



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica**

Evaluación de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento productivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento

Tesis

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

Autores

Clara Beatriz Mendoza Ballardo

Jorge Miguel Cabello Tamariz

Asesor

Dr. Felix Esteban Airahuacho Bautista

Huacho – Perú

2023

EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE ENERGÍA Y DE PROTEÍNA DIETARIA SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS CRIOLLOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
4	Martínez Hernández Brayan Eduardo. "Nivel de energía y proteína en parámetros productivos y económicos en la engorda de corderos", TESIUNAM, 2018 Publicación	<1%
5	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNICA

**EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE ENERGÍA Y DE PROTEÍNA
DIETARIA SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE
CERDOS CRIOLLOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador

M (o) PUJADA ABAD HILARIO

NOBERTO

PRESIDENTE

MG.SC ARBAÑIL HUAMAN OSCAR

ENRIQUE

SECRETARIO

DR. SC ROJAS TUESTA GUISELA

MONICA

VOCAL

DR. AIRAHUACHO BAUTISTA

FELIX ESTEBAN

ASESOR

HUACHO – PERU

2023

DEDICATORIA

A mi madre Silvia Ballardo, mi abuelo Félix Ballardo que son mi mayor motivación de esfuerzo, perseverancia, dedicación para lograr mi metas y objetivos en la vida y a mi novio Néstor Félix, por ser la persona que día a día está brindándome su apoyo incondicional y su amor para seguir adelante y no desistir en el camino.

Mendoza Ballardo Clara Beatriz

A mis madres Isabel Tamariz Reluz, Dina Reluz Quevedo y mis queridos hermanos (Alex, Isabel C., Cinthia L., Luis, Martin, Jeffer).

Jorge Miguel Cabello Tamariz

AGRADECIMIENTO

- Iniciamos agradeciendo primero a Dios, ya que nos dio la oportunidad y la vida de haber culminado satisfactoriamente este proyecto de investigación.
- Este proyecto representa el fruto de muchos años de arduo trabajo y dedicación, no solamente de nosotros los autores sino también de un gran equipo de investigadores que nos brindaron su confianza y apoyo incondicional.
- Queremos agradecer a nuestro asesor y persona responsable de la culminación exitosa de este proyecto, el Dr. Félix Esteban Airahuacho Bautista, agradecerle por su tiempo, paciencia, dedicación y enseñanza.
- Dar gracias a nuestros familiares y seres queridos que han formado parte de nuestros día a día, apoyándonos con ánimos, cariño, comprensión y motivación.
- Agradecemos al jurado por la comprensión, dedicación y paciencia en la revisión de esta tesis.
- A todas las personas antes mencionadas y las que no fueron mencionadas, y formaron parte del desarrollo esta tesis, les estaremos eternamente agradecidos.

ÍNDICE

	Págs.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE.....	V
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1 <i>Problema General</i>	13
1.2.2 <i>Problemas Específicos</i>	13
1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	14
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	14
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales.</i>	16
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	18
2.2. BASES TEÓRICAS	18
2.2.1. <i>Cerdo negro criollo</i>	18
2.2.2. <i>Valoración energética de los alimentos</i>	20
2.2.3. <i>Nutrición del cerdo en crecimiento</i>	22
2.2.4. <i>Efecto de la dieta sobre la calidad de la carcasa del cerdo</i>	24
2.2.5. <i>Efecto de la genética sobre el rendimiento cárnico</i>	25
2.2.6. <i>Bases biológicas de la eficiencia alimenticia en la porcicultura</i>	27
2.3. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS	28
2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	30
2.4.1. <i>Hipótesis general</i>	30
2.4.2. <i>Hipótesis específica</i>	30
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	32
CAPITULO III: METODOLOGIA	33

3.1.	GESTIÓN DEL EXPERIMENTO	33
3.1.1.	<i>Ubicación</i>	33
3.1.2.	<i>Características del área experimental</i>	33
3.1.3.	<i>Tratamientos</i>	34
3.1.4.	<i>Diseño experimental</i>	36
3.1.5.	<i>Variables a evaluar</i>	36
3.1.6.	<i>Conducción del experimento</i>	37
3.2.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	38
CAPITULO IV: RESULTADOS		39
4.1.	GANANCIA DE PESO	39
4.2.	CONSUMO DE ALIMENTO	40
4.3.	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	40
4.4.	GRASA DORSAL	41
4.5.	RENDIMIENTO DE LA CANAL	42
4.6.	RETRIBUCIÓN ECONÓMICA	43
CAPITULO V: DISCUSIÓN		45
5.1.	PESO CORPORAL	45
5.2.	CONSUMO DE ALIMENTO	46
5.3.	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	46
5.4.	GRASA DORSAL	47
5.5.	RENDIMIENTO DE LA CANAL	48
5.6.	RETRIBUCIÓN ECONÓMICA	48
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
6.1.	CONCLUSIONES	50
6.2.	RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		51
ANEXOS		62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISEÑO DEL GALPÓN Y UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES... 33

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.....	32
<i>OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS.....</i>	32
TABLA 2.....	34
<i>TRATAMIENTOS EVALUADOS.....</i>	34
TABLA 3.....	35
<i>DIETAS EXPERIMENTALES Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....</i>	35
TABLA 4.....	39
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE EL PESO CORPORAL Y GANANCIA DE PESO DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.....</i>	39
TABLA 5.....	40
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.....</i>	40
TABLA 6.....	41
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.....</i>	41
TABLA 7.....	42
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE LA GRASA DORSAL DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.</i>	42
TABLA 8.....	43
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CANAL DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.....</i>	43
TABLA 9.....	44
<i>EFECTO DEL NIVEL DE ENERGIA METABOLIZABLE (EM) X PROTEINA BRUTA (PB) DIETARIA Y EL SEXO SOBRE LA RETRIBUCIÓN ECONÓMICA DE CERDOS CRIOLLOS EN CRECIMIENTO.....</i>	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: PESO SEMANALES DE LOS CERDOS POR TRATAMIENTO (KG/CERDO).....	63
ANEXO II: CONSUMO ACUMULADO DE ALIMENTO BALANCEADO POR TRATAMIENTO (KG/CERDO).....	64
ANEXO III: GRASA DORSAL SEMANAL POR TRATAMIENTO (MM/CERDO).....	65
ANEXO IV: CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL POR TRATAMIENTO (KG/CERDO). ...	66
ANEXO V: RENDIMIENTO DE LA CANAL POR GRUPO EXPERIMENTAL.....	67
ANEXO VI: ANÁLISIS DE COVARIANCIA PARA GANANCIA DE PESO.....	68
ANEXO VII: ANÁLISIS DE COVARIANCIA PARA CONSUMO DE ALIMENTO.....	68
ANEXO VIII: ANÁLISIS DE COVARIANCIA PARA CONVERSIÓN ALIMENTICIA.....	69
ANEXO IX: ANÁLISIS DE COVARIANCIA PARA GRASA DORSAL.....	69
ANEXO X: ANÁLISIS DE COVARIANCIA PARA RENDIMIENTO DE LA CANAL.	70
ANEXO XI: ANÁLISIS DE COMPARACIONES MEDIAS ENTRE TRATAMIENTOS.	70
ANEXO XII: ANÁLISIS DE COMPARACIONES MEDIAS ENTRE SEXOS.	71
ANEXO XIII: ANÁLISIS DE COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTOS POR SEXO.	71
ANEXO XIV: ANÁLISIS DE VARIANCIA ENTRE MEDIAS PARA RENDIMIENTO DE CANAL.	72
ANEXO XV: ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONVERSIÓN ALIMENTICIA.	72
ANEXO XVI: ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA GANANCIA DE PESO.....	73

RESUMEN

Los cerdos criollos criados en sistemas intensivos son alimentados con dietas de niveles nutricionales estimados para animales de alto potencial genético. **Objetivo:** La presente investigación evaluó el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento productivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento. **Metodología:** Cerdos criollos negros (n=24) de procedencia andina fueron distribuidos en un DCA con arreglo factorial 2x2x2 (energía x proteína x sexo) y evaluados durante cinco semanas. Los tratamientos estuvieron representados por las dietas, los cuales presentaban dos niveles energéticos (3,17 y 2,85 Mcal EM/kg) y un par de niveles proteicas (17 y 15,3% PB). El contenido de aminoácidos esenciales y macrominerales fueron similares en todas las dietas experimentales. Los datos paramétricos y no paramétricos fueron analizados con el análisis de variancia y el análisis de variancia de transformación de rango alineado, respectivamente. **Resultados:** El análisis estadístico encontró discrepancias en las ganancias de peso y deposición de grasa dorsal ($p < 0,05$). Dietas con 3,17 Mcal y 17% PB alcanzaron mayores ganancias de peso y dietas con 2,85 Mcal y 17% PB mostraron pesos inferiores. Mayor deposición de grasa dorsal fue observada con 3,17 Mcal/kg y 17% PB y menor grasa dorsal con 2,85 Mcal/kg y 17 o 15,3% PB. No hubo diferencias estadísticas en cuanto al consumo alimenticio, conversión alimenticia o rendimiento del canal por efectos simples de la energía y proteína. Por efecto del sexo, solo se encontró diferencias estadísticas para la conversión alimenticia ($p < 0,05$), observándose mayor eficiencia en los machos. **Conclusiones:** Dietas manteniendo el 100% de la energía (3,17 Mcal/kg) y el 90% de proteína (15,3% PB) mejoró la ganancia de peso, además de incrementar el acumulo de grasa dorsal.

