar el costo energético de la gestación (68 días) frente a la lactancia (20 días) en cuyes (Künkele, 2000), se ha demostrado que el aumento promedio de la ingesta energética de las madres es del 16 % durante la gestación, mientras que durante la lactancia es del 92 %. De manera similar, se ha logrado evidenciar que el pico en la ingesta energética materna es de 2,4 veces de la tasa metabólica basal, en comparación con el pico durante la lactancia que es 3,7 veces. En consecuencia, la eficiencia de la conversión de energía en tejido de los fetos durante la gestación (62 %) es casi el doble de la eficiencia durante la lactancia (35 %) (Künkele, 2000). En resumen, en cuyes el costo energético neto de la gestación es menor que el costo energético de la lactancia. Lo que ratifica la anterior hipótesis planteada por Short (1985).

Temperatura

Los mamíferos como los cuyes por lo general responden a los requisitos metabólicos ocasionados por la termorregulación y la gestación, mediante el aumento de las concentraciones plasmáticas de glucocorticoides que promueven la movilización de las reservas corporales y mejoran el uso de energía por los tejidos (Michel et al., 2011). En las hembras de mamíferos, la termorregulación y la reproducción implican un importante gasto energético (Gittleman & Thompson, 1988). Cuando las hembras preñadas se enfrentan a condiciones térmicas de bajas temperaturas, reducen la actividad y los niveles de cortisol, esto con el fin de ahorrar energía como una respuesta adaptativa. Además, los impactos energéticos de la gestación y las bajas temperaturas son más severas en mamíferos pequeños y precoces como los cuyes (Michel et al., 2011).

A menor masa corporal del animal, mayor probabilidad de que su metabolismo basal sea mayor, un animal pequeño como los cuyes tiene más superficie corporal en relación a su volumen de tejido activo a nivel metabólico y debido a que los animales intercambian calor con su entorno por las superficies de su cuerpo, los animales pequeños tienden a perder calor ante un ambiente más fresco con mayor velocidad que los animales grandes. Debido a esto, un animal más pequeño necesitaría más energía y una mayor tasa metabólica para mantener una temperatura interna constante (Hoppeler & Weibel, 2005; Hulbert & Else, 2004). Por lo que, los requerimientos de EM de mantenimiento ($\text{kcal/kg PV}^{0.75}$) para un bovino de carne son de 118 (Marcondes et al., 2016), mientras que en cuyes de laboratorio se ha reportado un valor de 136 (NRC, 1995). Esta relación entre masa y tasa metabólica se mantiene en muchas especies (Hoppeler & Weibel, 2005).

Peso, edad y sexo

En cuanto a las diferencias de edad y peso corporal, Hernández Maya (2015) informó una variación en el peso de las vísceras en cuyes a distintas edades, mientras que Chauca de Zaldívar (1997) observó mayores pesos de las vísceras en machos que en hembras a la misma edad. Es probable que la mayor parte de la variación en la eficiencia de utilización de la EM entre los alimentos está asociada con el metabolismo visceral, este sistema representa una interfase entre la dieta y el animal, y actúa como el principal lugar de regulación de los nutrientes utilizados para el mantenimiento, crecimiento, lactancia, reproducción y actividades físicas de los animales (Kozloski et al., 2001). En conejos el requerimiento de energía de mantenimiento aumenta con relación al peso del animal de 91,1 a 103 y 132 kcal de $\text{ED}_m/\text{kg de PV}^{0.75}$ para conejos de las razas Nueva Zelanda, líneas productoras de carne y gigantes españoles en crecimiento, respectivamente (de Blas et al., 1985; de Blas & Wisewan, 2020; Partridge et al., 1989).

De la misma manera, se ha encontrado que los requerimientos de energía neta de ganancia (ENg) están influenciados por el sexo y el peso del animal. En conejos machos y hembras en crecimiento (28 a 63 días de edad)

con un PV entre 607 a 2534 g y una ganancia de peso entre 44,18 a 54,49 g/día, se ha reportado un requerimiento de ENg entre 96,2 a 105,8 kcal/día (Marín-García et al., 2021).

