

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto de dietas hipoproteicas en el desempeño productivo y excreción
de nitrógeno de cerdos de engorde**

Estudiante

David Alejandro Castillo Inga

Miguel Ángel Vélez Cevallos

Asesores

Rogel Castillo, M.Sc.

Yordan Martínez, D.Sc.

Honduras, junio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJOS RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	11
Variables Evaluadas	12
Consumo Diario de Alimento (CDA).....	12
Ganancia Diaria de Peso (GDP).....	12
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	12
Peso Final	12
Cantidad de Nitrógeno Excretado.....	13
Rendimiento en Canal Caliente (RCC - %).....	13
Grasa Dorsal (GD - cm).....	13
Carne Magra (CM- %).....	13
Costo	14
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	14
Resultados y Discusión.....	15
Consumo Diario de Alimento.....	15
Ganancia Diaria de Peso	15
Índice de Conversión Alimenticia.....	16
Peso Final	16
Cantidad de Nitrógeno Excretado.....	17
Rendimiento de la Canal.....	18

	4
Grasa Dorsal.....	19
Carne Magra.....	19
Costos.....	20
Conclusiones	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24
Anexo	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición de las dietas de cerdos en la fase final (141 a 161 días de edad).....	12
Cuadro 2 Efecto de la reducción de proteína en el consumo de alimento (g/cerdo/día), ganancia diaria de peso (g/día), índice de conversión alimenticia, peso final y porcentaje de nitrógeno excretado en heces para la etapa final del engorde.....	17
Cuadro 3 Efecto de la reducción de proteína en el rendimiento de la canal, grasa dorsal y porcentaje de carne magra para la etapa final de engorde.....	20
Cuadro 4 Costos de las dietas utilizadas para alimentación de los cerdos en la etapa final del engorde	21

Índice de Anexos

Anexo A Formulación de las dietas para los tratamientos y costos para la etapa de finalización28

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la reducción de proteína cruda en la dieta de finalización en cerdos de engorde, en el desempeño productivo y excreción de nitrógeno. En este experimento se utilizaron 111 cerdos entre machos y hembras de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces, desde los 141 hasta 161 días de edad. Se usó el Diseño Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos consistieron en una dieta control y dietas con reducción del 2 y 4% de proteína cruda. Se determinó la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA), índice de conversión alimenticia (ICA), costo de las dietas, peso final y cantidad de nitrógeno excretado, así como el rendimiento de la canal, grasa dorsal y porcentaje de carne magra. No se presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos para las variables: ganancia diaria de peso (947.07 g/d), consumo diario de alimento (3299.19 g/cerdo/día), índice de conversión alimenticia (3.53), peso final (101.14 kg), cantidad de nitrógeno excretado (3,78%), grasa dorsal (2.01 cm) y porcentaje de carne magra (51,33%). Por otra parte, la reducción del 2% de proteína cruda en la dieta incrementó el rendimiento de la canal (74.18%), en comparación a los otros tratamientos, además, esta dieta (reducción del 2% de proteína cruda) resultó ser la más económica.

Palabras clave: Desempeño animal, proteína cruda, nitrógeno excretado.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of the reduction of crude protein in the completion diet in fattening pigs, on the productive performance and excretion of nitrogen. In this experiment 111 pigs were used between males and females of the Landrace, Yorkshire, Duroc breeds and their crosses, from 141 to 161 days of age. A Random Complete Blocks Design (BCA) was used, with three treatment and three repetitions per treatment. The treatments consisted of a control and diets with a reduction of 2 and 4% of crude protein. The daily weight gain (GDP), daily food consumption (CDA), food conversion index (ICA), cost of diets, final weight and amount of nitrogen excreted, as well as the yield of the carcass, dorsal fat and percentage of lean meat were determined. There was no differences ($P > 0.05$) between the treatments for the variables daily weight gain (947.07 g/d), daily feed consumption (3299.19 g/pig/day), feed conversion ratio (3.53), final weight (101.14 kg), amount of excreted nitrogen (3.78%), back fat (2.01 cm) and percentage of lean meat (51.33%). On the other hand, the reduction of 2% of crude protein in the diet increased the yield of the carcass (74.18%), compared to the other treatments, in addition, this diet (reduction of 2% of crude protein) turned out to be the most economical.

Keywords: Animal performance, crude protein, excreted nitrogen.

Introducción

La producción mundial de carne de cerdo en 2020 se estima en 109.2 millones de toneladas, un 0.8% menos que en 2019, principalmente debido a las reducciones de producción causadas por enfermedades en países como China, Filipinas y Vietnam. Sin embargo, los Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea, la Federación de Rusia, Canadá, México y Chile registraron crecimientos moderados de producción, que compensaron parcialmente las reducciones en otros lugares (FAO 2021).