Palabras claves: Cerdo criollo, energía, proteína bruta, grasa dorsal.

ABSTRACT

Creole pigs raised in intensive systems are fed diets with nutritional levels estimated for animals of high genetic potential. **Objective:** The present investigation evaluated the effect of two levels of energy and dietary protein on the productive performance of criollo pigs in the growth stage. **Methodology:** Creole black pigs (n=24) of Andean origin were distributed in a DCA with a 2x2x2 factorial arrangement (energy x protein x sex) and evaluated for five weeks. The treatments were represented by the diets, which presented two energy levels (3.17 and 2.85 Mcal ME/kg) and a couple of protein levels (17 and 15.3% CP). The content of essential amino acids and macrominerals were similar in all the experimental diets. Parametric and non-parametric data were analyzed with analysis of variance and rank-aligned transformation analysis of variance, respectively. **Results:** Statistical analysis found discrepancies in weight gain and backfat deposition ($p < 0.05$). Diets with 3.17 Mcal and 17% CP achieved higher weight gains and diets with 2.85 Mcal and 17% CP showed lower weights. Higher backfat deposition was observed with 3.17 Mcal/kg and 17% BP and lower backfat with 2.85 Mcal/kg and 17 or 15.3% BP. There were no statistical differences in feed intake, feed conversion, or carcass yield due to simple effects of energy and protein. Due to the effect of sex, only statistical differences were found for feed conversion ($p < 0.05$), observing greater efficiency in males. **Conclusions:** Diets maintaining 100% energy (3.17 Mcal/kg) and 90% protein (15.3% CP) improved weight gain, as well as increasing the accumulation of back fat.

Key words: Creole pig, energy, crude protein, backfat.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La carne de cerdo se considera de las más consumidas a nivel mundial, con una producción de más del 75% y consumo global concentrado entre las economías de China, Unión Europea y Estados Unidos (Agro link, 2018). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), el consumo anual de carne de cerdo en el mundo a partir de 2018 es de 12,3 kg por persona, más alto que la carne de res (6,5 kg) y más bajo que el pollo (14,2 kg). En el Perú, la carne del cerdo es consumido con mas frecuencia, reportándose un incremento de 4,5% en la producción de carne en el 2018 con respecto al año anterior, siendo el consumo per cápita en el 2019 de 8,5 kg/habitante, y proyectándose un consumo per cápita para el año 2021 de 10 kg (Agraria, 2018). De acuerdo con el reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2012), la mayoría de la producción porcina en Perú, específicamente el 95,7%, se origina en pequeñas explotaciones agropecuarias con menos de 10 ganados por piara. Asimismo, se destaca que los cerdos criollos son el genotipo predominante en la población de cerdos a nivel nacional, con una representación del 67,2%.

La mayor parte de cerdos criollos, criados en sistemas intensivos, son alimentados con dietas que contienen niveles de nutrientes que fueron estimados para animales con alto potencial genético. Es decir, crecimiento acelerado, conversión alimenticia eficiente, composición corporal diferente, etc., y todos estos factores influyen en el requerimiento de nutrientes en un animal. Sin embargo, alimentar animales con perfil de nutrientes superior a lo requerido sugiere que los nutrientes restantes (glucosa, ácidos grasos, esqueleto carbonado de los aminoácidos) serán almacenados como lípidos corporales o catabolizados (aminoácidos) con la respectiva eliminación del grupo amino como urea, reflejándose en una rentabilidad ineficiente del proceso productivo.

La alimentación de los cerdos con un perfil equilibrado de nutrientes asegura un adecuado rendimiento productivo y una menor excreción de nutrientes al medio ambiente. El alimento debe aportar energía disponible que cubra lo requerido para las funciones de mantenimiento y producción. Asimismo, un aporte adecuado de proteína permite reducir la excreción de nitrógeno y promueve la salud intestinal manteniendo el rendimiento de los cerdos.

Basado en estos enunciados, planteamos la siguiente pregunta: ¿Cerdos en crecimiento, alimentados con raciones de dos niveles diferentes de energía y dos niveles de proteína difieren en su rendimiento productivo?

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento productivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre el peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre la ganancia de peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre el consumo de alimento de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre la conversión alimenticia de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre el nivel de grasa dorsal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento de la canal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

¿Cómo influye el nivel de energía y de proteína dietaria sobre la retribución económica de cerdos criollos en la etapa de crecimiento?

1.3 Objetivo de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento productivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

1.3.2 Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre la ganancia de peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el consumo de alimento de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre la conversión alimenticia de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el nivel de grasa dorsal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre el rendimiento de la canal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

Evaluar el efecto de dos niveles de energía y de proteína dietaria sobre la retribución económica de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

1.4 Justificación de la investigación

Los animales criados con fines de producción tienen potenciales genéticos que serán manifiestos según la interacción de la genética, nutrición y medio ambiente. El cerdo criollo, criado en el sector rural con fines complementarios a la canasta familiar muestra parámetros inferiores a su potencial productivo. Sin embargo, los parámetros productivos pueden ser mejorados si los nutrientes de su alimentación son ajustados de acuerdo a sus requerimientos. Los animales en crecimiento requieren un aporte adecuado de energía y proteína. El exceso de estos nutrientes tiende a ser acumulados como grasa corporal, mientras que su deficiencia retrasa el crecimiento. En la presente investigación evaluaremos el desempeño productivo del cerdo criollo en crecimiento cuando es alimentado con una dieta de dos niveles energéticos y proteicos, tomando como referencia las recomendaciones nutricionales para cerdos ibéricos del Blas et al. (2013).

1.5 Delimitación del estudio

La investigación se realizó en las instalaciones del Taller de Cerdos Criollos de la Escuela profesional de Ingeniería Zootecnia, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Huacho, distrito del mismo nombre, Provincia de Huaura, región Lima provincias. Se utilizó cerdos criollos en etapa de crecimiento de 75 días de edad hasta los 110 días de edad. La investigación tuvo una duración de 35 días, entre los meses de junio y julio del 2022.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Spring et al. (2020) valoraron la reducción de las proteínas crudas (PC) en las dietas. Cerdos destetados fueron asignados aleatoriamente a tres grupos con distintos niveles de PC: 24 % (control), 18 y 12% PC durante 28 días. El peso corporal no fue diferente entre las dietas control y 18% PC, pero el 12% PC disminuyó significativamente el peso corporal después del día 21. En comparación con la dieta control, los cerdos alimentados con un 12% de PC disminuyeron la ingesta de alimento a partir del día 17. En general, la disminución del 50% de PC, pero no del 25%, influyó significativamente en las respuestas fisiológicas de los cerdos. Los cerdos nutridos con una dieta baja o estándar en proteína tenían comunidades bacterianas diferenciales en sus heces.

Ramos-Canché et al. (2020) determinaron los efectos del nivel de energía metabolizable (EM) y PC en la dieta de hembras pelón mexicano durante el periodo de crecimiento (10-25 kg). Se distribuyeron aleatoriamente 45 hembras en crecimiento con un peso corporal inicial de 12,05 kg. Después de que los animales consiguieron el peso objetivo de 25 kg, se eligieron aleatoriamente tres ejemplares de cada grupo experimental y se procedió a su sacrificio para llevar a cabo la evaluación de las propiedades de la canal. Los factores principales fueron tres niveles de EM (2800, 3000 y 3200 Kcal) y tres niveles de PC (18, 20 y 22%). Las hembras que consumieron alimento con 3200 kcal tuvieron la mayor ganancia diaria del peso y alcanzaron el peso de sacrificio deseable en menor tiempo con menor consumo de alimentos y mejor conversión alimentaria. Los rendimientos en canal, el espesor del tocino dorsal y los cortes comerciales fueron similares entre los tratamientos.

