



Artículo científico

Contenido de cenizas en alimentos importados para mascotas en Costa Rica¹

Rodolfo WingChing-Jones², André Cedeño-López³

RESUMEN

El conocimiento del aporte real de los alimentos para animales de interés zootécnico permite el desarrollo de dietas y prácticas de alimentación que contribuyan a cubrir los requerimientos nutricionales diarios, favoreciendo una adecuada condición corporal, peso y estado de salud de los animales. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de cenizas en 34 alimentos balanceados importados y comercializados en Costa Rica para diversas especies de animales de compañía, y estimar el efecto de considerar o no este valor en el cálculo de los carbohidratos totales sobre el suministro de alimento en perros y gatos. Las muestras fueron analizadas en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica mediante la metodología AOAC 942.05 para la determinación del contenido de cenizas. Los contenidos de cenizas (%) presentaron valores promedio de $6,08 \pm 0,94$ en perro adulto; $8,16 \pm 1,58$ en perro cachorro; $7,46 \pm 0,83$ en gato adulto; $7,65 \pm 0,83$ en gato cachorro; $6,21 \pm 2,22$ en hámster; $6,81 \pm 0,19$ en conejo; $9,13 \pm 1,24$ en peces ornamentales y $11,72 \pm 8,79$ en tortugas. La omisión del contenido de cenizas en la estimación de los carbohidratos totales genera una sobreestimación del aporte energético de aproximadamente 35 kcal/kg por cada punto porcentual de cenizas no considerado, con un efecto lineal en la reducción de la cantidad de alimento ofrecido. Este impacto varía entre especies, con diferencias estimadas entre 175 y 838,25 kcal/kg de

¹ Este trabajo fue un objetivo de los proyectos de investigación de la Universidad de Costa Rica VI-739-B8-018 Contenido de metales pesados en alimentos para mascotas y el VI-739-B8-019 Cumplimiento del análisis de garantía en alimentos importados para mascotas.

² Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: rodolfo.wingching@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-8009-2210>).

³ Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica. Correo electrónico: andre.cedeno@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-3436-5940>).

Recibido: 04 noviembre, 2025 Aceptado: 08 julio, 2026

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



alimento. En conjunto, el contenido de cenizas influye en la estimación de la energía metabolizable en alimentos para animales de compañía, y su omisión puede conducir a una sobreestimación del aporte energético del alimento.

Palabras clave: sobreestimación de nutrientes, nutrición de mascotas, estimación de energía, nivel alimenticio, consumo de alimento.

ABSTRACT

Ash content of imported pet foods in Costa Rica. Understanding the true nutrient contribution of feeds for production animals is essential for the development of diets and feeding practices that meet daily nutritional requirements, supporting appropriate body condition, weight, and overall animal health. The objective of this study was to determine the ash content of 34 imported complete pet foods marketed in Costa Rica for different companion animal species and to estimate the effect of including or excluding this value in the calculation of total carbohydrates on the recommended feeding amount for dogs and cats. Samples were analyzed at the Animal Nutrition Research Center (CINA) of the University of Costa Rica using the AOAC 942.05 method for ash determination. Ash content (%) showed mean values of 6.08 ± 0.94 in adult dogs; 8.16 ± 1.58 in puppies; 7.46 ± 0.83 in adult cats; 7.65 ± 0.83 in kittens; 6.21 ± 2.22 in hamsters; 6.81 ± 0.19 in rabbits; 9.13 ± 1.24 in ornamental fish; and 11.72 ± 8.79 in turtles. The omission of ash content in the estimation of total carbohydrates leads to an overestimation of energy content of approximately 35 kcal/kg for each percentage point of ash not considered, with a linear effect on the reduction of the amount of feed offered. This impact varies among species, with estimated differences ranging from 175 to 838.25 kcal/kg of feed. Overall, ash content influences the estimation of metabolizable energy in pet foods, and its omission may lead to an overestimation of the energy contribution of the feed.

Keywords: nutrient overestimation, pet nutrition, energy estimate, feeding level, feed intake.