A pesar de que el consumo de carne de cerdo ha disminuido, está en los primeros puestos, la carne de cerdo no solo es demandada por su palatabilidad, sino también por su contenido nutricional, además de ser una carne muy versátil que puede ser usada en la elaboración de diferentes derivados. A partir de los años los consumidores han cambiado sus costumbres al anteponer un alimento que tenga buen sabor y sea saludable, siendo la mejor opción la carne magra, la cual es de mayor calidad y por ende la más cotizada en el mercado, ya que su contenido de grasa es menor en comparación de una carne con alto contenido.

En cuanto a la producción de cerdos se ha podido verificar que se sigue con los estándares de calidad y nutrición para satisfacer el mercado, donde existen diferentes tipos de sistemas de producción, los cuales son el intensivo o tecnificado, extensivo o traspatio y el que combina los dos, el semi tecnificado (Araque 2009).

La producción porcina con un manejo adecuado de la granja, dependiendo del enfoque de esta, puede resultar con un alto retorno de la inversión hecha, los factores a tomar en cuenta para el manejo serían nutrición, sanidad, reproducción, genética entre otros, siendo el más importante la nutrición, la cual esta intrínsecamente relacionada con las etapas de desarrollo del animal, donde la etapa de crecimiento o engorde es la de mayor requerimiento proteico (Coma y Pique 1999).

Debido a que la producción porcina mayormente se centra en criar cerdos para engorde, las dietas tienen que llevar un alto contenido proteico para aumentar de manera eficiente su masa muscular, por esta razón también existe un alto porcentaje de nitrógeno liberado como urea que posterior será transformada en amoníaco (NH_3), lo que tiene un gran impacto en la salud humana, y

el medio ambiente. Por esta razón se han centrado estudios en reducir la proteína en la dieta de cerdo, para reducir a su vez los niveles de nitrógeno excretado, sin embargo, el reto está en mantener los índices de producción, sobre todo supliendo los aminoácidos esenciales en las dietas (González et al. 2014).

Los conocimientos respecto a la alimentación y formulación de dietas son de gran importancia, para evitar excesos o deficiencias, por lo que deben ser desarrolladas con una composición nutricional adecuada a la genética, etapa fisiológico-productiva y lo más importante cubrir los requerimientos nutricionales de los cerdos (García Contreras et al. 2012). Una dieta bien balanceada, tiene una composición nutricional básica que se divide en, carbohidratos, proteínas, lípidos, aminoácidos, minerales, vitaminas y energía. Por esta razón existen diversas fuentes alimenticias que ayudarán a balancear la dieta, además, la selección de estas fuentes debe ser lo más minuciosa posible, para lograr abaratar los costos, sin afectar la calidad de la carne y desarrollo de los cerdos (INATEC s. f.).

A pesar de que el efecto del nitrógeno excretado en el ambiente es perjudicial, tiene que estar presente en la dieta de los cerdos, ya que cumple con funciones básicas como son la síntesis de aminoácidos, y creación de bases nitrogenadas (ácidos nucleicos) (Mariscal Landín et al. 2009). Es por esto que, se ha propuesto el reto de producir de manera que sea amigable con el medio ambiente, satisfaciendo las demandas del mercado, todo esto sin afectar de manera considerable la calidad de la carne y manteniendo los rendimientos de producción obtenido anteriormente (Reyes et al. 2012).

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la reducción de proteína cruda en la dieta sobre la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, cantidad de nitrógeno excretado y rendimientos de la canal, grasa dorsal y carne magra.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Granja Porcina Educativa de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el valle del río del Yeguaré a 32 km de Tegucigalpa, Municipio de San Antonio Oriente, Francisco Morazán, Honduras. A una temperatura promedio de 27 °C con una precipitación promedio anual de 1100 mm y a una altura de 800 msnm. Este estudio fue realizado entre los meses de febrero hasta el de abril del 2022.

Se utilizaron 111 cerdos entre machos y hembras de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces entre ellos, el comienzo de esta investigación se realizó a partir desde los 140 días de edad de los cerdos y finalizó a los 161 días siendo el tiempo transcurrido de tres semanas donde posteriormente pasaron a cosecha. La alimentación proporcionada de los cerdos fue *ad libitum*, se utilizaron corrales de 5 × 3 m con pisos de cemento, comederos de acero inoxidable tipo tolva y bebederos automáticos tipo chupón.

Los tratamientos evaluados fueron:

Tratamiento 1: Dieta utilizada comúnmente en la unidad de ganado porcino (Dieta Control)

Tratamiento 2: Dieta con reducción del 2% de proteína.

Tratamiento 3: Dieta con reducción del 4% de proteína.