Zhao et al. (2019) determinaron los efectos que tienen diversos niveles de proteínas en la alimentación, así como distintos patrones de suplementación del aminoácido en dietas con poca proteína, en relación al rendimiento de crecimiento y las propiedades de la canal en los animales. Los tratamientos fueron: 1) dieta alto en proteína cruda (PC) y equilibrada en 10 aminoácidos esenciales (AAE); 2) dieta media en PC con un 2% menos de proteínas que las dietas 1 y 10 AAE equilibrados; 3) dieta baja en PC con un 4% menos de proteínas que las dietas 1 y 10 AAE equilibrados. Los niveles de proteína de las dietas 4, 5, 6 y 7 eran

los mismos que los de la dieta 3. La dieta 4 solamente estaba equilibrada en lisinas, metioninas, treoninas y triptófanos; las dietas tanto 5 como 6 fueron suplementadas además con isoleucina o valina extra, respectivamente; la dieta 7 se suplementó además con Ile + Val extra. La disminución de la ingesta de proteína en la alimentación en un 2% o 4% mediante la inclusión de 10 aminoácidos esenciales equilibrados se relacionó con una reducción en las excreciones de nitrógeno, sin embargo, no se evidenció ningún impacto en el rendimiento del crecimiento ni en las propiedades de la canal. En el caso de una dieta con poca proteína, las suplementaciones con Valina aumentaron de manera significativa la ganancia del peso en las fases del 25-50 kg, en tanto la suplementación mediante Isoleucina en las fases de 75 a 100 kg y 100 a 125 kg se vinculó con una reducción significativa en la relación entre el número de alimentos consumidos y las ganancias de peso. No se observó ningún efecto del tratamiento en las características.

Fang et al. (2019) valoraron los efectos de la reducción del nivel de EM y PC de las dietas sobre el rendimiento de crecimiento además de la digestibilidad de nutrientes en cerdos al destete. El genotipo de los cerdos utilizados fueron Duroc × [Landrace × Yorkshire]. El primer factor evaluado fue dos niveles de densidad de EM en la dieta (nivel bajo de EM, 3,200 kcal / kg o nivel alto de EM, 3,300 kcal / kg) y el segundo factor fue tres niveles de PC en la dieta basados en la subdivisión de las fases de destete temprano y tardío (bajo nivel PC, 19,7 y 16,9%; nivel medio PC, 21,7 y 18,9%; o nivel alto PC, 23,7 y 20,9%). No se hallaron variaciones significativamente estadísticas sobre el peso corporal de los grupos, sin embargo, se observó que una disminución en el nivel energético de la dieta se relacionó con un aumento en la cantidad de alimento consumido diariamente, lo que a su vez disminuyó la eficiencia de la conversión alimenticia. Los niveles disminuidos de PC en la dieta se asociaron con un incremento lineal en las ganancias diarias de peso. La digestibilidad de la PC y la grasa cruda disminuyeron cuando la EM disminuyó en 100 kcal / kg. La digestibilidad de la PC incrementó linealmente a medida que disminuyó el nivel de PC.

Zhao et al. (2019) valoraron los efectos que originan el nivel de PC y la EN, en relación al desempeño del crecimiento, la facilidad con la que los nutrientes son digeridos y la composición del microbiota presente en las heces de cerdos en etapas de desarrollo y engorde. Dichos animales fueron asignados en tres tratamientos: dieta alta en PC y EN, dieta baja en PC y alta en EN y dieta baja en PC y EN. El experimento duró 90 días y se dividió en tres fases (fase I: 25 a 50 kg; fase II: 50 a 75 kg; fase III: 75 a 105 kg). No hubo diferencias

significativas. La disminución del contenido de PC de la dieta en 3,5 unidades porcentuales no tuvo efectos adversos, mientras que reduce significativamente la excreción de N y el recuento de *Escherichia coli* fecal. Además, la disminución de 84 – 120 kcal EN/kg en dietas baja en PC no afectó el rendimiento del crecimiento, la facilidad con la que los nutrientes son digeridos, la excreción de N y el recuento fecal de *E. coli* de los cerdos.

Hong et al. (2016) evaluaron los efectos del nivel energético de las dietas y la alimentación en fases por niveles de PC en el rendimiento del crecimiento o las particularidades de la canal en porcinos en crecimiento-acabado. Se utilizaron cerdos en crecimiento [Yorkshire × Landrace] × Duroc, con una media de 27 kg de peso corporal. El primer factor fueron dos niveles de EM (3,265 o 3,365 kcal de EM/kg), y el segundo factor fueron cuatro niveles PC en la dieta por fases de alimentación. No hubo diferencias significativas en el rendimiento del crecimiento. La alimentación con una dieta baja en EM y la subdivisión de las fases del crecimiento y acabado según el nivel de PC no tuvieron efectos significativos sobre sus variables. Asimismo, la alimentación en fases con dietas baja en EM y PC no tuvo resultados negativos sobre sus variables de estudio, pero mejoró los beneficios económicos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

De acuerdo con la revisión en el registro nacional de trabajos (RENATI), no se encontró ninguna tesis relacionada al presente estudio en nuestro país. Asimismo, en los diferentes buscadores académicos no se encontró algún artículo científico similar.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cerdo negro criollo

Los cerdos criollos latinoamericanos tienen su ascendencia en aquellos porcinos ibéricos que Cristóbal Colón llevó consigo durante el segundo viaje, como menciona (Guachamin, 2016). De acuerdo con Pond (1974), los primeros porcinos en 1493 habían llegado a Haití, y durante los últimos 500 años, los cerdos criollos se han adaptado a diferentes condiciones americanas, logrando desarrollar mecanismos de resistencias en lugares donde se han establecido. Según Velasco (2006), dichos cerdos se han adaptado a diversas condiciones ambientales como la exposición al clima, cambios climáticos, endogamia y una alimentación escasa. Estos animales, que tienen su origen en el *Sus Scrofa*

Mediterraneus que pobló áreas como Grecia, Portugal, Italia y unos cuantos países pertenecientes al norte de África, entre los que destaca Egipto, se desarrollaron en regiones semiáridas cercanas a la costa, a altitudes de hasta 700 m. y a temperaturas desde 10 a 18 °C, tal como señala (Gómez, 2015). De dichos cerdos, se derivaron diversas razas ya sean célticas o ibéricas que al pasar del tiempo han desaparecido o se han fusionado mediante el cruce, según señala el mismo autor. Hoy por hoy, solo unas pocas razas sobreviven, entre las que destacan las Coloradas, Rubias, Negras y Manchado de Jabugo, según (Hernández et al., 1997).

Dichos cerdos “criollos” surgieron a partir de su introducción en tiempo en que éramos conquistados por los españoles y la inclusión posterior de otros linajes exóticos. A través del apareamiento libre y la selección natural, junto con la selección empírica regida y las prácticas culturales de la sociedad que los han criado, estos cerdos se desarrollaron hasta formar lo que se conoce hoy como "Criollos" (Luna, 2021).

Durante aproximadamente un siglo y medio, los cerdos criollos sufrieron procesos de devaluación, que comenzó en el siglo XIX al introducir demás razas desconocidas "mejoradas" para mestizar y absorber, lo que llevó a una disminución poblacional original, según (Montenegro, 2012). Sin embargo, desde el siglo XX y hasta ahora, ha habido un resurgimiento en la valoración, conservación y uso productivo de los cerdos, aunque las especies bovinas han sido las más enfatizadas, seguida por las caprinas, y con esfuerzos incipientes en porcinos u ovinos, según (Martínez, 2008).

A partir de la década de los 50, la raza de capas blancas comenzó a ganar terreno debido a su mayor obtención de carne y menor contenido de grasa, lo que llevó a una reducción en la crianza de cerdos criollos puros (Luna, 2021). Como resultado, hay una gran diversidad de fenotipos en términos de capa, ancho y forma del pelaje, así como de sus condiciones corporales, lo que ha dejado a dichas razas originarias con un número limitado de especies puras. En América Latina, los investigadores han demostrado que la raza con origen ibérico está en peligro de desaparecer debido al alto ingreso de razas que tienen otro origen (Luna, 2021). Esto representa un riesgo para la pérdida del patrimonio genético que debe ser conservado para aprovechar las capacidades de adaptación, tenacidad a enfermedades, rudeza y capacidad de transformar diversos alimentos que tienen los cerdos criollos (Luna, 2021).