INTRODUCCIÓN

Las cenizas resultan de un proceso que logra la combustión completa de la materia orgánica, y, por ende, agrupan todos los componentes inorgánicos del material analizado (Quirino et al., 2022). En alimentos para animales, este contenido es relevante debido a que participa de manera indirecta en la estimación del contenido de energía, al ser parte de la ecuación utilizada para el cálculo del porcentaje de carbohidratos totales (Torres-Vargas y WingChing-Jones, 2021), y por agrupar los minerales de importancia nutricional (Ca, P, Na, Cl, Mg, S, Cu, Mn, Co, Y, Fe, Se, Zn, Cr) (Cedeño-López y WingChing-Jones, 2022), como también elementos pesados (As, Cd, Hg, Pb, Al, Mo, F) (Naranjo-Jiménez y WingChing-Jones, 2023) que puedan generar cambios en la salud de los animales (Hejna et al., 2018).

En Costa Rica, la fabricación y comercialización de alimentos para mascotas se rige por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 65.05.52.11, Productos utilizados en Alimentación Animal y Establecimientos: Requisitos de Registro Sanitario y Control (N.º 37279-COMEX-MEIC-MAG). Este reglamento establece la información nutricional garantizada que debe declararse en la etiqueta de los productos.

Dentro de los parámetros de declaración obligatoria se incluyen el porcentaje máximo de humedad, proteína (incluyendo proteína equivalente de nitrógeno no proteico cuando se adiciona al alimento) y fibra cruda; así como los valores mínimos de proteína cruda, extracto etéreo y energía calculada. Además, se establecen rangos mínimos y máximos para minerales como calcio (Ca), fósforo (P) y sal (NaCl), y la declaración de otros minerales y vitaminas cuando estos son garantizados en la etiqueta (Ley N.º 6883 de 1963). Sin embargo, dentro de estos requisitos de declaración no se incluye de forma explícita el contenido de cenizas, a pesar de su relevancia en la estimación de la composición nutricional del alimento.

El contenido de cenizas es una variable considerada en la estimación de la energía metabolizable en alimentos para mascotas (Hodgkinson et al., 2004; Torres Vargas y WingChing-Jones, 2021). La energía metabolizable se calcula a partir del aporte energético

de los compuestos proteicos (PC), grasas (G) y carbohidratos totales (ELN), utilizando factores de Atwater modificados mediante la ecuación: $EM \text{ (kcal/kg)} = 10 \times [(3,5 \times PC) + (8,5 \times G) + (3,5 \times ELN)]$ (Hall et al., 2013).

El contenido de cenizas interviene en la estimación de los carbohidratos totales (% CHOs), ya que esta fracción se obtiene por diferencia a partir de la composición proximal de la muestra: $\% \text{ CHOs} = 100 - (H + PC + EE + FC + Ce)$. En consecuencia, la omisión del contenido de cenizas conduce a una sobreestimación de los carbohidratos totales, lo que incrementa el aporte energético estimado del alimento y reduce la cantidad de alimento requerida para cubrir los requerimientos del animal (Hodgkinson et al. 2004; Torres Vargas y WingChing-Jones 2021).

Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de cenizas en 34 alimentos balanceados importados y comercializados en Costa Rica para perros, gatos, conejos, hámsteres, tortugas y peces ornamentales, y generar una estimación en el suministro de alimentos tal como ofrecida para perros y gatos al considerar o no el valor de cenizas en la estimación de los carbohidratos totales y su impacto en la nutrición práctica de animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las muestras

Las muestras fueron adquiridas durante los meses de agosto y diciembre de 2018, como parte del desarrollo de dos trabajos finales de graduación realizados en la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, relacionados con la determinación del perfil mineral (Cedeño-López y WingChing-Jones, 2022) y la presencia de metales pesados (Naranjo-Jiménez y WingChing-Jones, 2023) en alimentos importados para mascotas. Se trabajó con 34 muestras comerciales de alimento balanceado disponibles en el mercado para perros adultos (14,7%) y cachorros (14,7%) (*Canis lupus familiaris*), gatos adultos (14,7%) y cachorros (14,7%) (*Felis catus*), hámsteres (8,8%) (*Mesocricetus auratus*), conejos

(6%) (*Oryctolagus cuniculus*), peces ornamentales de agua dulce (14,7%) (*Carassius sp.* y *Betta sp.*) y tortugas (11,7%) (*Trachemy sp.*).