Las dietas son isoenergéticas y los aminoácidos se balancearon utilizando aminoácidos sintéticos

Las dietas utilizadas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Composición de las dietas de cerdos en la fase final (141 a 161 días de edad).

Ingrediente	Final control %	Final 2% %	Final 4% %
Maíz	75.67	80.28	84.69
Aceite	1.30	1.30	1.30
Harina de soya	17.40	12.50	7.70
Carbonato de calcio	0.95	0.95	0.94
Biofos	0.70	0.77	0.88
Lisina	0.18	0.35	0.51
Metionina	--	0.010	0.061
Treonina	--	0.040	0.117
Melaza	3.00	3.00	3.00
Sal común	0.50	0.50	0.50
Vitamina de cerdos	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00

Variables Evaluadas***Consumo Diario de Alimento (CDA)***

Los cerdos se alimentaron de una forma voluntaria (*ad libitum*), pesando la cantidad de alimento suministrado diariamente y midiendo el rechazo al final de la etapa de alimentación.

Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Los cerdos se pesaron al inicio del experimento y al final de la etapa de alimentación.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Se calculó a partir de la división del consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso.

Peso Final

Una vez que concluyó el experimento con el tratamiento, se pesaron los cerdos un día antes de su cosecha.

Cantidad de Nitrógeno Excretado

Se determinó el contenido de nitrógeno obtenido en las excretas, por medio del método Kjeldahl, en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Rendimiento en Canal Caliente (RCC - %)

Se pesaron las canales 24 horas después de la cosecha y se determinó la relación entre el peso actual y el peso del animal vivo, expresado en porcentaje según la ecuación 1:

$$RCC (\%) = \frac{\text{Peso de canal (kg)}}{\text{Peso del animal vivo (kg)}} \times 100 \quad [1]$$

Grasa Dorsal (GD - cm)

Se utilizó un pie de rey a la altura de la última vértebra torácica. La medición se efectuó a tres cuartos de la longitud total del músculo *Longissimus dorsi* y perpendicular al manto de grasa (Burson 2006).

Carne Magra (CM- %)

Se estimó el porcentaje de carne magra con la ecuación utilizada por la Planta de Cárnicos de Zamorano; la cual considera los valores de peso de la canal caliente (kg), área del lomo (cm²) y espesor de la grasa dorsal (cm) para determinar la cantidad de carne libre de grasa [ecuación 2] y dividir el resultado dentro del peso de la canal caliente (kg) [ecuación 3].

Carne Libre de Grasa (CLG - kg).

$$CLG = 0.45359 \times \{8.588 + [1.025 \times PCC (\text{kg})] + [0.4659 \times AL (\text{cm}^2)] - [21.896 \times GD (\text{cm})]\} \quad [2]$$

Donde:

PCC = Peso Canal Caliente

AL = Área de Lomo

GD = Grasa Dorsal

% Carne Magra

$$CM\% = \frac{\text{Carne libre de grasa (kg)}}{\text{Peso canal caliente (kg)}} \times 100 \quad [3]$$

Costo

Se evaluó únicamente los costos de alimentación de cada tratamiento.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento, se consideró cada corral como unidad experimental. El análisis estadístico se realizó con análisis de varianza de clasificación doble (ANDEVA) y los casos necesarios se utilizó pruebas múltiples de medias de Duncan con un nivel de significancia ($P \leq 0.05$) en el software estadístico Infostat.

Resultados y Discusión

Consumo Diario de Alimento

Los tratamientos no presentaron diferencia ($P > 0.05$) para la variable consumo de alimento en la etapa final del engorde (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con Cervantes Ramírez et al. (2004), en su investigación, utilizaron dietas con 13.8 y 9.8% de proteína cruda en cerdos durante la etapa de finalización, además de disminuir los niveles de energía, demostraron que la reducción de proteína en las dietas no afectó el consumo de alimento.

Los resultados concuerdan a lo reportado por Hernández López y Lainez Cruz (2021) quienes en su investigación redujeron la proteína en 1 y 2% en las dietas de finalización para evaluar el desempeño y el nivel de nitrógeno excretado en cerdos de engorde, afirman que el cambio en las dietas no alteró de manera significativa la variable consumo diario de alimento. Al contrario de González Reyes (2013), demostró en su investigación que al reducir 3.3% de proteína cruda en la dieta suplementada con aminoácidos, obtuvo una disminución del consumo del alimento suministrado durante la etapa de finalización.

Ganancia Diaria de Peso

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas para la variable ganancia diaria de peso (GDP) en la etapa final del engorde (Cuadro 2). Así mismo el estudio realizado por Anindo Rachuonyo et al. (2015), donde utilizaron dietas bajas en proteína con un nivel de 19% y uno reducido de 14%, demostraron que la ganancia diaria de peso fue similar en los tratamientos.