Composición de la canal y la dieta

En cuyes la utilización del alimento está influenciada por la composición química y el contenido energético de la dieta y la capacidad del animal para utilizarla (Castro-Bedriña et al., 2018). Estudios demuestran que el contenido de proteínas y aminoácidos en las dietas para animales genera la mayor contribución a la PC que otros nutrientes (Barzegar et al., 2020). En la utilización de la EM en diferentes tejidos corporales altera la PC con diferentes vías anabólicas. La síntesis de proteínas y la excreción de compuestos nitrogenados del cuerpo durante el recambio de proteínas requieren más energía en comparación con el anabolismo de otros componentes del tejido (Latshaw & Moritz, 2009).

Los requerimientos para la ganancia de peso en un animal, dependen de la proporción de grasa y proteína que se deposita en el tejido (Fox & Black, 1984). La variación en la composición de la dieta modifica la ganancia diaria de peso, el peso del hígado, el rendimiento de la canal y el contenido de lípidos de la canal y la grasa perirrenal (Kouakou et al., 2013). Es esencial tener en cuenta que la eficiencia de la acumulación de proteínas es variable y depende del estadio fisiológico, el estado nutricional y el recambio proteico, así como de la especie y el valor biológico de las proteínas de la dieta. En este contexto, el balance adecuado de la dieta y su alta calidad en términos de EM, junto con el bajo contenido de fibra, pueden mejorar la utilización del alimento.

En cuanto a la relación de la composición de grasa y proteína de la canal con los requerimientos de energía, Sánchez-Macías et al. (2018) reportaron que a los tres meses de edad las hembras tienen más grasa que los cuyes machos, pero a los doce meses de edad no existe diferencia en la composición de la canal por sexo. Esto se debe a que las hembras acumulan más tejido graso por la acción de los estrógenos, lo que les permite disponer de reservas energéticas para su futura gestación. Los diferentes porcentajes de proteínas y grasas en la energía total retenida corresponden a diferentes eficiencias en el uso de la energía. Reportes indican que a los tres meses de edad el contenido de agua, proteína y grasa, se encuentran alrededor de 75, 19 y 2,64 %, respectivamente, frente a la composición corporal de cuyes a los dieciocho meses de edad (agua 72,6 %, proteína 19,6 % y grasa 5,7 %) (Sánchez-Macías et al., 2018). Cuando la energía se almacena en forma de grasa se genera menos calor, por consiguiente, la eficiencia es mayor comparada con la deposición de proteínas. Sin embargo, el depósito de proteínas de un animal es considerado el determinante más importante de la ganancia de peso, debido al alto contenido de agua de los tejidos ricos en proteínas (Bastianelli & Sauvant, 1997).

Aproximación al requerimiento de energía digestible para ganancia de peso y mantenimiento en cuyes

Los cálculos de los requerimientos se realizaron en término de energía digestible, para esto se tuvo en cuenta algunos datos referentes a los requerimientos de ED y eficiencias de utilización reportados para conejos (de Blas & Wisewan, 2020). Para estimar los requerimientos de energía fue considerado un animal con peso inicial (PI) de 0,3 kg y un peso final (PF) de 1,2 kg, esto con base en los parámetros zootécnicos generales encontrados por Patiño-Burbano et al. (2019) en Colombia. El peso vivo promedio en kg (PVP) correspondió a la media de los valores del PI y PF. Una ganancia promedio general de 13 g/día encontrada para las razas Perú, Andina e Inti (Reynaga Rojas et al., 2020), fue establecida y se asumió que el peso corporal vacío (PCV) correspondió al 93 % del PV de acuerdo con lo reportado por Chauca de Zaldívar (1997) en cuyes con 24 h de ayuno. Un requerimiento de energía digestible de mantenimiento (ED_m) de 115,2 kcal/kg de $PV^{0,75}$ fue acogido por Matin y Ostwald (1975) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores para el cálculo de los requerimientos de energía digestible en cuyes (*Cavia porcellus*).

Table 2. Values for the calculation of digestible energy requirements in guinea pigs (*Cavia porcellus*).

