Bioagrociencias
ISSN 2007 - 431 X

Digestibilidad de nutrientes en cerdos en crecimiento: un indicador para selección genética[ϕ]

Luis Sarmiento-Franco*, José Segura-Correa

Introducción

A nivel mundial, el costo por alimentación de los cerdos es del 70 % de los gastos totales, por lo que la digestibilidad, como indicador de eficiencia alimenticia, es muy útil. La digestibilidad de nutrientes en cerdos, como parámetro relacionado con su productividad, se define como el porcentaje de nutrientes por alimento consumido (no excretado en heces y absorbido) que tiene potencial de ser usado para mantenimiento y producción por el animal (McDonald *et al.* 2002). A mayor digestibilidad, mayor eficiencia y productividad del animal. Es por esto que tanto nutriólogos como genetistas, proponen mejorar la eficiencia alimenticia en cerdos en crecimiento (Verschuren *et al.* 2021).

En México, la dieta de los cerdos en crecimiento y engorda (entre 10 y 120 kg de peso vivo) se compone principalmente de maíz/sorgo y pasta de soya. Los ingredientes que componen la dieta, y sus porcentajes de inclusión, constituyen una de las principales fuentes de variación para el aprovechamiento de su dieta. Además, existe la variación individual en el aprovechamiento de nutrientes entre cerdos con una dieta similar. En este sentido, la mejora en la digestibilidad o en el aprovechamiento de nutrientes son criterios de selección genética.

La selección genética puede propiciar la generación de nuevas líneas genéticas, tanto para el aprovechamiento de nutrientes como para la digestibilidad fecal de nutrimentos (Verschuren *et al.* 2021). Es importante contar con datos de variación fenotípica entre cerdos, que permitan estimar parámetros genéticos de la digestibilidad de nutrientes (Ouweltjes *et al.* 2018).

[ϕ] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
*Corresponding author: luis.sarmiento@correo.uady.mx
DOI: http://doi.org/10.56369/BAC.6394

Copyright © The authors.
ISSN: 2007-431X

La eficiencia en el uso del alimento se relaciona estrechamente con la composición corporal del cerdo, por lo que cerdos de carne magra tienen mejor eficiencia nutricional que aquellos que depositan mayor grasa corporal. Esta grasa corporal requiere mayor gasto de energía para su deposición. En este sentido, la digestibilidad, como indicador de eficiencia, puede ser útil. Sin embargo, se requiere un número suficiente de datos para calcular la heredabilidad de este rasgo. El intestino delgado es el órgano principal donde se lleva a cabo la digestión y absorción de nutrientes y por tanto la relación entre la funcionalidad del intestino y la eficiencia alimenticia es muy importante. Esto quiere decir que, a mayor digestión y absorción, el alimento será mejor aprovechado. Entonces, la funcionalidad del intestino puede ser una herramienta de selección genética (Cheng *et al.* 2023). El objetivo de este trabajo es describir la digestibilidad de nutrientes como indicador de eficiencia alimenticia para su uso en la selección genética de cerdos en crecimiento.

"La eficiencia en el uso del alimento se relaciona estrechamente con la composición corporal del cerdo, por lo que cerdos de carne magra tienen mejor eficiencia nutricional que aquellos que depositan mayor grasa corporal."

Bioagrociencias

Técnicas para calcular la digestibilidad en cerdos

ISSN 2007 - 451X

Existen varias técnicas para calcular la digestibilidad en cerdos en crecimiento. Sin embargo, la recolecta total de heces y la digestibilidad ileal son las más utilizadas (Parra y Goméz 2009). Para la recolecta total de heces, el cerdo se aloja en una jaula individual de acero inoxidable provista de comedero, bebedero y una charola debajo del piso de la jaula (Fig. 1) para recolectar heces (48-72 h). La cantidad de alimento ofrecido se calcula con base en el peso inicial del animal y del objetivo de la prueba (*i.e.*, el nutriente a validar).