Los resultados concuerdan con lo reportado por Le Bellego y Noblet (2002), en su estudio con dietas bajas en proteína, las cuales se formularon con 224, 204, 184, 169 g/kg, se utilizó energía dietética y suplidas con aminoácidos en lechones, midiendo el rendimiento de estos, obtuvo un resultado el cual afirma que, la ganancia diaria promedio no se vio afectada en ninguno de los tratamientos.

A diferencia de González et al. (2014), en su investigación redujeron la proteína bruta en la dieta de finalización de 20.9 a 14.5%, siendo afectada la ganancia diaria de peso, dando como resultado una disminución en esta variable.

Índice de Conversión Alimenticia

Los tratamientos no presentaron diferencia ($P > 0.05$) para la variable conversión alimenticia en la etapa final del engorde (Cuadro 2). De acuerdo con Ocampo Durán (1994), en su investigación donde usó el fruto de palma africana, en dietas con niveles bajos de proteína, no obtuvo diferencias significativas en la variable conversión alimenticia de todos los tratamientos.

Por otro lado, Rivera Urbina (2008), en su investigación utilizó la adición de nucleótidos en dietas bajas en proteína, obtuvieron una reducción del 11% en la conversión alimenticia, durante la etapa de finalización. Así mismo, como menciona Teye et al. (2006), en su investigación la cual midió la influencia de los aceites dietéticos y el nivel de proteína en la dieta, para evaluar el efecto en calidad de la canal y rendimiento productivo, obtuvo como resultado que la dieta con reducción de proteína tuvo una menor eficiencia en cuanto a la conversión alimenticia.

Peso Final

Los tratamientos no presentaron diferencia significativa para la variable de peso final en la etapa final del engorde (Cuadro 2). Martínez Aispuro (2009), en su investigación, al reducir de 14 a 11% el nivel de proteína con adición de ácido linoleico en la dieta de finalización, demostró que no obtuvo diferencias en el peso final.

Así mismo, como menciona Morales et al. (2015), en su estudio, donde usó dietas bajas en proteínas de 22%, 16% y 14% de inclusión, suplementadas con aminoácidos para medir el efecto de la expresión de transportadores de aminoácidos, rendimiento y composición de la canal, tuvo como resultado que la variable peso final no se vio afectada en ninguno de los tratamientos.

Esto difiere de Rivera et al. (2010), que en su estudio realizado en la etapa de finalización, donde redujo en dos unidades porcentuales la proteína y adicionó nucleótidos a la dieta, de esta manera obtuvieron como resultado una reducción en el peso final.

Cantidad de Nitrógeno Excretado

Se puede observar que los tratamientos no presentaron diferencias ($P > 0.05$) para la variable cantidad de nitrógeno excretado en la etapa final del engorde (Cuadro 2). Siendo acorde a lo reportado por Kerr y Easter (1995) en su estudio donde las dietas contenían el 16% y 12% de proteína cruda, y esta última fue suplementada con aminoácidos para compensar la baja de proteína. Se demostró que, en el tratamiento 12% PC suplementada con aminoácidos presentaron una leve reducción en el nitrógeno excretado, el cual no fue suficiente para observar diferencias significativas entre los tratamientos.

Contrario al estudio realizado por Ferket et al. (2002), donde menciona que los cerdos alimentados con dietas bajas en proteínas suplementadas con aminoácidos obtienen una pérdida en la excreción de nitrógeno de 8.5 a 12.5% por cada unidad porcentual de proteína que se reduzca en la dieta. Esto fundamentado por los estudios realizados por Lewis y Southern (2001), donde menciona que, por cada unidad porcentual de reducción de proteína en la dieta, se reduce un 8% el nitrógeno excretado.

Así mismo como menciona Niyazov y Ostrenko (2020), en su estudio, el cual midió el efecto de las dietas con bajos contenidos de proteína los cuales fueron de 172 g/kg en la dieta control y el grupo 2 fue de 142 g/kg, sobre el balance del nitrógeno, afirma que, la reducción de proteína con adición de aminoácidos reduce la liberación de nitrógeno excretado en casi 6%.

Cuadro 2

Efecto de la reducción de proteína en el consumo de alimento (g/cerdo/día), ganancia diaria de peso (g/día), índice de conversión alimenticia, peso final y porcentaje de nitrógeno excretado en heces para la etapa final del engorde.