Animal	PI (kg)	PF (kg)	PVP (kg)	PCV/PV	GPV (g)	GPCV (g)	ED _m kcal/kg PV ^{0,75}
Cuy	0,3	1,2	0,75	0,93	13	12,09	*115,2

PI: peso inicial; PF: peso final; PV^{0,75}: peso metabólico; GPCV: ganancia de peso corporal vacío; GPV: ganancia de peso vivo; ED_m: energía digestible de mantenimiento (*Matin & Ostwald, 1975). / PI: initial weight; PF: final weight; PV^{0,75}: metabolic weight; GPCV: empty body weight gain; GPV: live weight gain; ED_m: digestible maintenance energy (*Matin & Ostwald, 1975).

El requerimiento diario de ED_m para cuyes de 0,75 kg de PVP fue de 92,8 kcal de ED_m/kg PV/día (115,2 kcal/kg PV^{0,75} * 0,75 kg^{0,75}) (Cuadro 2). Para estimar la energía retenida en la canal se tuvo como referencia lo reportado por Higaonna et al. (2008) para cuyes de producción de carne de 70 días de edad con un 19,21 % de proteína y 7,43 % de grasa. Con dicha composición porcentual de la canal, para una GPCV de 12,09 g (Cuadro 2), se tiene que el animal gana 2,32 y 0,898 g/día de proteína y grasa, respectivamente.

La energía retenida como proteína (ER_p) es de 13,22 kcal/día y como grasa (ER_f) 8,35 kcal/día, para un total de energía de ganancia (ER_g) de 21,57 kcal/día, según el producto del contenido de proteína y grasa por sus respectivos equivalentes calóricos de 5,7 y 9,3 kcal/g para proteína y grasa, respectivamente (de Blas & Wisewan, 2020). Cabe resaltar que la composición de la canal depende de una gran serie de factores como el sistema de producción y de manejo, factores ambientales y genéticos, la dieta y el estado de salud, la edad, el sexo y el manejo reproductivo (Sánchez-Macías et al., 2018).

La energía requerida es de 33,05 y 12,84 kcal de ED/día para proteína y grasa, respectivamente, de acuerdo con la relación entre la ER_p y la ER_f con las eficiencias de 0,4 para proteína y 0,65 para grasa, según la energía digestible reportadas para conejos (de Blas & Wisewan, 2020). De la suma de estos valores (33,05 + 12,84 kcal) y con el uso del factor (0,93) para convertir en requerimientos de PV, el requerimiento total fue de 49,34 kcal de energía digestible para ganancia de peso vivo (ED_g). Los requerimientos de energía digestible total para un animal con las características del Cuadro 2, lo conforman la ED de mantenimiento y la ED de ganancia de peso (Cuadro 3).

Cuadro 3. Requerimientos de energía digestible (kcal/ día) y materia seca (g) para mantenimiento y ganancia de peso para cuyes (*Cavia porcellus*).

Table 3. Digestible energy (kcal/day) and dry matter (g) requirements for maintenance and weight gain for guinea pigs (*Cavia porcellus*).

Animal	ED _m	ED_ER _p	ED_ER _f	ED _g	ED total	*MS	MS _m	MS _g
Cuy	92,8	33,05	12,84	49,34	142,14	47,38	30,93	14,44

ED: energía digestible; *MS: materia seca, basada en una densidad energética del alimento de 3000 kcal ED/kg; ER_p: energía retenida como proteína; ER_f: energía retenida como grasa; MS_m: materia seca para el mantenimiento; MS_g: materia seca para la ganancia de peso. / ED: digestible energy; *MS: dry matter, based on a feed energy density of 3000 kcal ED/kg; ER_p: retained energy as protein; ER_f: retained energy as fat; MS_m: dry matter for maintenance; MS_g: dry matter for weight gain.

Con una densidad energética de 3000 kcal de ED/kg de MS de alimento, recomendado para cuyes por el NRC (1995), el consumo esperado se calculó en 47,38 g de MS por día (142,14/3000*1000), de estos, 30,93 g de MS son necesarios para cubrir las demandas de mantenimiento, mientras que 14,44 g se destinan a la ganancia de peso.