Análisis de cenizas

Las muestras fueron procesadas en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica, según lo descrito por Cedeño-López y WingChing-Jones (2022), donde todo el contenido del material fue entregado para su análisis. Para la determinación del contenido de cenizas se utilizó la metodología AOAC 942.05, con modificaciones implementadas por el laboratorio (AOAC, 2005), donde 2 gramos previamente molidos a 1 mm de grosor se colocaron en un crisol de porcelana y luego se ubicaron en una estufa a una temperatura entre 550 y 600 °C por 120 minutos. Por último, el crisol de porcelana con la muestra incinerada se dejó enfriar y luego se pesó en una balanza analítica ($\pm 0,001$ g). El contenido de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(m_{\text{crisol} + \text{residuo}} - m_{\text{crisol}})}{m_{\text{muestra}}} \times 100$$

donde:

- $m_{\text{crisol} + \text{residuo}}$: masa del crisol con el residuo después de la incineración (g).
- m_{crisol} : masa del crisol vacío (g).
- m_{muestra} : masa de la muestra analizada (g).

Estimación del impacto de la sobrestimación de energía en la nutrición de perros y gatos

Los datos analizados respecto a la diferencia entre los gramos de alimento y calorías sobreestimadas, a partir de los valores de ceniza no reportados, se utilizó para simular de forma teórica el efecto que tendría en el metabolismo energético en perros adultos de tres tallas: pequeña, mediana y grande (2,5, 13 y 30 kg, respectivamente) y en gatos adultos de dos tallas: talla promedio (3,5 kg) y talla grande (7,5 kg) (Montoya et al., 2025).

Los requerimientos energéticos de perros y gatos utilizados se basaron en las fórmulas propuestas por las guías nutricionales de FEDIAF (2021), donde la energía metabolizable

diaria para perros con baja actividad (menos de 1 hora, baja intensidad) (kcal) se calculó siguiendo la siguiente formula: $95 \times \text{peso vivo (PV)} \text{ kg}^{0,75}$. Mientras que en el caso de un gato en interiores y castrados se utilizó: $52 \times \text{PV} \text{ kg}^{0,67}$.

La densidad energética del alimento utilizado para el ejercicio fue la misma empleada en el cálculo de la relación entre el contenido de cenizas no declarado y la sobreestimación del contenido energético (3000 kcal/kg EM). Para el porcentaje de cenizas no declarado se utilizó el promedio del contenido de cenizas encontrado en el grupo de alimentos para perros adultos (6%) y gatos adultos (8%), determinado en este estudio. Adicionalmente, para ejemplificar el impacto del contenido de cenizas en distintos alimentos, se utilizaron niveles crecientes de energía y de contenido de cenizas en comparación con los valores empleados en el ejercicio de estimación de la sobreestimación energética descrito previamente.

Análisis de la información

Los datos obtenidos del contenido de cenizas se analizaron utilizando estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) (Quintana, 1996). Para estimar la sobreestimación del contenido energético asociada a la omisión del contenido de cenizas en el cálculo de los carbohidratos totales, se consideró que cada unidad porcentual de cenizas no declarada en el alimento balanceado correspondía a una unidad porcentual de CHOs presente en la muestra. Para estimar el aporte de energía metabolizable de los carbohidratos totales, se aplicó el factor de Atwater modificado (3,5 kcal/g), multiplicando la cantidad estimada de CHOs por dicho factor. La diferencia entre el contenido de cenizas real y el no declarado se asumió como una fracción adicional de estos compuestos, lo que permitió estimar la sobreestimación del contenido energético atribuible a la omisión de las cenizas en el cálculo (Hall et al., 2013). Para estimar la reducción en la cantidad de alimento tal como ofrecido, se utilizó un alimento con una densidad energética de 3000 kcal/kg. La cantidad de alimento correspondiente a las kilocalorías sobreestimadas se calculó dividiendo la energía sobreestimada (kcal) entre la densidad energética del alimento y convirtiendo el resultado a gramos.