Según datos del (INEI, 2012) en el Perú la población de cerdos es de 2'224'300, de los cuales 1'494'729 son criollos y se distribuyen en un 37,8%, 86,8% y 79,2% en la costa, sierra y selva, en dicho orden. Además, el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2014) manifiesta que el 60% de la población de cerdos se cría de manera casera, el 20% son criados en granjas parcialmente tecnificadas y finalmente el 20% que resta en granjas grandemente tecnificadas. En aquellas familias rurales donde su actividad económica elemental viene a ser las producciones agropecuarias, la cría de cerdos representa una fuente ahorrativa para hacerle frente a los gastos en caso de emergencia, el cual se puede convertir fácilmente en dinero. De acuerdo con el INEI, el 63% del total de unidades agropecuarias crían porcinos y el 85% de los poricultores son dedicados a criar cerdos criollos.

2.2.2. Valoración energética de los alimentos

La energía es lo que un animal obtiene de su alimento, a través del proceso de respiración celular que involucra una serie de reacciones y procedimientos metabólicos que ocurren en las células, con la finalidad de convertir las energías bioquímicas del nutriente en unidades de energía llamadas trifosfato de adenosina (ATP); que es la “moneda” fundamental de la energía en los tejidos (Milgen y Noblet, 2003).

La energía se genera a partir de la oxidación de compuestos orgánicos (es decir, carbohidratos, lípidos y proteínas) en los ingredientes de los alimentos (Kil et al., 2013). Mientras que los nutrientes proporcionan bloques de construcción para el cuerpo de los animales, la energía se utiliza para el mantenimiento y la producción (Rijnen et al., 2004).

El alimento contiene ingredientes que el cuerpo del animal puede utilizar como combustible (Velayudhan et al., 2015) pero incluso el combustible aún no es energía. Depende de los componentes metabólicamente activos presentes en el alimento como azúcares, fibras, grasas y proteínas. Según las dos primeras leyes de la termodinámica, cada forma de energía puede ser convertidas cuantitativamente en calor, lo que significa que cada medición energética se expresa en término de energías térmicas o calorías (cal) (Armsby, 1917).

Se puede definir la caloría como el conjunto de calor necesario para subir la temperatura de 1 gramo de agua en 1 grado Celsius a la presión atmosférica (Pond et al., 1995). En cuanto a las dietas y los ingredientes de los alimentos, el incluido energético puede

expresarse en términos de calorías (cal), kilocalorías (kcal) o mega calorías (Mcal) de energía bruta (EB), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) o energía neta (EN) (Requerimientos Nutricionales de los Cerdos [NRC], 1998). La energía total en los ingredientes de la dieta se llama EB, que representa la cantidad máxima de energía (o calor de combustión) que está presente en un ingrediente y se obtiene de la combustión completa de materiales orgánicos utilizando la bomba calorimétrica (Kil et al., 2013). La cantidad total de EB en un ingrediente depende del grado de oxidación de los componentes orgánicos y está determinada por la relación de C, H y O en el ingrediente (McDonald et al., 2002).

La ED de los ingredientes del alimento se calcula a partir de la diferencia entre EB en la dieta y energía excretada en las heces (Kil et al., 2013). La ED de las dietas, es consumida por el animal y no es excretada en las heces, por lo que se supone es absorbida y está disponible para los cerdos (De Lange y Birkett, 2005). La ED es una medida aparente del valor energético de la dieta porque las pérdidas endógenas de energía no se tienen en cuenta en su cálculo (Reynolds, 2000). En las dietas típicas de harina de maíz y soya, un promedio del 82% del EB en la dieta se absorbe y se presenta como ED si se alimenta a cerdos en crecimiento y acabado (Kil, 2008).

La variación en la utilización promedio de EB resulta de las variaciones en los niveles de inclusión y las fuentes de fibra, lípidos y minerales en las dietas, el nivel de ingesta de alimento y las técnicas de procesamiento de alimentos (Noblet, 1996; Verstegen, 2001). La fibra es probablemente la razón principal de la variación en los valores de ED entre las dietas (Noblet y van Milgen, 2004). Asimismo, factores animales como la edad o el peso también pueden influir en la ED de las dietas, probablemente debido a las diferencias entre los cerdos jóvenes y los cerdos más viejos en su capacidad para fermentar la fibra (Noblet y Van Milgen, 2004; Shi y Noblet, 1993). La ED de las dietas y los ingredientes de los alimentos aumenta con el peso de los cerdos a medida que se desarrolla el tracto gastrointestinal (Kil et al., 2013).

La energía metabolizable podría definirse como la energía bruta (EB) de la alimentación menos la energía bruta de las heces (Armsby, 1917), y se estima entre la diferencia de la ED menos la energía urinaria y la energía gaseosa (EBgas; principalmente CH₄). En cerdos, la EBgas generalmente se pasa por alto porque representa solo una pequeña fracción de ED, entre 0,1% y 3% (Wenk et al., 2000). Dicha energía metabolizable es utilizada para la satisfacción de los diversos requerimientos energéticos del porcino, tanto

para mantenimiento, crecimiento, ganancia de proteínas o lípidos, etc. (Velayudhan et al., 2015). Asimismo, existe una variación observada en la eficiencia al utilizar la EM para estos diferentes propósitos: aproximadamente el 80% para el aumento de grasa (kf) o mantenimiento (km), 60% para depositar las proteínas (kp), 75% para el incremento del peso (kg) en el crecimiento y 70% para la leche (kl) (Noblet et al., 1994).

Energía neta se define como energía metabolizable (EM) menos el incremento de calor (Birkett y de Lange, 2001). La energía obtenida después de tales pérdidas es la energía neta disponible para el mantenimiento (ENm) y para producción (ENp) del animal. La energía usada para su mantenimiento también se dispersa en forma de calor, por lo que la producción de calor (PH) total podría definirse como la suma entre el aumento de calor y ENm (NRC, 1998). La energía neta explica las diferencias en la utilización metabólica del EM entre los nutrientes; en consecuencia, la EN se considera como el único método en el que la necesidad energética del animal y la energía suministrada por la dieta se expresan sobre la misma base, que es independiente de la composición del alimento (Noblet y Henry, 1993; Noblet y Van Milgen, 2004).

2.2.3. Nutrición del cerdo en crecimiento

La suma de energía disponible en las dietas es el principal factor concluyente de la cantidad promedio de alimento que consumen los cerdos al día (Henry, 1985). Si la densidad energética disminuye, los cerdos querrán compensar comiendo más alimento para mantener una ingesta diaria constante de energía, hasta que otros factores del entorno o la capacidad física de ingesta del alimento limiten la cantidad de alimento que puedan consumir (Beaulieu et al., 2009). Al principio del crecimiento de los cerdos, la capacidad física de consumo de alimentos es el vital factor limitante del crecimiento, independiente de la reunión energética de las dietas (Black et al., 1986). Según Oresanya et al. (2007), los porcinos jóvenes (7,5-22,5 kg) nutridos con dietas de bajas energías digeribles (14,22 MJ/kg) comían alimentos en mayor cantidad (857 frente a 825 g/día) pero consumían poca energía (12,19 frente a 12,42 MJ/día) comparada con los cerdos sustentados con dietas de mayores ED (15,06 MJ/kg). En resumen, la capacidad que tiene el porcino para ajustar la ingesta del alimento no es suficiente para compensar completamente el descenso de la concentración de energía digerible en la dieta con dietas menos energéticas.

Además de la concentración de energía, el nivel de proteínas de las dietas y el perfil de aminoácidos también regulan la ingesta voluntaria de alimento de los cerdos (Li & Patience, 2017). La especie monogástrica no tiene necesidad específica en PC sino en aminoácidos (Block y Dekker, 2017). Sin embargo, según Santomá y Mateos (2018), como medida de seguridad, se debe de incluir un mínimo de PC que reduzca la posibilidad de que un aminoácido AA esencial no contemplado en la formulación (por ejemplo, isoleucina o arginina), limite la productividad.

Los aminoácidos proporcionalmente forman una proteína, siendo el nutriente más caro para los porcinos debido a las funciones de los aminoácidos en el crecimiento, avance y salud de los porcinos (Rezaei et al., 2013). Los esqueletos de carbono de aminoácidos esenciales no se sintetizan in vivo y deben complementarse en la dieta en cantidades adecuadas (Baker, 2005), mientras que el metabolismo de los aminoácidos en los órganos del cuerpo conduce a una nueva síntesis de aminoácidos no esenciales (Bergen y Wu, 2009). El término “aminoácidos no esenciales” actualmente se considera inapropiado (Hou y Wu, 2017), debido a que estos nutrientes son necesarios en las dietas para un correcto desarrollo y rendimiento productivo del porcino (Manu et al., 2020).