Con base en la ganancia de peso previamente establecida en 13 g/día, según el promedio general informado por Reynaga Rojas et al. (2020) para las razas Perú, Andina e Inti. El valor de 47,38 g/día de consumo de alimento en base seca coincide con los hallazgos reportados por Chauca-Francia et al. (2005) quienes observaron un consumo de 52,9 g/día de alimento balanceado en cuyes con un peso promedio de 760 g a las siete semanas de edad. Al trabajar con cuyes de la línea Perú alimentados con una dieta de 2840 kcal/kg de ED y un contenido de PB del 19,41%, se registraron un consumo de 45,9 g/día y una ganancia de peso de 13 g/día (Camino & Hidalgo, 2014). En una dieta de forraje y concentrado, se reportó un rango de consumo entre 43,93 (pasto 29 %: concentrado 71 %) a 51,09 g/día (pasto 23 %: concentrado 77 %) y unas ganancias de peso entre 11 a 12,3 g/día hasta las nueve semanas (Chauca de Zaldívar, 1997). Aunque los datos encontrados en la presente simulación son coherentes con la literatura, cabe aclarar que el consumo de alimento se incrementara en la medida que se aumente la ganancia de peso diaria o se reduzca la ED del alimento.

Es posible tomar como referente algunos datos de eficiencias de utilización de la energía obtenidos en conejos y extrapolarlos a los cuyes, pues según Trejo-Sánchez et al. (2019) existen similitudes en los requerimientos nutricionales de conejos y cuyes. Sin embargo, aunque la aproximación matemática realizada en el presente estudio indica que esto es posible, hay que tener en cuenta que los conejos se alimentan de manera más selectiva que los cuyes, debido a su capacidad inherentemente menor para digerir fibra, y tienen una carga digestiva de MS más baja que los cuyes por unidad de masa corporal (Franz et al., 2011). Además, se menciona que el cuy es más eficiente en la digestión de fibra cruda que el conejo (Vela-Román et al., 2024).

Conclusiones

Aunque la crianza de cuyes ha tomado importancia en la producción animal, no se reportan estudios de requerimientos de energía para ganancia y mantenimiento, por lo que los valores teóricos de energía estimados en este estudio pueden constituir una base para evaluar dietas con valores más aproximados a las necesidades nutricionales de los cuyes.

Los valores encontrados de 92,8 y 49,33 de EDM y EDg, respectivamente, pueden variar en función del peso vivo del animal, la ganancia de peso y el contenido de ED de la dieta.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación CEIBA por el apoyo financiero.

Referencias

- Airahuacho Bautista, F. E., & Vergara Rubín, V. (2017). 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.). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(2), 255–264. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13079>
- Anderson, R. R., & Chavis, D. D. (1986). Changes in macroingredients of guinea pig milk through lactation. *Journal of Dairy Science*, 69(9), 2268–2277. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80665-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80665-8)
- Ayagirwe, R. B., Meutchieye, F., Manjeli, Y., & Maass, B. L. (2018). Production systems, phenotypic and genetic diversity, and performance of cavy reared in sub-Saharan Africa: a review. *Livestock Research for Rural Development*, 30(6), Article 105. <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/ayagi30105.html>