Tratamiento	Control	Tratamiento 2%	Tratamiento 4%	Valor P	C.V%
Consumo de alimento	3421.45 ± 98.05	3321.92 ± 370.8	3154.2 ± 339.62	0.7011	11.28
Ganancia diaria de peso	919.55 ± 116.10	997.50 ± 117.60	924.17 ± 132.28	0.7333	13.81
Índice de conversión alimenticia	3.78 ± 0.51	3.36 ± 0.42	3.45 ± 0.33	0.6779	16.67
Peso final	100.17 ± 4.07	100.7 ± 2.91	102.56 ± 7.20	0.9058	6.74
Nitrógeno en heces %	3.94 ± 0.17	3.62 ± 0.03	3.79 ± 0.05	0.1038	3.5

Rendimiento de la Canal

Con respecto a los rendimientos de la canal, se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en el tratamiento 2% de reducción de proteína el cual tuvo un incremento en el rendimiento de la canal, en comparación con el tratamiento control (Cuadro 3). Esto es debido a que los niveles de proteína reducidos en la dieta fueron suplidos por aminoácidos sintéticos, los cuales tienen una mayor disponibilidad por parte de los cerdos. Contrario al estudio realizado por Wang Y et al. (2019), en el cual se redujo de 15% a 13% el nivel de proteína en las dietas de los cerdos en la etapa de finalización, sin observar diferencias significativas en los rendimientos de la canal y la calidad de la carne.

Sin embargo, no se obtuvo diferencias ($P > 0.05$) entre el tratamiento con reducción 4% de proteína y el tratamiento control, por otro lado, esta disminución en el rendimiento de la canal en el tratamiento 4% a comparación del tratamiento 2% puede ser debido a que un exceso de reducción de proteína en la dieta puede resultar en la marginación de algunos aminoácidos que no estén suplidos en la dieta, por lo tanto la respuesta al rendimiento puede ser muy variable, aunque se usen los mismos ingredientes (Ramírez et al. (1981).

Otra explicación podría ser que al reducir un elevado porcentaje de proteína habrá una menor disponibilidad de nitrógeno amino, ya que como se mencionó, es fundamental en la síntesis de aminoácidos lo que se traduce en un menor rendimiento (Green (1974). Siendo diferente el estudio realizado por Schiavon et al. (2015), que encontraron que dietas bajas en proteína en la etapa de finalización contenían 119 y 103 g/kg de proteína, sin cambios notables para el rendimiento de la canal.

Sin embargo, un estudio realizado por HongYu et al. (2011) afirma que, en las dietas con reducción en el contenido proteico en cuatro unidades porcentuales siendo complementadas adecuadamente con aminoácidos, son las que obtienen un máximo rendimiento en la calidad de la canal.

Grasa Dorsal

Se puede observar que los tratamientos no presentaron diferencia ($P > 0.05$) para la variable grasa dorsal en la etapa final del engorde (Cuadro 3). La medición (objetiva o subjetiva) del grosor del tejido adiposo acumulado en el dorso, se utiliza para determinar la condición corporal de un animal además de diferencias como magras o grasosas.

Estos datos concuerdan con el estudio de Martínez Aispuro (2009), quien no obtuvo diferencias significativas en la grasa dorsal en cerdos al evaluar la respuesta productiva y las características de la canal en cerdos finalizados, donde utilizó dietas bajas en proteína con ácido linoleico y aceite de soya acidulado.

Por otra parte, esto difiere a los datos obtenidos por González Reyes (2013), el cual obtuvo diferencias significativas en esta variable al evaluar mediante un metaanálisis diferentes dietas con bajas de proteína suplidos con aminoácidos sintéticos, el cual afirma que al reducir el porcentaje de proteína de 12.8 a 9.5% el grosor de la grasa dorsal aumenta.

Estos resultados difieren a Lambe et al. (2013), quien obtuvo diferencias significativas en su investigación al comparar dos dietas con baja de proteína reduciendo cinco unidades porcentuales y diferentes balances de aminoácidos, el cual afirma que reducir la proteína con niveles más bajos de aminoácidos se crea una menor tendencia de depositar grasa. Reducir la concentración de proteína en las dietas de cerdos con adición de aminoácidos sintéticos mantiene la respuesta productiva y logra conservar el contenido de grasa.

Carne Magra

Se puede observar que los tratamientos no presentaron diferencia ($P > 0.05$) para la variable porcentaje de carne magra en la etapa final del engorde (Cuadro 3). Estos resultados son coherentes con el estudio de Reyes et al. (2012) en el cual adicionaron probióticos a la dieta control con baja de proteína de 14 a 12.5% para cerdos en la etapa de finalización y no obtuvieron diferencias significativas en ninguna de las variables productivas o de la canal.

Esto difiere al estudio realizado por González et al. (2016) el cual obtuvo diferencias significativas en la variable de porcentaje de carne magra en su metaanálisis reduciendo hasta 3.3 niveles de proteína con adición de aminoácidos sintéticos en la dieta final para cerdos castrados. La disminución en la ganancia de tejido de cerdos con las dietas bajas en proteína se atribuye a la mayor disponibilidad de energía para la síntesis de lípidos y acumulación de tejido adiposo, como resultado de la reducción de energía para eliminar el exceso de proteína en la dieta (Gómez et al. 2002).