RESULTADOS

En las muestras de alimento analizadas para las seis especies de interés zootécnico, el contenido de cenizas presentó valores entre 5,0 y 23,95% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de cenizas en alimentos para perros, gatos, hámster, tortugas, conejos y peces ornamentales, importados y comercializados en San José, Costa Rica.

Alimento	Valor*	Cenizas %
Perro adulto (n=5)	m	5,07
	M	7,29
	X	6,08
	s	0,94
Perro cachorro (n=5)	m	6,65
	M	10,11
	X	8,16
	s	1,58
Gato adulto (n=5)	m	5,73
	M	8,77
	X	7,46
	s	1,11
Gato cachorro (n=5)	m	6,64
	M	8,95
	X	7,65
	s	0,83
Hámster (n=3)	m	3,81
	M	8,18
	X	6,21
	s	2,22
Conejo (n=2)	m	6,67
	M	6,94
	X	6,81
	s	0,19
Peces ornamentales (n=5)	m	7,60
	M	10,61
	X	9,13
	s	1,24
Tortuga (n=4)	m	5,18
	M	23,95
	X	11,72
	s	8,79

* m: mínimo, M: máximo, X: promedio, s: desviación estándar.

En el caso específico de los alimentos analizados de perros cachorros, gato adulto, hámster, peces ornamentales y tortugas, la dispersión de los resultados fue alta en comparación al valor promedio. Caso contrario, en las muestras de perro adulto, gato cachorro y los conejos, con valores menores a 1 en su desviación estándar.

El impacto de no considerar el contenido de cenizas en la estimación de la energía metabolizable de los alimentos da como resultado que por cada porcentaje de ceniza no declarado en la etiqueta o en el empaque del alimento, se da una sobreestimación de 35 kcal/kg del contenido de energía metabolizable, y genera un efecto lineal en la reducción del alimento ofrecido según los valores empleados en esta simulación (Cuadro 2). Lo cual podría generar fluctuaciones en el contenido de energía según la especie animal, variando entre 175 y 838,25 kcal/kg de alimento.

En cuanto a la nutrición práctica, la diferencia entre una ración calculada con energía sobrestimada, por no considerar el efecto del contenido de cenizas, y de una ración calculada con la EM real del alimento aumenta conforme lo hace el requerimiento energético del animal (Cuadro 3). Este requerimiento, a su vez, aumenta con el incremento en el peso vivo. Sin embargo, la proporción relativa de este déficit de energía sobrestimada, respecto al requerimiento energético diario del animal, presentó pocas variaciones sin importar el aumento en el peso vivo.

Cuadro 2. Relación del contenido de cenizas no declarado, la sobrestimación del aporte energético y la reducción en la cantidad de alimento ofrecida.

Cenizas no declaradas (%)	Carbohidratos sobreestimados (%)	Energía metabolizable sobreestimada (Kcal/kg)	Reducción del alimento tal como ofrecida (g)*
1	1	35	12
2	2	70	23
3	3	105	35
4	4	140	47
5	5	175	58
6	6	210	70
7	7	245	82
8	8	280	93
9	9	315	105
10	10	350	117
11	11	385	128
12	12	420	140
13	13	455	152
14	14	490	163
15	15	525	175

* Cálculo realizado para un alimento con 3 000 kcal/kg de energía metabolizable.