- Barzegar, S., Wu, S.-B., Choct, M., & Swick, R. A. (2020). Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed. *Poultry science*, 99(1), 487–498. <https://doi.org/10.3382/ps/pez554>
- Bastianelli, D., & Sauvant, D. (1997). Modelling the mechanisms of pig growth. *Livestock Production Science*, 51(1–3), 97–107. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00109-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00109-7)
- Beltrán Guzmán, R. A. (2015). *Efecto de diferentes niveles de suplementación de energía y proteína sobre algunos indicadores metabólicos y productivos en el levante y engorde de cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de maestría, Universidad de Nariño]. Sistema Institucional de Recursos Digitales de la Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/1691>
- Benavides, B., Cisneros-López, H. D., & Peláez-Sánchez, R. G. (2021). Evidencia molecular de *Leptospira interrogans* sensu stricto en *Cavia porcellus* (cuyes) destinados para el consumo humano en el municipio de Pasto, Nariño. *Universidad Y Salud*, 24(1), 55–64. <https://doi.org/10.22267/rus.222401.258>
- Camino, J., & Hidalgo, V. (2014). Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 190–197. <https://doi.org/10.15381/rivep.v25i2.8490>
- Castro-Bedriña, J., & Chirinos-Peinado, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*, 5(2), Article txab019. <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>
- Castro-Bedriña, J., Chirinos-Peinado, D., & Quijada-Caro, E. (2022). Digestible and metabolizable energy prediction models in guinea pig feedstuffs. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 355–362. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2079647>
- Castro Bedriña, B. J., Chirinos Peinado, D., & Calderón Inga, J. (2018). Calidad nutricional del rastrojo de maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) en cuyes. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 410–418. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.13405>
- Caycedo Vallejo, A. J. (2000). *Experiencias investigativas en la producción de cuyes: contribución al desarrollo técnico de la explotación*. Universidad de Nariño.
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). *Producción de cuyes Cavia porcellus*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/W6562S/w6562s00.htm#TopOfPage>
- Chauca Francia, L., Muscari Greco, J., & Higaonna Oshiro, R. (2005). *Generación de líneas mejoradas de cuyes del alta productividad*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/338/1/Generacion_de_lineas_mejoradas.pdf
- Dalle Zotte, A., & Cullere, M. (2019). Carcass traits and meat quality of rabbit, hare, guinea pig and capybara. In J. Lorenzo, P. Munekata, F. Barba, & F. Toldrá (Eds.), *More than beef, pork and chicken – The production, processing, and quality traits of other sources of meat for human diet* (pp. 167–210). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_7
- de Blas, J. C., Fraga, M. J., & Rodríguez, J. M. (1985). Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits. *Journal of Animal Science*, 60(4), 1021–1028. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6041021x>
- de Blas, C., & Wisewan, J. (2020). *Nutrition of the rabbit* (3rd ed.). CAB International. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781789241273/>
- De Cuyper, A., Winkler, D. E., Tütken, T., Bosch, G., Hummel, J., Kreuzer, M., Muñoz Saravia, A., Janssens, G. P. J., & Clauss, M. (2022). Digestion of bamboo compared to grass and lucerne in a small hindgut fermenting herbivore, the guinea

- pig (*Cavia porcellus*). *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 337(2), 128–140. <https://doi.org/10.1002/jez.2538>
- Derrickson, E. M. (1992). Comparative reproductive strategies of altricial and precocial eutherian mammals. *Functional Ecology*, 6(1), 57–65. <https://doi.org/10.2307/2389771>
- Díaz Céspedes, M., Rojas Paredes, M. A., Hernández Guevara, J. E., Linares Rivera, J. L., Durand Chávez, L. M., & Moscoso Muñoz, J. E. (2021). Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) pelletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), Artículo e19654. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654>
- Fox, D. G., & Black, J. R. (1984). A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal of Animal Science*, 58(3), 725–739. <https://doi.org/10.2527/jas1984.583725x>
- Franz, R., Kreuzer, M., Hummel, J., Hatt, J. M., & Clauss, M. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay-only diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(5), 564–570. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01084.x>
- Halls, A. E. (2010). *Nutritional requirements for rabbits*. Nutreco Canada.
- Hernández Maya, C. F. (2015). *Efecto del sexo y edad de sacrificio sobre los quintos cuartos y la calidad de la canal de cuy* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/431>
- Hidalgo, V., & Valerio, H. (2020). Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), Artículo e17816. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17816>
- Higaonna, R., Muscari, J., Chauca, L., & Astete M., F. (2008). *Composición química de la carne de cuy (Cavia porcellus)*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/409>
- Hoppeler, H., & Weibel, E. R. (2005). Scaling functions to body size: theories and facts. *Journal of Experimental Biology*, 208(9), 1573–1574. <https://doi.org/10.1242/jeb.01630>
- Hulbert, A. J., & Else, P. L. (2004). Basal metabolic rate: history, composition, regulation, and usefulness. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77(6), 869–876. <http://dx.doi.org/10.1086/422768>
- Kassa Zewdie, A. (2019). The different methods of measuring feed digestibility: A Review. *EC Nutrition*, 14(1), 68–74. <https://ecronicon.net/assets/ecnu/pdf/ECNU-14-00542.pdf>
- Keeble, E. (2023). Guinea pig nutrition: what do we know? *In Practice*, 45(4), 200–210. <https://doi.org/10.1002/inpr.309>
- Kouakou, N. D. V., Grongnet, J.-F., Assidjo, N. E., Thys, E., Marnet, P.-G., Catheline, D., Legrand, P., & Kouba, M. (2013). Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.). *Meat Science*, 93(4), 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.036>
- Kozloski, G. V., Teixeira da Rocha, J. B., & Santorio Ciocca, M. de L. (2001). Visceral metabolism and efficiency of energy use by ruminants. *Ciência Rural*, 31(5), 909–915. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000500030>
- Künkele, J. (2000). Energetics of gestation relative to lactation in a precocial rodent, the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Journal of Zoology*, 250(4), 533–539. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2000.tb00794.x>