Así mismo Goerl et al. (1995), en su estudio realizado con diferentes niveles de inclusión de proteína para analizar su efecto en las características de la carne de cerdo, afirma que el nivel de proteína en las dietas provocó alteraciones en la ternura y composición magra en especial cuando las dietas contenían menos porcentaje de inclusión de proteína.

Cuadro 3

Efecto de la reducción de proteína en el rendimiento de la canal, grasa dorsal y porcentaje de carne magra para la etapa final de engorde.

Tratamiento	Control	Tratamiento 2%	Tratamiento 4%	Valor P	C.V%
Rendimiento de la canal	0.81 ± 0.0068	0.84 ± 0.0071	0.81 ± 0.0068	0.0413	1.19
Grasa dorsal	1.67 ± 0.15	2.25 ± 0.42	2.13 ± 0.20	0.2993	20.5
Carne magra %	0.52 ± 0.05	0.53 ± 0.03	0.53 ± 0.01	0.9341	7

Costos

El mejor resultado fue el tratamiento con 2% de reducción de proteína, que tuvo un costo de US\$ 1.58/kg peso ganado donde se ahorró US\$ 0.21 el cual fue más bajo en comparación con el tratamiento control que presentó un costo de US\$ 1.79/ kg de peso ganado, así mismo el tratamiento con 4% de reducción de proteína con un costo de US\$ 1.62/kg de peso ganado resultó más económico en comparación al tratamiento control donde se redujo US\$ 0.17.

Cuadro 4

Costos de las dietas utilizadas para alimentación de los cerdos en la etapa final del engorde.

Tratamiento	Costo/kg de alimento (US\$)	ICA	Costo kg peso ganado (US\$)
Control	0.4737	3.78	1.79
2%	0.4702	3.36	1.58
4%	0.4699	3.44	1.62

Nota. Tasa de conversión: 1 USD= 24.38L

Conclusiones

La reducción de proteína cruda en la dieta de los cerdos de engorde no afectó la ganancia diaria de peso, consumo diario alimento, índice de conversión alimenticia, peso final, cantidad de nitrógeno excretado, grasa dorsal y porcentaje de carne magra.

La dieta con reducción de 2% de proteína cruda en la etapa de finalización tuvo un mayor porcentaje del rendimiento de la canal.

Al reducir el porcentaje de proteína en la dieta disminuyó los costos de alimentación de los cerdos en la etapa final.

Recomendaciones

Realizar otro estudio bajo diferentes niveles de reducción de proteína cruda en las distintas fases del engorde.

Realizar otros tratamientos con reducción de proteína más inclusión de ractopamina, para evaluar el desempeño de la canal y rendimiento productivo.

Incrementar la repetibilidad en las muestras de heces para la determinación de la cantidad de nitrógeno excretado.

Referencias

- Anindo Rachuonyo H, Ellis M, Braña Varela D, Evan Curtis S, Cuarón Ibargüengoytia JA. 2015. Balance de nitrógeno, emisión de amonio y olores de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; [consultado el 10 de jun. de 2020]. 6(2):119–136. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v6n2/v6n2a1.pdf>.
- Araque H. 2009. *Sistemas de producción de cerdos*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela; [consultado el 9 de jun. de 2022]. 49 p. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Clase_VII.pdf.
- Burson D. 2006. *Procedures for Estimating Pork Carcass Composition*. US State: University of Nebraska; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 4 p. <https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/procedures-for-estimating-pork-carcass-composition.pdf>.
- Cervantes Ramírez M, Méndez López M, Figueroa Velasco J, Cuca García J. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia*. 38(4):383–394. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30200401>.
- Coma J, Pique J. 1999. *Calidad de carne en porcino: Efecto de la nutrición*. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 9 de jun. de 2022]. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/CALIDAD%20DE%20CARNE%20EN%20PORCINO%20EFECTO%20DE%20LA%20NUTRICION.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. *Resumen de la evolución del mercado mundial de carne de cerdo en 2020*. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 9 de jun. de 2022; consultado el 9 de jun. de 2022]. https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/fao-evolucion-del-mercado-mundial-de-carne-de-cerdo-en-2020_13128/.
- Ferket PR, van Heugten E, van Kempen T, Angel R. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science*; [consultado el 10 de jun. de 2022]. 80(E-suppl_2):E168-E182. doi:10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E168x.
- García Contreras A, Loera Ortega Y, Yagüe A, Guevara González J, García Artiga C. 2012. Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*; [consultado el 20 de jun. de 2020]. 6(1):21–50. Español. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/view/38718>. doi:10.5209/rev_RCCV.2012.v6.n1.38718.
- Goerl KF, Eilert SJ, Mandigo RW, Chen HY, Miller PS. 1995. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. *Journal of Animal Science*; [consultado el 22 de jun. de 2022]. 73(12):3621–3626. eng. doi:10.2527/1995.73123621x.
- Gómez R, Lewis A, Miller P, Chen H. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding level. *Journal of Animal Science*; [consultado el 21 de jun. de 2022]. 80(3):644–653. eng. doi:10.2527/2002.803644x.
- González M, Figueroa J, Vaquera H, Sánchez-Torres M, Ortega M, Copado J, Martínez J. 2016. Metaanálisis del efecto de dietas bajas en proteína y adicionada con aminoácidos sintéticos para cerdos machos castrados en finalización. *Archivos de medicina veterinaria*; [consultado el 21 de jun. de 2022]. 48(1):50–58. doi:10.4067/S0301-732X2016000100007.