Cuadro 3. Estimación del impacto de la sobrestimación de energía por contenido de cenizas no declarado en la nutrición de perros y gatos adultos

Especie	Perro (kg)			Gato (Kg)	
Peso (kg)	2,5	13,0	30,0	3,5	7,5
Requerimiento (kcal/día)	188,9	650,4	1217,8	145,8	243,0
Ración diaria EM sobrestimada (g)	58,9	202,5	379,4	44,5	74,1
Ración diaria EM real (g)	63,0	217,0	406,0	48,7	81,0
Diferencia entre raciones (g)	-4,1	-14,5	-26,6	-4,2	-6,9
Diferencia entre raciones (kcal EM)	12,4	43,5	79,8	12,5	20,7
Déficit energético (%)	6,5	6,7	6,6	8,5	8,5

En las Figuras 1 y 2 se presenta la relación entre el contenido de cenizas y su efecto sobre la nutrición energética en perros y gatos. Se observa que este efecto relativo varía según la talla del animal. En particular, la diferencia en la cantidad de alimento ofrecido aumenta a

medida que incrementa la talla del animal; sin embargo, el porcentaje de déficit energético calculado se mantiene constante entre los distintos tamaños corporales.

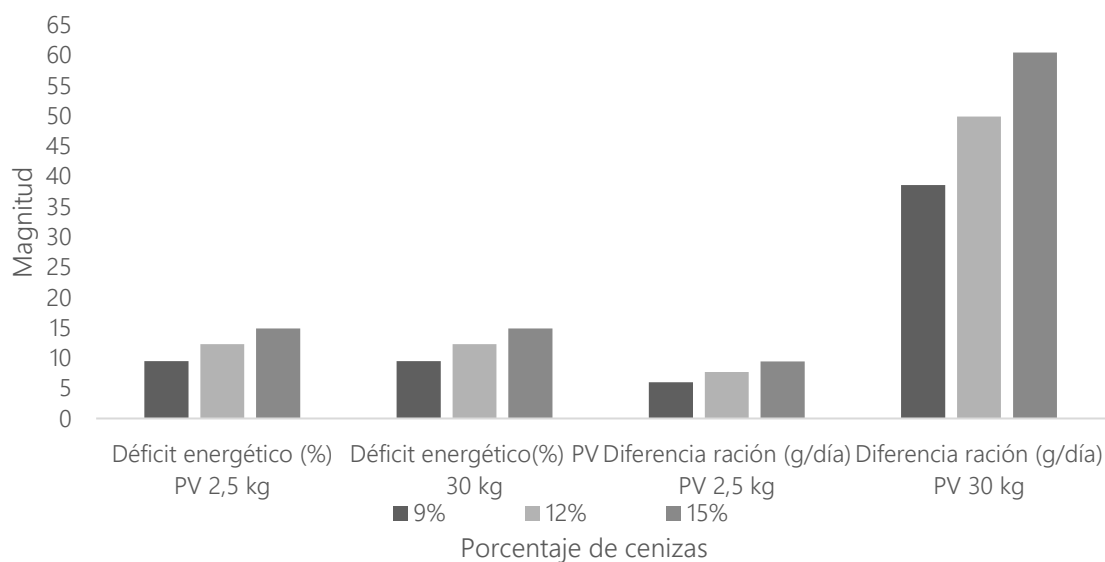


Figura 1. Déficit energético y de alimento calculado en perros según diferentes niveles de ceniza en el alimento balanceado.