En la alimentación de cerdos, se aconseja la utilización del enfoque de proteínas ideales en la formulación de dietas, lo que implica utilizar la Lisina como aminoácidos de referencia y ajustar la cantidad de otros aminoácidos esenciales relacionadas a ella. La lisina es un aminoácido muy fácil de medir y se usa principalmente para la síntesis de tejidos en los cerdos (de Blas et al., 2013). Además, la lisina es un aminoácido limitante en la dieta de los cerdos por lo que necesita ser suplementado para cumplir los requerimientos del cerdo (Manu et al., 2020).

La fibra dietaria se define como los componentes de la dieta resistentes a las degradaciones por la enzima del mamífero, compuestos por carbohidratos no digeribles (CND) y lignina (Li et al., 2021). La lignina casi no se utiliza en el tracto digestivo, mientras que los CND, incluidos el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y los polisacáridos no amiláceos, son componentes activos de la fibra dietaria (Stephen et al., 2017). Los RS y los NDO son contenidos celulares de las plantas, mientras que los NSP y la lignina proceden principalmente de las paredes celulares de las plantas (Williams et al., 2017). En términos generales, la inclusión de fibra en la dieta disminuye tanto los valores energéticos directos del alimento (menos valor nutricional) como el valor energético

indirecto (influencia en la digestión de demás nutrientes), además de afectar la palatabilidad y la ingestión del alimento (de Blas et al., 2013). La fibra presente en la dieta aumenta la velocidad de la circulación digestiva en función de su contenido en fibras neutro detergentes en formas de partículas extensas y promueve el bienestar de los animales al reducir la incidencia del estreñimiento, estereotipias y estrés (Gerrits y Verstegen, 2006).

El fósforo (P) es un nutriente que en términos de costo es el tercero más elevado en la dieta de cerdos (Manu et al., 2020). El Ca y P se encuentran en el hueso en 99% y 75%, respectivamente, lo que significa su importante participación en la mineralización ósea (Manu et al., 2020). Como componente clave del ADN y de todos los sistemas metabólicos de energía conocidos, el P es un nutriente esencial para todas las formas de vida (Lautrou et al., 2020). Las intervenciones nutricionales para reducir la excreción de P en el medio ambiente incluyen: selección de los ingredientes de la dieta con mayor digestibilidad de P, el uso de enzimas fitasas para optimizar la digestibilidad de P y ajustar los contenidos de P de la dieta a las necesidades reales del cerdo a lo largo de la etapa de crecimiento (Torrallardona et al., 2012). Por otro lado, los micro minerales (hierro, zinc, cobre, manganeso, selenio y yodo) y las vitaminas se puede proporcionar como minerales premezcla o premezcla de vitaminas y minerales (Manu et al., 2020).

2.2.4. Efecto de la dieta sobre la calidad de la carcasa del cerdo

Cada vez que los porcinos ganan peso, la composición de la dieta de crecimiento cambia (más grasa y menos proteína) (Manu et al., 2020). Entonces, los requerimientos de nutrientes disminuyen debido a variaciones en el requerimiento de mantenimiento y al hecho de que incrementa la ingesta de alimentos (Manu et al., 2020). La alimentación por fases es un concepto que hace coincidir los nutrientes con la etapa de crecimiento del cerdo (Che et al., 2012). La alimentación por fases reduce la sobrealimentación y la subalimentación y el costo total de alimento por cerdo y eventualmente reduce la excreción de nutrientes para conservar el medio ambiente (Manu et al., 2020). La alimentación por sexos separados igualará las concentraciones de nutrientes en la dieta con el requerimiento del sexo del cerdo (Manu et al., 2020). A los 37 kg de peso corporal, los cerdos tienen mayor capacidad de ingesta de alimento sin el potencial correspondiente de ganancia magra y, por lo tanto, se administran dietas con concentraciones más bajas de aminoácidos para reducir el desperdicio (Manu et al., 2020). Investigadores de varios países han informado sobre el desperdicio del alimento y muestran valores del 4% en los EE. UU. (Con un rango del 2% al 12%), del 6%

en Gran Bretaña (con un rango del 1,5%-20%) y 3%-5% en Dinamarca (Heugten et al., 2010).

Incluir grasas en las dietas de los porcinos genera que se gane peso y reduce la ingesta mediana diaria de alimentos, pero los aumentos relativos en la ganancia promedio diario y el consumo diario de EM son variables (Pettigrew et al., 1991). Es probable que las dietas que contienen una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados aumentan la grasa blanda de la canal cuando se administran a los cerdos (Manu et al., 2020). Las fuentes de grasa en las dietas tienen un efecto revelador sobre la suavidad de la grasa en las canales del cerdo (Averette et al., 2002). La alimentación mediante grandes cantidades de ácido graso insaturado produce grasas blandas en la canal de cerdo (Manu et al., 2020).

2.2.5. Efecto de la genética sobre el rendimiento cárnico

Los antecedentes genéticos pueden influir en el crecimiento y las necesidades de nutrientes de los animales, incluidos los cerdos (Liu et al., 2015). El cerdo ibérico siempre ha sido un modelo de calidad cárnica por su alto contenido en grasas y su disposición de ácidos grasos (Villaplana et al., 2021). La calidad de estos productos está influenciada tanto por los antecedentes genéticos de la raza Ibérica como por su crianza (Tejeda et al., 2002; Cava et al., 1997; Ruiz et al., 2005). La población del cerdo ibérico va a estructurarse en siete variedades genéticas, que difieren en sus perfiles de ácido graso y contenidos de grasas intramusculares, así como en su morfología y productividad (Muriel et al., 2004; Ibáñez et al., 2016).

La deposición de grasa es un rasgo hereditario en los cerdos Ibéricos y estas diferencias pueden estar influenciadas por los antecedentes genéticos de cada variedad (Ibáñez et al., 2016). Por ejemplo, la variedad Torbiscal tiene un menor contenido de grasas intramusculares que los músculos Longissimus thoracis que la variedad Retinto (Villaplana et al., 2021), la variedad Torbiscal tiene menor contenido de ácido graso oleico y linoleico que Retinto (Muriel et al., 2004; Ibáñez et al., 2016), mientras que el cruce recíproco entre ambas variedades revela una heterosis negativa para grasa intramuscular (Ibáñez et al., 2016).

Los contenidos de grasas intramusculares y las composiciones del ácido graso son factores importantes que afectan la calidad en cuanto a carnes y dependen grandemente del

tipo genético, la dieta, la ubicación anatómica y la edad (La torre et al., 2003; Wood et al., 2008). Tanto el número como los tamaños de los adipocitos dentro de las fibras musculares determinan el contenido de grasa intramuscular (Ayuso et al., 2016). Durante el desarrollo prenatal e inmediatamente después del nacimiento, la diferenciación de pre adipocitos es un proceso muy activo que se ralentiza con el crecimiento animal (Sepe et al., 2011). Más adelante en el crecimiento, la hipertrofia es el problema más importante que afecta el contenido de grasa intramuscular, aunque la hiperplasia se mantiene en menor medida en el animal adulto (Gregoire et al., 1998). La hipertrofia es impulsada por la acumulación de triglicéridos en los adipocitos maduros (Ayuso et al., 2016). La proporción de síntesis (lipogénesis) y degradación (lipólisis) determina la cantidad de triglicéridos almacenados en estas células (Ayuso et al., 2016).

La etapa de desarrollo y el tipo genético afectaron significativamente las características de la canal, los parámetros bioquímicos del plasma y los rasgos de calidad de las carnes, como las grasas intramusculares y los perfiles del ácido graso (Ayuso et al., 2016). Ayuso et al. (2016) observaron que cruces del Ibérico (IB) con Duroc (DU) fueron más grandes y pesados que los recién nacidos Ibéricos. Por otro lado, los cerdos en crecimiento IB e IBxDU sacrificados a 59,4 y 68,6 kg del peso vivo, respectivamente, no mostraron diferencias reveladoras en cuanto a peso o tamaño corporal, aunque el peso y el perímetro del jamón fueron mayores en los porcinos IBxDU que en los porcinos IB.

En su mayoría los genes concernientes con los metabolismos de las grasas influyen indirectamente en los contenidos de grasas intramusculares de la carne del porcino. Sin embargo, sus efectos han mostrado variabilidad con respecto a la ubicación muscular y los mecanismos de lipogénesis y adipogénesis (Pena et al., 2016). Las razas porcinas locales (como Landrace italiana, vasca local, Wujin local, Mangalitsa, Meishan, etc.) presentan un mayor contenido de grasas intramusculares y mejores especificaciones de calidad de las carnes comparadas con las razas actuales (por ejemplo, cruces Duoc-Ibérico, raza Large White, etc.) (Malgwi et al., 2022). Se ha demostrado que las expresiones más altas de genes y enzimas involucradas en la síntesis de ácidos grasos y el metabolismo de los lípidos son los impulsores clave del aumento observable en los contenidos de grasas intramusculares de tales razas locales de cerdos (Pena et al., 2016). Los genes que están principalmente implicados por sus papeles activos en los metabolismos del lípido y la síntesis del ácido graso en cerdos y otras especies animales incluyen: acetil-CoA, carboxilasa alfa, acil-CoA

oxidasa 1, adiponectina, 1-acilglicerol-3-fosfato o-aciltransferasa 1, catalasa, diacilglicerol aciltransferasa 1, diacilglicerol aciltransferasa 2, entre otros (Wang et al., 2020).