- González RM, Figueroa VJL, Vaquera HH, Sánchez-Torres MT, Ortega CME, Cordero ML, Copado BJMF, Narciso GC. 2014. Niveles de proteína para cerdos en fase starter: un meta-análisis. *Archivos de Zootecnia*. 63(242):315–325. doi:10.4321/S0004-05922014000200010.
- González Reyes M. 2013. Meta-Análisis de dietas con baja de proteína adicionadas con aminoácidos sintéticos para cerdos en engorda. México: Colegio de postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. 110 p; [consultado el 10 de jun. de 2022]. http://colposdigital.colpos.mx/jspui/bitstream/10521/2062/1/Gonzalez_Reyes_M_DC_Ganaderia_2013.pdf.
- Green JD. 1974. three Ps of amino acid supplementation: Practicality, priority and pitfalls. 3. lysine supplementation of other plant proteins and feed grains. *Hog Farm Management*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 47–54. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=us201303155827>.
- Hernández López CH, Lainez Cruz EA. ago. 2021. Reducción de proteína cruda en la dieta y su efecto en el desempeño y la excreción de nitrógeno en cerdos de engorde [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 24 p; [consultado el 22 de jun. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ea97c498-dc63-4ff6-9024-a13fd0c0226a/content>.
- [INATEC] Instituto Nacional Tecnológico. s. f. Manual del Protagonista: Nutrición animal. Nicaragua. 140 p; [consultado el 12 de jun. de 2022]. <https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf>.
- Kerr B, Easter R. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *Journal of Animal Science*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 73(10):3000–3008. doi:10.2527/1995.73103000x.
- Lambe N, Wood J, McLean K, Walling G, Whitney H, Jagger S, Fullarton P, Bayntun J, Bünger L. 2013. Effects of low protein diets on pigs with a lean genotype 2. Compositional traits measured with computed tomography (CT). *Meat Science*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 95(1):129–136. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013001605>. doi:10.1016/j.meatsci.2013.04.038.
- Le Bellego L, Noblet J. 2002. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *Livestock Production Science*; [consultado el 22 de jun. de 2022]. 76(1-2):45–58. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622602000088>. doi:10.1016/S0301-6226(02)00008-8.
- Lewis A, Southern L, editores. 2001. *Swine Nutrition*. 2ª ed. [sin lugar]: [sin editorial] ; [consultado el 10 de jun. de 2022]. https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=NWS06OdeCoAC&oi=fnd&pg=PP1&ots=Q1n16GYyP5&sig=9q2vzDmtzcpa bLPR91nNak1sA4&redir_esc=y.
- Mariscal Landín G, Reis de Souza TC, Escobar García K, Hernández Delgado AA. 2009. Pérdidas endógenas de nitrógeno y aminoácidos en cerdos y su aplicación en la estimación de los coeficientes de digestibilidad ileal de la proteína y aminoácidos de las materias primas. *Revisión. Técnica Pecuaria en México*. 47(4):371–388. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312114007>.
- Martínez Aispuro M. 2009. Dietas bajas en proteína adicionadas con ácido linoleico conjugado o aceites de soya acidulado para cerdos en engorda [Tesis doctoral]. México: Colegio de postgraduados. 130 p; [consultado el 20 de jun. de 2022]. <http://colposdigital.colpos.mx/xmlui/>