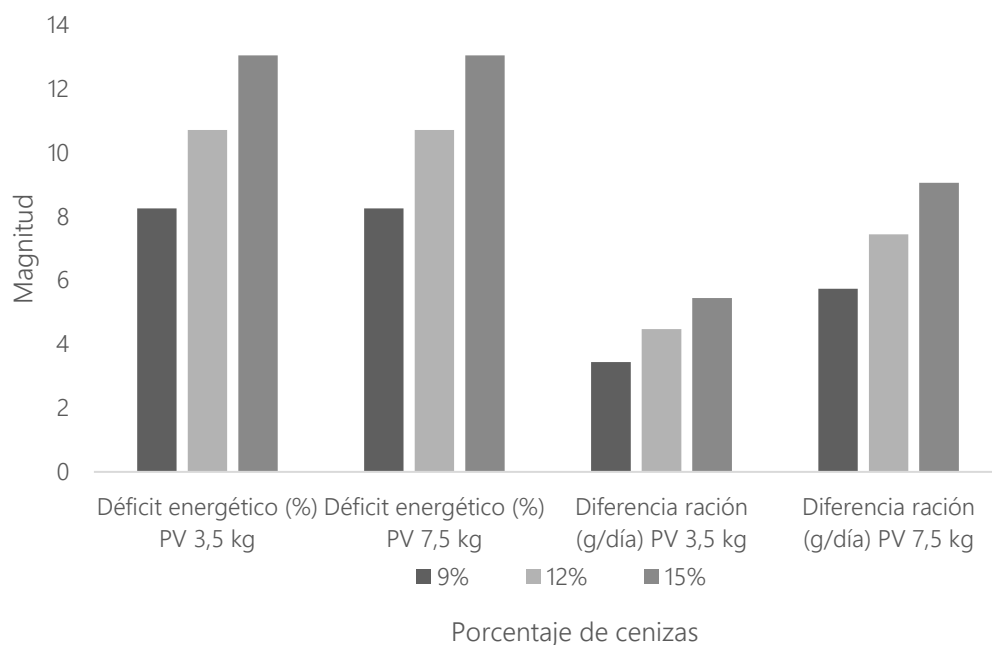


Figura 2. Déficit energético y de alimento calculado en gatos según diferentes niveles de ceniza en alimento balanceado.

DISCUSIÓN

Conocer el aporte de nutrimentos que brindan los alimentos balanceados a los animales de interés zootécnico, es de suma importancia para el cumplimiento de los requerimientos nutricionales, según las características fisiológicas y de manejo de cada individuo (Davies et al., 2017; Marchi et al., 2025; NRC, 1977; NRC, 1995 y NRC, 2006).

La estimación del contenido de carbohidratos totales y, en consecuencia, de la energía metabolizable puede generar una sobreestimación o subestimación del aporte real del alimento cuando no se considera el contenido de cenizas. Esta problemática también puede presentarse cuando los valores utilizados no provienen de análisis de laboratorio certificados (Cedeño-López y WingChing-Jones, 2022) o cuando se emplea la información del análisis garantizado presente en la etiqueta (Hill et al., 2009), dado que estos datos no siempre reflejan con precisión la composición real del alimento.

Los factores de Atwater modificados se utilizan para la estimación de la energía metabolizable en alimentos para mascotas (Cedeño-López y WingChing-Jones, 2022). Estos factores consideran un aporte energético de 8,5 kcal/g de extracto etéreo (EE) y de 3,5 kcal/g para la proteína cruda y los carbohidratos totales (Hall et al., 2013). En este contexto, una variación de una unidad porcentual en la composición del alimento puede generar una sobreestimación o subestimación de aproximadamente 85 kcal/kg para la grasa y 35 kcal/kg para la proteína y los carbohidratos. Impacto que según la especie de interés zootécnico con la cual se esté trabajando va a ser diferente, al considerar variaciones en el consumo voluntario de alimento, peso vivo, condiciones ambientales, estado fisiológico, requerimientos nutricionales y la cantidad de alimento (g/d) que se requiere para alcanzar el requerimiento nutricional (Silva et al., 2026).

Estas variaciones en la estimación energética pueden reflejarse en el animal mediante cambios como pérdida o ganancia de peso, así como alteraciones en la condición del pelaje, incluyendo un aspecto hirsuto o sin brillo (Fascetti, 2010). Sumado a un posible compromiso de la salud y el bienestar de la mascota, mayor susceptibilidad a enfermedades

(Shefat y Karim (2018), desórdenes gastrointestinales, desbalances nutricionales, diabetes (Silva et al., 2026) y fragilidad de los huesos o caparazón (Hetényi y Andrássofszky, 2022).

Por otro lado, seguir recomendaciones alimenticias presentes en las etiquetas o empaques de los alimentos no son una guía adecuada, ya que no contemplan las características individuales de manejo, alimentación y ambiente que cada mascota podría presentar, lo que hace compleja la recomendación alimenticia. Por tal motivo, el acompañamiento de una persona especialista en nutrición animal es esencial (Torres-Vargas y WingChing-Jones, 2021).