2.2.6. Bases biológicas de la eficiencia alimenticia en la porcicultura

Se ha estimado que en un cerdo de 70 kg aproximadamente, al que se le ofrece alimento ad libitum, el 34% de la ingesta energética diaria se destina al mantenimiento (Patience, 2012). reducir los costos del mantenimiento para maximizar la proporción de la ingesta diaria de nutrientes dirigida al crecimiento mejorará la eficiencia alimenticia y, por lo tanto, debe ser un objetivo al producir carne (Patience et al., 2015). Esto incluirá minimizar el costo energético del estrés social innecesario, mantener al cerdo en su zona termoneutral y minimizar el impacto de la enfermedad en el cerdo (Gutiérrez y Patience, 2012).

El crecimiento requiere una cantidad sustancial de nutrientes para apoyar el mantenimiento y la deposición de los tejidos (Patience et al., 2015). La ingesta de alimento determinará la dimensión de las variaciones en el crecimiento diario de los tejidos magros y grasos, y la calidad de la canal en los animales productores de carne (Whittemore, 1976). Los cerdos con un alto consumo de alimento llegan a su pico de producción en menor tiempo y, por lo tanto, la retención diaria de nitrógeno es constante en una amplia gama de pesos vivos a partir de entonces (Tullis, 1982). En genotipos mejorados o sexos diferentes pueden mostrar mayores tasas de crecimiento (Patience et al., 2015). Todo macho, por ejemplo, tiene un potencial mucho mayor para el crecimiento de tejido magro que cualquiera hembra o macho castrado (Elsbernd, 2014). Estas diferencias solo se pueden ver en mayores ingestas de alimento.

Una vez que se cubrió las necesidades de mantenimiento y se determina la energía necesaria para la acumulación de grasa según su potencial genético, la energía restante se seguirá acumulando como grasa (Patience et al., 2015). Sin embargo, cuando la ingesta de energía está severamente restringida, se observa una proporción mínima de acumulación de lípidos: proteínas, lo que parece estar genéticamente codificado (Patience et al., 2002).

La exposición de un animal a patógenos desencadena un cambio en sus prioridades metabólicas para montar una respuesta inmune adecuada (Patience et al., 2015). Ante un desafío de patógenos, los cerdos necesitan nutrientes para funciones que les permitan

defenderse; algunas de estas funciones incluyen: respuesta inmune innata, reposición de tejido dañado o perdido (plasma, células desprendidas) y respuesta inmune adquirida (Kyriazakis y Sandberg, 2006). Con recursos escasos debido a una menor ingesta de alimento, el cerdo necesita asignar recursos para combatir los patógenos y realizar las funciones normales de un cerdo sano (por ejemplo, mantenimiento y crecimiento) (Patience et al., 2015). Un hecho importante a tener en cuenta es que la proteína se convierte en el primer recurso limitante en los cerdos inmunodeprimidos porque muchos componentes de la respuesta inmunitaria son ricos en proteínas (Kyriazakis y Sandberg, 2006). También se acepta generalmente que los requerimientos de energía son menores para los animales en crecimiento durante un desafío de salud (Van Heugten et al., 1996), pero también hay evidencia de que la energía se vuelve limitante en los cerdos desafiados por patógenos debido a un aumento en la producción de calor (fiebre) y la activación del sistema (Patience et al., 2015).

La eficiencia alimenticia está una función del peso corporal, por lo que a medida que el cerdo crece hacia el peso de mercado, se vuelve menos eficiente para convertir el alimento en aumento de peso corporal (Noblet y Van Milgen, 2004). La conversión alimenticia puede verse afectada por numerosas influencias internas y externas. Los factores internos de particular interés incluyen los procesos de mantenimiento, la composición corporal y el estado de salud. Los factores externos incluyen la composición de nutrientes e ingredientes del alimento, la manera en cómo fueron procesados los alimentos, el entorno térmico en el que vive el cerdo, los accesos a los alimentos y agua, además del uso de diversos aditivos alimentarios (Patience et al., 2015).

2.3. Definiciones de términos básicos

- **Cerdo criollo:** Se refiere a un tipo de cerdo que ha surgido a partir de cruces entre diversas razas, las cuales han logrado adaptarse a condiciones alimentarias deficientes, con una gestión inadecuada de la condición sanitaria, y con escasa presencia de instalaciones tecnificadas, y en el cual no se ha llevado a cabo selección genética (Yépez, 2006). Asimismo, Escobar (2007) manifiesta que se trata de un animal de tipo rústico, que presenta mínima conversión alimentaria, peso bajo y escasa cantidad de carne o jamón.

- **Conversión alimenticia:** Es una medida de la eficiencia con la que los alimentos se convierten en carne, y está influenciada por diversos factores como la velocidad del crecimiento, la cantidad energética en las dietas, así como la calidad de la herencia de los animales, el manejo y el ambiente (Moreno, 2005).
- **Etapa de crecimiento:** El período al que se refiere inicia tras el destete del lechón y finaliza cuando los porcinos consiguen un peso de alrededor de 25 hasta 30 kg (Gaibor, 2012). Se destaca por un crecimiento acelerado que requiere una alta ingesta de sustentos para construir masa muscular y lograr una correcta mineralización de los esqueletos (Rillo, 2008).
- **Ganancia de peso diaria:** Se trata de un indicador que permite medir la rapidez de crecimiento de un animal, el cual se obtiene mediante el cálculo de la relación entre su peso y su edad (Soca, 2016). Si los cerdos que están creciendo pueden cubrir sus necesidades nutricionales para su mantenimiento, desarrollo y producción, podrían lograr aumentos de peso diarios de 0.70 a 0.90 kg, y un promedio de 0.8 kg. (Espinosa et al., 2005).
- **Grasa dorsal:** Es una capa de grasa que se encuentra en la parte superior de la canal del cerdo, ubicada desde la vértebra torácica hasta la vértebra lumbar en todas las líneas dorsales (México, 2003). Dicha grasa dorsal no tiene una distribución uniforme en toda la columna vertebral, mostrando un incremento gradual que va de la cabeza y llega hasta la costilla inicial, seguido de una disminución considerable de grosor hasta la costilla final. Posteriormente, tiende a incrementar nuevamente, con una pequeña baja a niveles de las últimas vértebras lumbares (Concellón, 1991).
- **Metabolismo:** La expresión "metabolismo" se refiere al conjunto de procesos químicos que ocurren dentro de las células para degradar o sintetizar diversas sustancias. Estos procesos son fundamentales para el desarrollo, supervivencia y la reproducción celular, y son una combinación de muchas reacciones químicas. (Pérez y Merino, 2009).
- **Rendimiento de la canal:** La obtención de la canal se lleva a cabo después de que el animal ha sido sacrificado, desangrado, eviscerado, rapado y se ha retirado la lengua, pezuñas, genitales, riñones y grasas pelvianas, pudiendo tener cabeza o no (Concellón, 1991). De esta manera, el rendimiento porcino se refiere a la relación entre el peso obtenido y el peso vivo del animal, expresado en porcentaje. Dicha proporción se puede calcular considerando la canal caliente o fría, tomando en cuenta

el porcentaje de pérdida que se produce en la canal durante el enfriamiento (Concellón, 1991).

- **Rusticidad:** La capacidad que tienen los animales para sobrevivir y originar en condiciones adversas, como variaciones climáticas, escasez alimenticia y predisposiciones a enfermedades infecciosas (Montesdeoca, 2019).
- **Retribución económica:** Se efectuó un estudio de análisis económico, el cual incluyó la evaluación de las eficiencias económicas mediante la realización del presupuesto parcial y del cálculo de la relación entre beneficios y costos en toda la investigación (Cimmyt, 1988).

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de crecimiento.