Las heces recolectadas se congelan y, posteriormente, se secan. Con un análisis químico del nutriente a validar (*e.g.*, proteína, aminoácidos, minerales, vitaminas, e incluso energía), se calcula el balance entre la cantidad de nutrientes consumida y las cantidades excretadas y se divide entre el consumo. De esta manera se expresa la digestibilidad aparente como porcentaje. Parte de los nutrientes en heces pueden provenir del metabolismo microbiano del intestino grueso del cerdo, lo cual es una desventaja que provee un sesgo a la técnica de recolecta fecal, cuya fórmula es:

$$\text{Digestibilidad total (\%)} = \frac{\text{Nutriente consumido (g)} - \text{Nutriente excretado en heces (g)} \times 100}{\text{Nutriente consumido (g)}}$$

La digestibilidad verdadera se obtiene corrigiendo la digestibilidad aparente ya descrita, al restarle las pérdidas endógenas obtenidas con cerdos en ayuno. Aunque esto hace más complicada la validación de la digestibilidad verdadera.

Figura 1. Cerdo en jaula metabólica para recolecta de heces y estimar digestibilidad de nutrientes. Imagen elaborada por Inteligencia Artificial (Copilot).

Uno de los marcadores más usados para medir la digestibilidad en cerdos, es el dióxido de titanio (TiO2) que se agrega entre 4 y 5 g/kg de alimento (Sarmiento *et al.* 2003). Para estimar la digestibilidad ileal se dispone de la fórmula: (A/B – C/D)/(A/B), donde A, B, C y D son las concentraciones del nutriente en el alimento, de dióxido de titanio en el alimento, del nutriente en la muestra digestiva y del dióxido de titanio en la muestra digestiva, respectivamente.

La digestibilidad ileal de proteína cruda y aminoácidos se ha calculado a grupos de cruces de razas de cerdos, Yorkshire-Landrace-Duroc vs. Yorkshire-Landrace-Hampshire-Pietrain vs. Yorkshire-Landrace-Duroc, donde hubo diferencias entre los cruzamientos, tanto para la digestibilidad de proteína cruda como para la de aminoácidos (Tenke *et al.* 2023). Esto quiere decir que existen requerimientos específicos por genotipo y los ensayos de digestibilidad son esenciales para validar dichos requerimientos de cada cruzamiento. De esta

manera se puede evitar errores y pérdidas de nutrientes que repercuten en la producción porcina. En consecuencia, como aplicación práctica se tienen estas tecnologías de nutrición porcina basadas en perfiles genéticos.