- Latshaw, J. D., & Moritz, J. S. (2009). The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1), 98–105. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00161>
- Lofgreen, G. P., & Garrett, W. N. (1968). A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal science*, 27(3), 793–806. <https://doi.org/10.2527/jas1968.273793x>
- Gittleman, J. L., & Thompson, S. D. (1988). Energy Allocation in Mammalian Reproduction. *American zoologist*, 28(3), 863–875. <http://www.jstor.org/stable/3883385>
- Marcondes, M. I., Lopes da Silva, A., Pies Gionbelli, M., & de Campos Valadares Filho, S. (2016). *Exigências de energia para bovinos de corte*. BR-Corte. <https://www.brcorte.com.br/assets/book2016/br/c7.pdf>
- Marín-García, P. J., López-Luján, M. C., Ródenas, L., Martínez-Paredes, E., Cambra-López, M., Blas, E., & Pascual, J. J. (2021). Do growing rabbits with a high growth rate require diets with high levels of essential amino acids? A Choice-Feeding Trial. *Animals*, 11(3), Article 824. <https://doi.org/10.3390/ani11030824>
- Matin, C. M., & Ostwald, R. (1975). Food intake and growth of guinea pigs fed a cholesterol-containing diet. *The Journal of Nutrition*, 105(5), 525–533. <https://doi.org/10.1093/jn/105.5.525>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition* (7th ed.). Prentice Hall-Pearson.
- Michel, C., Chastel, O., & Bonnet, X. (2011). Ambient temperature and pregnancy influence cortisol levels in female Guinea pigs and entail long-term effects on the stress response of their offspring. *General and Comparative Endocrinology*, 171(3), 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.02.007>
- Morales, A., Carcelén, F., Ara, M., Arbaiza, T., & Chauca, L. (2011). Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22(3), 177–182. <https://doi.org/10.15381/rivep.v22i3.254>
- National Research Council. (1995). *Nutrient requirements of laboratory animals* (4th ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4758>
- Ngoula, F., Tekam, M. G., Kenfack, A., Tadondjou Tchingo, C. D'A., Nouboudem, S., Ngoumtsop, H., Tsafack, B., Tegua, A., Kamtchouing, P., Galeotti, M., & Tchoumboue, J. (2017). Effects of heat stress on some reproductive parameters of male cavie (*Cavia porcellus*) and mitigation strategies using guava (*Psidium guajava*) leaves essential oil. *Journal of Thermal Biology*, 64, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.001>
- Old, C. A., Lean, I. J., & Rossow, H. A. (2019). Mathematical absurdities in the California net energy system. *Translational Animal Science*, 3(3), 1018–1028. <https://doi.org/10.1093/tas/txz020>
- Partridge, G. G., Garthwaite, P. H., & Findlay, M. (1989). Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fiber. *The Journal of Agricultural Science*, 112(2), 171–178. <https://doi.org/10.1017/S0021859600085063>
- Patiño Burbano, R. E., Cardona-Iglesias, J. L., Carlosama-Ojeda, L. D., Potillo-López, P. A., & Moreno, D. C. (2019). Parámetros zootécnicos de *Cavia porcellus* en sistemas productivos de Nariño y Putumayo (Colombia). *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(3), 29–41. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.3.3>
- Posada, S. L., Noguera, R. R., Rodríguez, N. M., Borges, A. L., & Reis, R. (2012). Exigências energéticas para gado de corte: conceitos e resultados experimentais em condições tropicais. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 24(4), 623–633. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324722>