2.4.2. Hipótesis específica

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre el peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre el peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre la ganancia de peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre la ganancia de peso vivo de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre el consumo de alimento de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre el consumo de alimento de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre la conversión alimenticia de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre la conversión alimenticia de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre el nivel de grasa dorsal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre el nivel de grasa dorsal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre el rendimiento de la canal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre el rendimiento de la canal de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₀: El nivel de energía y de proteína dietaria no influye sobre la retribución economía de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

H₁: El nivel de energía y de proteína dietaria influye sobre la retribución economía de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables evaluadas.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable independiente.			
X: Efecto de dos niveles de energía y proteína dietaria.	Cuantitativa: Discreta.	X ₀ : 100 % ENERGIA x 100 % PROTEINA.	Kcal; %.
		X ₁ : 100 % ENERGIA x 90 % PROTEINA.	
		X ₂ : 90 % ENERGIA x 100 % PROTEINA.	
		X ₃ : 90 % ENERGIA x 90 % PROTEINA.	
Variable dependiente.			
Y: Rendimiento productivo.	Cuantitativa: Continua.	Y1 = Peso vivo.	N, promedio, DE (Kg).
		Y2 = Ganancia de peso diaria.	N, promedio, DE (Kg).
		Y3 = Consumo de alimento.	N, promedio, DE (Kg).
		Y4 = Conversión alimenticia.	N, promedio, DE (Kg/Kg).
		Y5 = Nivel de grasa dorsal.	N, promedio, DE (mm).
		Y6 = Rendimiento de la canal.	N, promedio, DE (%).
		Y7 = Utilidad económica.	U= Ingresos - Egresos (S/).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Gestión del experimento

3.1.1. Ubicación

3.1.2. Características del área experimental

El espacio experimental tiene un cerco perimetral de 1 m de altura (edificaciones de ladrillo), complementando la construcción con palos de eucalipto, techo forrado con manta arpillera negra (embreado). En el interior, posee tres jaulas metálicas de 2 m de ancho, 4 m de largo y 1.4 m de alto. Cada jaula tiene 08 divisiones internas, cada una de 1 m², cada división cuenta con un bebedero (acero inoxidable) automático para cerdos adultos tipo bola, los comederos son lineales de lata con 5 divisiones internas, las varillas divisorias facilitan la limpieza y llenado del comedero, presenta las siguientes medidas: longitud de 1m, altura – 15 cm, ancho de la base – 12 cm y ancho superior – 40 cm.

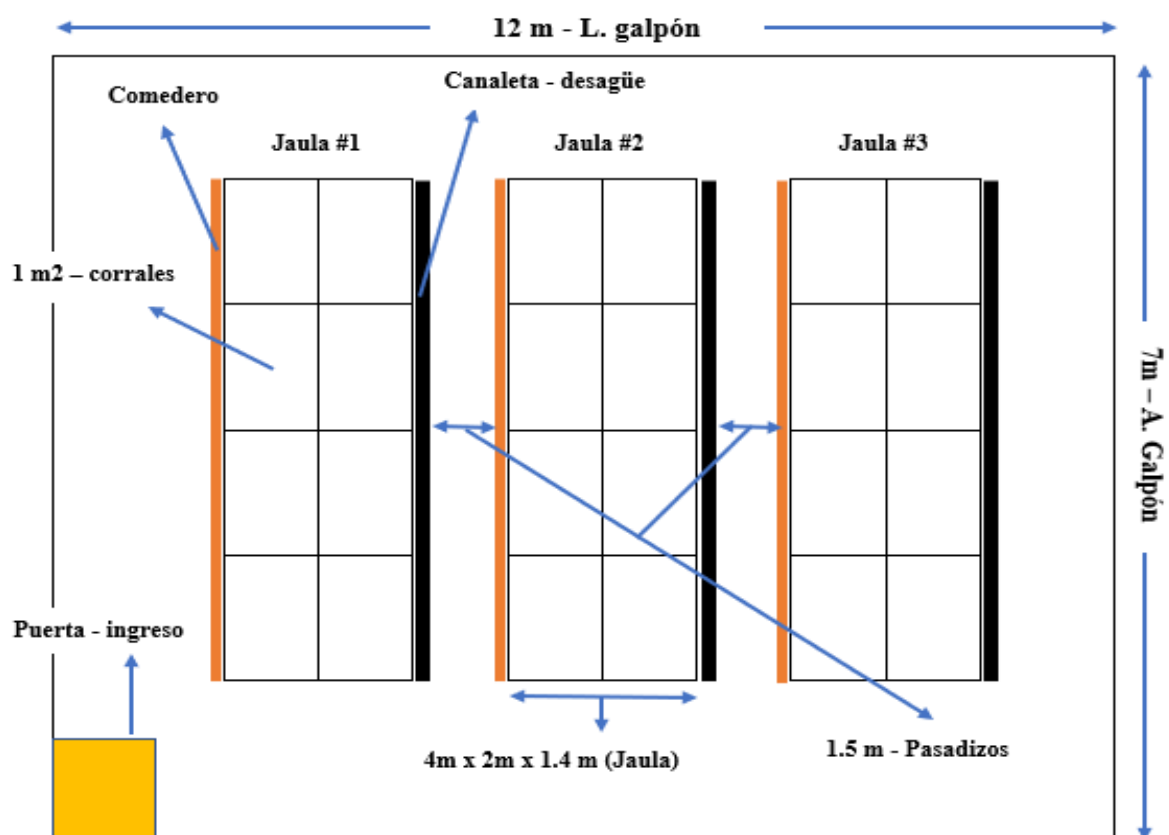


Figura 1. Diseño del galpón y ubicación de las unidades experimentales.

3.1.3. Tratamientos

Los tratamientos estuvieron representados por un par de niveles energéticos y un par de niveles de proteína. Se utilizaron 24 cerdos criollos negros (12 por sexo), de procedencia andina, de 75 días de edad, que fueron evaluados durante cinco semanas. La tabla muestra mayores detalles de los tratamientos evaluados.

Tabla 2.

Tratamientos evaluados.

Tratamientos	Niveles			Definición
	Energía	Proteína	Sexo	
T1	3170	17	Macho	Energía alta x proteína alta x macho
T2	3170	17	Hembra	Energía alta x proteína alta x hembra
T3	3170	15,3	Macho	Energía alta x proteína baja x macho
T4	3170	15,3	Hembra	Energía alta x proteína baja x hembra
T1	2853	17	Macho	Energía baja x proteína alta x macho
T2	2853	17	Hembra	Energía baja x proteína alta x hembra
T3	2853	15,3	Macho	Energía baja x proteína baja x macho
T4	2853	15,3	Hembra	Energía baja x proteína baja x hembra

Los nutrientes de las dietas experimentales, con excepción de la energía y proteína, contenían los mínimos requerimientos nutricionales del cerdo para la etapa de crecimiento, según las normas de alimentación de Blas et al., (2013). Los ingredientes de las dietas experimentales y su contenido de nutrientes son expuestos en la tabla 3.

Tabla 3.*Dietas experimentales y contenido de nutrientes de las dietas experimentales.*

Ingredientes, %	Niveles			
	Energía		Proteína	
	Alta (%)	Baja (%)	Alta (%)	Baja (%)
Maíz	54,184	43,269	40,475	59,368
Soya integral tostada	21,160	1,5730	-	19,112
Hna. Soya	3,313	7,108	13,29	-
Subproducto de trigo	18,098	44,485	43,025	17,890
L-lisina	0,4290	0,6740	0,5080	0,5970
DL-metionina	0,164	0,200	0,149	0,215
L-treonina	0,160	0,280	0,200	0,239
L – Triptófano	0,016	0,042	0, 014	0, 047
Carbonato calcio	0,791	0,975	0,960	0,795
Fosfato di cálcico	1,025	0,742	0,712	1,076
Sal	0,510	0,504	0,502	0,510
Premezcla	0,150	0,150	0,150	0,150
Contenido nutricional				
EM, Mcal/kg	3170	2853	2853	3170
Proteína, %	17	15,3	17	15,3
Lisina, %	1,15	1,15	1,15	1,15
Met+Cist, %	0,71	0,71	0,71	0,71
Treonina, %	0,79	0,79	0,79	0,79
Triptófano, %	0,23	0,23	0,23	0,23
Fibra, %	3,80	4,70	4,70	3,611
Grasa, %	6,59	3,661	3,30	6,348
Calcio, %	0,65	0,65	0,65	0,65
Fosforo, %	0,33	0,33	0,33	0,33
Sodio, %	0,22	0,22	0,22	0,22

3.1.4. Diseño experimental

Su diseño experimental aplicado fue totalmente al azar (DCA), debido a que las unidades experimentales presentaron pesos uniformes al inicio de la evaluación, con un arreglo factorial de 2 x 2 x 2 (dos niveles energéticos x dos niveles de proteína x dos sexos), dando lugar a ocho tratamientos. Cada tratamiento estuvo formado por tres replicas generando 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental o replica estuvo formado por un animal.