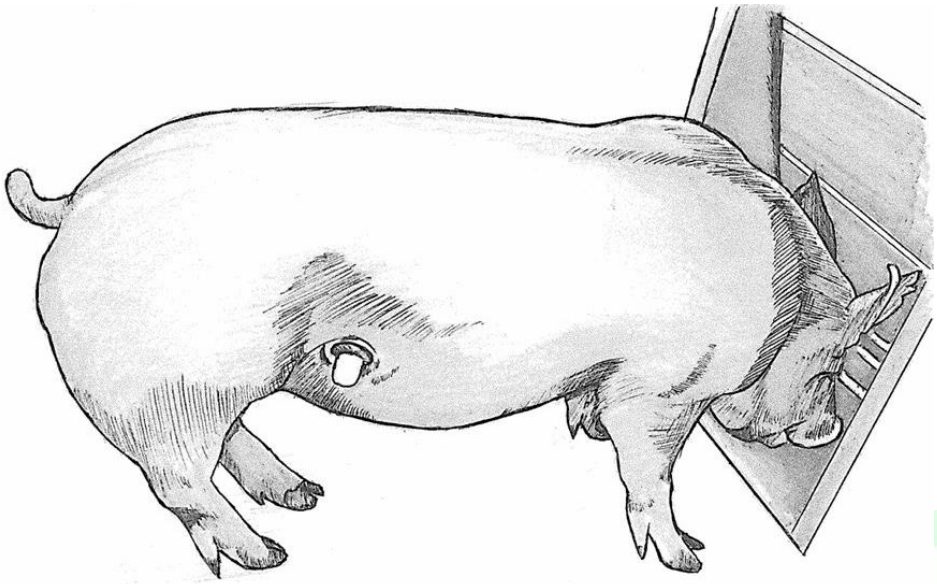

Figura 2. Bosquejo de un cerdo con cánula ileal implantada quirúrgicamente para obtener muestras de digesta. La cánula se ubica en la fosa paralumbar derecha, detrás de la última costilla (Imagen elaborada por Fabrizio Zepeda Prieto).

Bioagrociencias

ISSN 2007 - 431 X

"Uno de los marcadores más usados para medir la digestibilidad en cerdos, es el dióxido de titanio (TiO_2) que se agrega entre 4 y 5 g/kg de alimento."

Mejoramiento de la digestibilidad por selección genética

La selección de los animales mejores para la reproducción ha demostrado ser eficiente. Esta selección aplica en la producción de leche en vacas, para el crecimiento rápido de cerdos comerciales y para la producción de huevo en gallinas. En el caso de cerdos en crecimiento, la digestibilidad de nutrientes y, en particular, de energía se relacionan estrechamente con la variabilidad genética hereditaria (Noblet *et al.* 2013). La heredabilidad es un parámetro que indica el grado en que una característica se hereda o en qué medida la característica es influenciada por los genes.

La selección genética, junto con las estrategias nutricionales, ofrecen una solución viable para mejorar la eficiencia en el uso de nitrógeno, es decir, la proporción de nitrógeno ingerido que es retenido por el cuerpo (McDonald *et al.* 2002). La selección genética se basa

en la elección de animales que se reproducirán en la siguiente generación al transmitir sus genes de alto valor (Yang *et al.* 2022). Para calcular la respuesta directa a la selección, se requiere de estimadores de heredabilidad y del diferencial o intensidad de la selección. Las heredabilidades reportadas varían (0.14 a 0.56) y en consecuencia la incorporación de la eficiencia para uso del nitrógeno en los programas de mejora productiva de cerdos es prometedora (Kasper 2024).

En cerdos Landrace en Noruega, Martinsen *et al.* (2023) estimaron heredabilidades moderadas (0.15 a 0.22) para digestibilidades aparentes de nitrógeno, grasa cruda, materia seca y materia orgánica. Las correlaciones genéticas entre dichas digestibilidades fueron altas (>0.80), excepto para la digestibilidad de grasa con las otras digestibilidades que fueron cercanas a cero. A pesar de las heredabilidades moderadas en las digestibilidades, éstas se relacionan con el consumo de alimento y a las funciones generales de los intestinos, en lugar de la asignación de los recursos alimenticios a los distintos tejidos del cuerpo (Martinsen *et al.* (2023).

La variación genética hereditaria, relacionada con la eficiencia en el uso del nitrógeno, puede tener lugar en diversos procesos, como la regulación del sistema nervioso central de la ingesta de alimento, el sistema endocrino, el tracto gastrointestinal donde se lleva a cabo la digestión y la absorción, y la composición del microbioma intestinal (Kasper 2024). Actualmente, en cerdos se están explorando técnicas de medición, como las de imagen y modelos mecanísticos, por su potencial para el análisis genético. A pesar de las dificultades del fenotipado (apariencia física de un individuo con base en su ADN), la selección directa para la eficiencia en el uso del nitrógeno es más efectiva que los métodos indirectos a través de la eficiencia alimentaria (Martinsen *et al.* 2023).