bitstream/handle/10521/1187/Martinez_Aispuro_M_DC_Ganaderia_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Morales A, Buenabad L, Castillo G, Arce N, Araiza BA, Htoo JK, Cervantes M. 2015. Low-protein amino acid-supplemented diets for growing pigs: effect on expression of amino acid transporters, serum concentration, performance, and carcass composition. *Journal of Animal Science*; [consultado el 22 de jun. de 2022]. 93(5):2154–2164. eng. doi:10.2527/jas.2014-8834.
- Niyazov NS-A, Ostrenko KS. 2020. Effect of low-protein diets on the nitrogen balance and productivity of pigs. *Journal of Livestock Science*; [consultado el 22 de jun. de 2022]. 11(2):106. <http://livestockscience.in/wp-content/uploads/low-protein-pig.pdf>. doi:10.33259/JLivestSci.2020.106-109.
- Ocampo Durán A. 1994. Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*; [consultado el 10 de jun. de 2022]. 6(1). <http://www.lrrd.org/lrrd6/1/ocampo1.htm>.
- Ramírez H, Gómez A. R, Robles A. A, Cazarín V. A, Avila G. H, Shimada A. 1981. Efecto de la disminución del nivel de proteína en dietas para cerdos de abasto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 0(40):40–46. es. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3231>.
- Reyes I, Figueroa JL, Cobos MA, Sánchez-Torres MT, Zamora V, Cordero JL. 2012. Probiótico (*Enterococcus faecium*) adicionado a dietas estándar y con baja proteína para cerdos. *Archivos de Zootecnia*. 61(236):589–598. doi:10.4321/S0004-05922012000400011.
- Rivera A, Figueroa JL, Saldaña E, Zamora V, Sánchez Torres MT, Cordero JL. 2010. Finalización de cerdos con baja proteína y manano-oligosacáridos o nucleótidos. *Archivos de Zootecnia*; [consultado el 10 de jun. de 2022]. 59(227):357–368. <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v59n227/art4.pdf>. doi:10.4321/S0004-05922010000300004.
- Rivera Urbina A. 2008. Adición de oligomananos o nucleótidos a dietas con baja proteína para cerdos en finalización [Tesis de maestría]. México: Colegio de postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. 85 p; [consultado el 10 de jun. de 2022]. http://colposdigital.colpos.mx/xmlui/bitstream/handle/10521/1328/Rivera_Urbina_A_MC_Ganaderia_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Schiavon S, Carraro L, Dalla Bona M, Cesaro G, Carnier P, Tagliapietra F, Sturaro E, Galassi G, Malagutti L, Trevisi E, et al. 2015. Growth performance, and carcass and raw ham quality of crossbred heavy pigs from four genetic groups fed low protein diets for dry-cured ham production. *Animal Feed Science and Technology*; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 208:170–181. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.07.009.
- Teye GA, Sheard PR, Whittington FM, Nute GR, Stewart A, Wood JD. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*; [consultado el 22 de jun. de 2022]. 73(1):157–165. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174005004110>. doi:10.1016/j.meatsci.2005.11.010.
- Wang Y, Yu H, Zhou J, Zeng X, Wang G, Cai S, Huang S, Zhu Z, Tan J, Johnston L, et al. 2019. Effects of feeding growing-finishing pigs with low crude protein diets on growth performance, carcass characteristics, meat quality and nutrient digestibility in different areas of China. *Animal Feed*

Science and Technology; [consultado el 20 de jun. de 2022]. 256:114256. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840119304778>.
doi:10.1016/j.anifeedsci.2019.114256.

Anexo

Anexo A

Formulación de las dietas para los tratamientos y costos para la etapa de finalización.

Ingrediente	Control			Tratamiento 2%			Tratamiento 4%		
	Libras	Lp/lb	Lp	Libras	Lp/lb	Lp	Libras	Lp/lb	Lp
Maíz	75.67	4.56	345.06	80.28	4.56	366.08	84.69	4.56	386.19
Aceite	1.30	11.50	14.95	1.30	11.50	14.95	1.30	11.50	14.95
Harina de soya	17.40	6.75	117.45	12.50	6.75	84.38	7.70	6.75	51.98
Carbonato de Ca	0.95	1.53	1.45	0.95	1.53	1.45	0.94	1.53	1.44
Biofos	0.70	14.99	10.49	0.77	14.99	11.54	0.88	14.99	13.19
Lisina	0.18	30.00	5.40	0.35	30.00	10.50	0.51	30.00	15.30
Metionina	--	54.50	0.00	0.01	54.50	0.55	0.06	54.50	3.32
Treonina	--	36.38	0.00	0.04	36.38	1.46	0.12	36.38	4.26
Melaza	3.00	1.41	4.23	3.00	1.41	4.23	3.00	1.41	4.23
Sal común	0.50	1.67	0.84	0.50	1.67	0.84	0.50	1.67	0.84
Vitamina de cerdo	0.30	83.64	25.09	0.30	83.64	25.09	0.30	83.64	25.09
Total	100.00		524.96	100.00		521.05	100.00		520.78