Los valores de cenizas podrían generar fluctuaciones tanto positivas como negativas en el aporte de energía, dependiendo del caso y de la especie de interés zootécnico, con variaciones estimadas entre 200 y 300 cal/g, según lo observado en esta investigación. Estas concentraciones podrían incidir en la condición corporal de los animales y predisponerlos a enfermedades de origen metabólico, comprometiendo su bienestar general (Montoya et al., 2025).

Un aspecto relevante en el manejo alimenticio es la diferencia entre proporcionar un alimento con el objetivo de cubrir la saciedad y su función como fuente de nutrientes. Problemática que en animales de compañía se alcanza de manera rápida, debido a que la oferta de alimento se transforma en una herramienta para modificar el comportamiento del animal confinado, y promueve en la persona una sensación de comunicación (Koscinczuk, 2017). En este contexto, una oferta alimentaria que exceda los requerimientos energéticos puede, de forma sostenida, contribuir a un incremento en la condición corporal, lo cual se asocia con un riesgo de sobrepeso y obesidad, afectando la calidad de vida y el bienestar del animal (Kumar et al., 2024). En el presente estudio, este planteamiento se aborda desde un escenario teórico en el cual se analiza la sobreestimación del aporte energético del alimento.

En relación con la estimación del impacto nutricional en perros y gatos, la diferencia asociada a la sobrestimación de energía por la omisión del contenido de cenizas aumenta con la talla del animal. Esto se explica porque el requerimiento energético está relacionado

con el peso vivo (FEDIAF, 2021), de modo que animales de mayor tamaño requieren mayores cantidades de alimento para cubrir sus necesidades energéticas, en comparación con animales de menor talla que consumen el mismo alimento (Marchi et al., 2025).

Las variaciones observadas en el porcentaje de déficit energético diario fueron mínimas y constantes entre tamaños corporales, lo cual se explica por las condiciones establecidas en el modelo, en el que se asumieron valores fijos de contenido de cenizas y densidad energética del alimento. En este contexto, el “déficit energético” hace referencia a una diferencia teórica derivada del modelo de estimación, y no a una condición fisiológica del animal. En conjunto, los resultados indican que el contenido de cenizas constituye el principal factor asociado a la sobreestimación energética del alimento dentro del marco del modelo propuesto, independientemente del tamaño del animal.

CONSIDERACIONES FINALES

El contenido de cenizas en los alimentos para animales de compañía constituye un factor relevante en la estimación de los carbohidratos totales y, en consecuencia, en el cálculo de la energía metabolizable. Su omisión puede conducir a una sobreestimación del aporte energético del alimento, lo que se traduce en una reducción teórica de la cantidad de alimento ofrecido para cubrir los requerimientos energéticos estimados.

Este efecto se observa de manera consistente en los escenarios evaluados para perros y gatos, y puede extrapolarse de forma general a otras especies de animales de compañía bajo las condiciones del modelo utilizado. En este contexto, los resultados deben interpretarse considerando que se derivan de un enfoque teórico basado en supuestos fijos de composición del alimento.

En conjunto, la sobreestimación energética asociada a la omisión del contenido de cenizas podría influir en la estimación del suministro alimenticio, con posibles implicaciones sobre el balance energético del animal.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
- Cedeño-López, A. & WingChing-Jones, R. (2022). Perfil mineral de los alimentos importados para mascotas en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 33 (2), A47078, <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47078>
- Davies, M., Alborough, R., Jones, L., Davis, C., Williams, C. & Gardner, D. (2017). Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines. *Scientific Reports*, 7: 17107, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17159-7>
- Fascetti, A. (2010). Nutritional management and disease prevention in healthy dogs and cats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (Supl. 1), 42-51. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001300006>
- FEDIAF. (2021). *Nutritional Guidelines: For complete and complementary pet food for cats and dogs*. European Pet Food Industry Federation. <https://europeanpetfood.org/wp-content/uploads/2022/03/Updated-Nutritional-Guidelines.pdf>.
- Hall, J. A., Melendez, L. D., & Jewell, D. E. (2013). Using gross energy improves metabolizable energy predictive equations for pet foods whereas undigested protein and fiber content predict stool quality. *PLOS ONE*, 8 (1), e54405. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054405>
- Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M. & Rossi, L. (2018). Review: Nutritional ecology of heavy metals. *Animal*, 12 (10), 2156-2170. <https://doi.org/10.1017/S175173111700355X>
- Hetényi, N., & Andrássofszky, E. (2022). Evaluation of commercial tortoise and turtle feeds. *Slovenian Veterinary Research*, 59(3), 137-47. <https://doi.org/10.26873/SVR-1216-2022>