ISSN 2007-4514

La complejidad de la eficiencia en el uso del nitrógeno indica una arquitectura de rasgos poligénicos (características influenciadas por muchos genes) en el cerdo, que es confirmada por estudios de asociación de todo su genoma que no han podido identificar loci para rasgos cuantitativos importantes (Kasper 2024). La creación de poblaciones suficientemente grandes de cerdos de referencia para entrenar modelos de predicción genómica, es un siguiente paso importante en este sentido. Sin embargo, esto requerirá el desarrollo de métodos de fenotipado en cerdos de alto rendimiento productivo.

"Actualmente, en cerdos se están explorando técnicas de medición, como las de imagen y modelos mecanísticos, por su potencial para el análisis genético."

Conclusión

Las metodologías para calcular la digestibilidad de nutrientes en cerdos pueden ayudar a la selección genética en los diversos genotipos existentes, particularmente en el caso de eficiencia y retención de la proteína, y para cerdos en crecimiento que pudieran ser seleccionados como pie de cría. La cría de cerdos con mayor eficiencia en el uso del nitrógeno es factible y necesaria. Aunque esto requiere mayores esfuerzos en el fenotipado de alto rendimiento y una mejor anotación genómica (*i.e.*, descripción de la función de un gen).

Referencias

Cheng Y, Ding S, Azad MAK, Song B y Kong X. 2023. Small intestinal digestive functions and feed efficiency differ in different pig breeds. Animals 13(7):1172. https://doi.org/10.3390/ani13071172.

Kasper C. 2024. Animal board invited review: heritability of nitrogen use efficiency in fattening pigs: current state and possible directions. Animal 18(8):101225. https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101225.

Martinsen KH, Thingnes SL, Wallén SE, Mydland L, Afseth NK, Grindflek E y Elisabeth Meuwissen TH. 2023. Genetic analyses of nutrient digestibility measured by fecal near-infrared spectroscopy in pigs. Journal of Animal Science 101:skad227. https://doi.org/10.1093/jas/skad227.

McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD y Morgan CA. 2002. Animal Nutrition. Sixth Ed. Prentice Hall. Edinburgh, U.K. 672 pp.

Noblet J, Gilbert H, Jaguelin-Peyraud Y y Lebrun T. 2013. Evidence of genetic variability for digestive efficiency in the growing pig fed a fibrous diet. Animal 7(8):1259-1264. https://doi.org/10.1017/S1751731113000463.

Ouweltjes W, Verschuren LMG, Pijlmand J, Bergsma R, Schokker D, Knol EF, van der Aar PJ, Molist F y Calus MPL. 2018. The repeatability of individual nutrient digestibility in pigs. Livestock Science 207:63-67.

Parra J y Goméz A. 2009. Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. Revista MVZ Córdoba 14(1):1633-1641.

Sarmiento-Franco L, Mcnab JM, Pearson A. y Belmar-Casso R. 2003. The effect of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaf meal and of exogenous enzymes on amino acid digestibility in broilers. British Poultry Science 44(3):458-463. https://doi.org/10.1080/0007166031000159825 6.

Tenke J, Vida O, Nagy I y Tossenberger J. 2023. Classifying genetic lines in pork production by ileal crude protein and amino acid digestibility in growing pigs. Animals 13(12): 1898. https://doi.org/10.3390/ani13121898.

Verschuren LMG, Schokker D, Bergsma R, van Milgen J, Molist F, Calus MPL y Jansman AJM. 2021. Variation in faecal digestibility values related to feed efficiency traits of grower-finisher pigs. Animal 15(9):100211. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100211.

Yang W, Liu Z, Zhao Q, Du H, Yu J, Wang H, Liu X, Liu H, Jing X, Yang H, Shi G, Zhou L y Liu J. 2022. Population genetic structure and selection signature analysis of Beijing Black Pig. Frontiers in Genetics 13:860669. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.860669.

Sarmiento-Franco LA, Segura-Correa JC. 2025. Digestibilidad de nutrientes en cerdos en crecimiento: un indicador para selección genética Bioagrociencias 18 (2): 68-74 DOI: http://doi.org/10.56369/BAC.6394

Bioagrociencias
ISSN 2007 - 431 X