- Ramos Obando, L. (2013). *Determinación de perfiles metabólicos en fase de levante y ceba de Cuyes (Cavia Porcellus), bajo diferentes tipos de dietas* [Tesis de maestría, Universidad de Nariño]. Sistema Institucional de Recursos Digitales de la Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/1808/>
- Reynaga Rojas, M. F., Vergara Rubín, V., Chauca Francia, L., Muscari Greco, J., & Higaonna Oshiro, R. (2020). Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) de las razas Perú, Andina e Inti. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), Artículo e18173.
- Romero Yanke, J. R. (2021). *Determinación de metano en cuyes (Cavia porcellus) bajo una alimentación con forrajes (alfalfa y avena) en altura* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14897>
- Salazar, F. (2005). Utilización y pérdidas de nitrógeno en aplicación de purines y estiércol de lechería. *Tierra Adentro*, 2005(enero-febrero), 23–25. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6138>
- Sánchez-Macías, D., Barba-Maggi, L., Morales-delaNuez, A., & Palmay-Paredes, J. (2018). Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Science*, 143, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.004>
- Sarria Bardales, J. A., Vergara Rubín, V., Cantaro Segura, J. L., & Rojas, P. A. (2019). Evaluación de niveles de energía digestible en dos sistemas de alimentación en la respuesta productiva y reproductiva de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1515–1526. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17173>
- Short, R. V. (1985). Today's and tomorrow's contraceptives. In C. R. Austin, & R. V. Short (Eds.). *Reproduction in mammals* (2nd ed., pp. 48–89). Cambridge University Press.
- Trejo-Sánchez, F., Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Martínez-García, J. A., & Villarreal-Espino-Barros, O. A. (2019). Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. *Revista MVZ Córdoba*, 24(3), 7286–7290. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1384>
- Vargas-Romero, J., Losada-Custardoy, H., Cortés-Zorrilla, J., Alemán-López, V., Vieyra-Durán, J., & Luna-Rodríguez, L. (2020). Propuesta gastronómica con *Cavia porcellus*. *Abanico Veterinario*, 10, 1–12. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.31>
- Vela-Román, L., Césare-Coral, M., Norabuena-Meza, E., Valderrama Rojas, M. T., Paitan-Anticona, E., Airahuacho-Bautista, F., & Sotelo-Méndez, A. (2024). Digestibility and estimation of digestible energy of palm kernel (*Elaeis guineensis*) cake in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Livestock Research for Rural Development*, 36(2), Article 12. <http://www.lrrd.org/lrrd36/2/3612fair.html>
- Vignale Lake, K. (2010). *Evaluación de diferentes niveles de energía y proteína cruda en cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento en crianza comercial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1726>
- Weiss, W. P., & Tebbe, A. W. (2019). Estimating digestible energy values of feeds and diets and integrating those values into net energy systems. *Translational Animal Science*, 3(3), 953–961. <https://doi.org/10.1093/tas/txy119>
- Witkowska, A., Price, J., Hughes, C., Smith, D., White, K., Alibhai, A., & Rutland, C. S. (2017). The effects of diet on anatomy, physiology and health in the guinea pig. *Journal of Animal Health and Behavioural Science*, 1(1), Article 1000103. <https://www.hilarispublisher.com/abstract/the-effects-of-diet-on-anatomy-physiology-and-health-in-the-guinea-pig-32044.html>