- Hill, R., Choate, C., Scott, K., & Molenberghs, G. (2009). Comparison of the guaranteed analysis with the measured nutrient composition of commercial pet foods. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234 (3), 347-351, <https://doi.org/10.2460/javma.234.3.347>
- Hodgkinson, S.M., Rosales, C.E., Alomar, D. & Boroschek, D. (2004). Evaluación químico-nutricional de alimentos secos comerciales en Chile para perros adultos en mantenimiento. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 36(2),173-181. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2004000200008>
- Koscinczunk, P. (2017). Domesticación, bienestar y relación entre el perro y los seres humanos. *Revista Veterinaria*, 28(1), 78-87. www.scielo.org.ar/pdf/revet/v28n1/v28n1a15.pdf
- Kumar, R., Goswami, M., & Pathak, V. (2024). Innovations in pet nutrition: Investigating diverse formulations and varieties of pet food: Mini review. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 12 (1), 29-32. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2024.12.00302>
- Marchi, P.H., Príncipe, L.d.A., Finardi, G.L.F., Oliveira, N.M.C.d., Moreno, G.P.T., Pappalardo, M.C.F., Trindade, F.S., Balieiro, J.C.d.C. & Vendramini, T.H.A. (2025). Retrospective Study of Energy Requirement Recommendations for Dogs in a Brazilian Veterinary Hospital (2013–2025). *Animals*, 15, 2226. <https://doi.org/10.3390/ani15152226>
- Montoya, M., Péron, F., Hookey, T., Morrison, J., German, A., Gaillard, V., & Flanagan, J. (2025). Overweight and obese body condition in ~4.9 million dogs and 1.3 million cats seen at primary practices across the USA: Prevalences by life stage from early growth to senior. *Preventive Veterinary Medicine*, 235, 106398, <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106398>
- Naranjo-Jiménez, C. & WingChing-Jones, R. (2023). Arsénico, cadmio, mercurio y plomo en alimentos importados para mascotas en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 34 (1), A 48399, <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.48399>
- NRC (National Research Council). (1977). Nutrient requirements of rabbits (2nd ed.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/35>
- NRC (National Research Council). (1995). Nutrient requirements of laboratory animals (4th ed.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4758>

- NRC (National Research Council). (2006). Nutrient requirements of dogs and cats. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10668>
- Quintana, C. (1996). Elementos de inferencia estadística. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Quirino, D., Palma, M., Franco, M., & Detmann, E. (2022). Variations in methods for quantification of crude ash in animal feeds. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 106 (1), 6-13. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac100>
- Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 65.05.52.11 Productos Utilizados en Alimentación Animal y Establecimientos. Requisitos de Registro Sanitario y Control.* (14 de mayo de 2012). Sistema Costarricense de Información Jurídica. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=73269&nValor3=89862&strTipM=TC
- Shefat, S., & Karim, M. (2018). Nutritional diseases off ish in aquaculture and their management: A review. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 50-58. <https://actascientific.com/ASPS/pdf/ASPS-02-0171.pdf>
- Silva, A., Tavares, F., & de Ávila S. (2026). Nutritional assessment of comercial diets for small rodents and rabbits: Impacts of inadequate nutrition. *Peer Review*, 8(2), 1541-1389. <https://doi.org/10.53660/PRW-2783-5055>
- Torres-Vargas, M. & WingChing-Jones, R. (2021). Recomendaciones nutricionales de alimentos balanceados de perros y gatos registrados en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13 (2), e3385, <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3385>