3.1.5. Variables a evaluar

Variable independiente:

Evaluación de dos niveles de energía y de proteína dietaria en cerdos en crecimiento hembras y machos.

Variable dependiente:

- **Peso vivo:** Serán registrados al inicio (75 días de edad) y semanalmente durante los 35 días de evaluación.
- **Ganancia de peso vivo:** Será estimada de la resta del peso final alcanzado a los 110 días menos el peso inicial del día 75.
- **Consumo de alimento:** Será registrado semanalmente. Para ello, se proyectará el consumo alimenticio semanal, se identificará en bolsas para cada unidad experimental y se suministrará diariamente registrando la cantidad, cuidando no falte alimento en el comedero.
- **Conversión alimenticia:** Será estimada al dividir el consumo de alimentos y las ganancias de peso alcanzado en la respectiva etapa.
- **Nivel de grasa dorsal:** Se medirá la profundidad de la grasa dorsal fijándose un punto referencial a 8 cm de la costilla final (horizontal) y a 8 cm de las líneas de las vértebras (vertical). Para esta medición se utilizará el medidor de grasa dorsal de marca Suoer.
- **Rendimiento de la canal:** Se puede definir el rendimiento como la proporción del peso de la canal de un animal al momento del sacrificio, sin considerar sangre, órganos y otros desechos, en relación con su peso vivo, lo que se expresa como un porcentaje ($\% \text{ de Rendimiento} = \text{Peso de la Canal} \div \text{Peso Vivo} \times 100$).

- **Retribución económica:** La retribución económica se determinará a la quinta semana de evaluación con el costo total del alimento menos el valor en soles generado por la ganancia de peso, permitiendo determinar cuál de las dietas brinda la mayor rentabilidad. Se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Retorno del margen bruto / kg de cerdo} = (\text{peso vivo} \times \text{precio del cuerpo entero} - \text{costo de alimentación}) / \text{peso vivo}$$

3.1.6. Conducción del experimento

- El experimento tuvo una duración de 35 días, desde los 75 hasta los 110 días de edad.
- Debido a las características del módulo (edificaciones de ladrillo), se inició con el forrado interno y externo con cortinas de manta arpillera negra, facilitando el manejo de la ventilación.
- Antes del inicio del experimento, el galpón se desinfecto y encalo 24 horas antes, se desinfecto y se preparó el ambiente con la temperatura acorde a los requerimientos al cerdo en crecimiento.
- Se instalo fuentes de calor, focos infrarrojos de 200 watts, para conservar la temperatura corporal de los porcinos durante la noche hasta los 110 días de edad.
- La altura de los bebederos se regulo a la altura del lomo del cerdo, según su desarrollo.
- Se acondiciono una cama de paja en cada unidad experimental (división de la jaula) para favorecer la absorción de humedad y dispersión de las heces, logrando el menor contacto de los cerdos con sus excretas. La paja también actúa como aislante de protección de las bajas temperaturas del piso (Slack).
- El galpón fue lavado semanalmente, y el cambio de cama se realizó Inter diario hasta los 95 días de edad. Los días de limpieza fueron tres veces por semana, acorde a como se encontró húmeda la cama y residuos de heces en el piso, el horario fue comprendido de 6 am a 7 am.
- Se realizo el pesaje de peso del cerdo al inicio, y semanalmente, hasta los 35 días de evaluación, asimismo la medición de grasa dorsal el mismo día de pesado; la toma de datos se tomó con los animales en ayunas para no alterar los datos obtenidos.
- El horario de toma de datos fue entre las 7 am y 8 am, iniciando con las hembras y culminando con los machos.

- Se suministró agua y alimento a voluntad, asimismo la alimentación estuvo dividida en 3 turnos (8 am, 12 am y 5 pm).
- El consumo de alimento fue cuantificado diario y semanalmente.
- 18 horas antes del sacrificio ya no se suministró alimento para obtener un vaciado gástrico.
- En el día 36 de evaluación los 24 cerdos fueron sacrificados para determinar el rendimiento de la canal.

3.2. Técnicas para el procesamiento de la información

La información sobre la ganancia del peso, consumo alimenticio, conversión alimentaria y rendimiento de la canal no cumplieron el supuesto de normalidad de datos y homogeneidad de variancias, motivo por el que fue analizada utilizando el análisis de variancia de transformación de rango alineado (ANOVA ART) que es un enfoque no paramétrico del ANOVA factorial que permite analizar la interacción, así como los efectos principales (Kay et al., 2019). Este enfoque es útil cuando los datos no se distribuyen normalmente. Se puede utilizar cuando se viola el supuesto de homogeneidad de varianzas, aunque existe el riesgo de un valor alfa inflado (alfa es de aproximadamente 0,07 cuando se establece en 0,05 para el efecto de interacción y hasta 0,09 para los efectos principales) (Kay et al., 2019).

Los datos del nivel de grasa dorsal cumplieron el supuesto de normalidad u homogeneidad de variancias, motivo por el que se analizaron utilizando el ANOVA y prueba pos hoc de Tukey. Previamente se realizó el análisis de covariancia utilizando como covariable a la grasa inicial, pero no se encontró efecto significativo.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Ganancia de peso.

La tabla 4 muestra el peso corporal y la ganancia de peso de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. El análisis de variancia ART halló discrepancias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para los efectos simples de EM x PB sobre el peso corporal, pero no por efecto simple del sexo y la interacción. Los animales que consumieron dietas que contenían 3,17 Mcal/kg y 15,3% PB (100EM x 90PB, según las recomendaciones de De Blas et al. (2013)) mostraron que ganaron más peso, mientras que los animales que consumieron dietas con 2,85 Mcal/kg y 17% PB (90EM x 100PB) mostraron inferior ganancia de peso, aunque estadísticamente similares con los tratamientos 100EM x 100PB y 90EM x 100PB.

Tabla 4.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre el peso corporal y ganancia de peso de cerdos criollos en crecimiento.

Tratamientos	Peso inicial 75 días (kg)	Peso final 110 días (kg)	Ganancia de peso (kg)
Factor EM (Mcal/kg) x PB (%)			
3,170 (100 EM) x 17,0 (100 PB)	$12,9 \pm 1,5$	$29,4 \pm 2,9$	$16,3 \pm 2,17$ ^{ab}
3,170 (100 EM) x 15,3 (90 PB)	$12,6 \pm 1,4$	$28,7 \pm 1,8$	$16,4 \pm 0,74$ ^a
2,853 (90 EM) x 17,0 (100 PB)	$13,3 \pm 1,1$	$27,5 \pm 2,4$	$13,9 \pm 0,82$ ^b
2,853 (90 EM) x 15,3 (90 PB)	$13,2 \pm 1,4$	$28,2 \pm 3,3$	$14,0 \pm 2,80$ ^{ab}
<i>Probabilidad</i>			<i>0,009</i>
Factor sexo			
Hembra	$12,7 \pm 1,4$	$27,3 \pm 1,9$	$14,5 \pm 1,20$ ^a
Macho	$13,3 \pm 1,2$	$29,6 \pm 2,8$	$16,8 \pm 2,55$ ^a
<i>Probabilidad</i>			<i>0,285</i>

Los valores se expresan como mediana \pm IQR (n = 24). Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (Análisis de variancia de datos transformados de rango alineado seguido de las comparaciones por pares según el método de Tukey; $p < 0,05$).

4.2. Consumo de alimento.

La tabla 5 muestra el consumo de alimento acumulado de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. El análisis de variancia ART no halló discrepancias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para los efectos simples ni la interacción.

Tabla 5.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre el consumo de alimento de cerdos criollos en crecimiento.

Tratamientos	Consumo de alimento acumulado (kg)
Factor EM (Mcal/kg) x PB (%)	
3,170 (100 EM) x 17,0 (100 PB)	41,50 ± 4,82 ^a
3,170 (100 EM) x 15,3 (90 PB)	41,85 ± 2,20 ^a
2,853 (90 EM) x 17,0 (100 PB)	39,70 ± 3,20 ^a
2,853 (90 EM) x 15,3 (90 PB)	42,50 ± 6,55 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0,359</i>
Factor sexo	
Hembra	41,05 ± 3,78 ^a
Macho	41,40 ± 4,08 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0,837</i>

Los valores se expresan como mediana ± IQR (n = 24). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Análisis de variancia de datos transformados de rango alineado; $p < 0,05$).

4.3. Conversión alimenticia.

La tabla 6 muestra la eficiencia de la conversión alimenticia acumulada de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. El análisis de variancia ART no encontró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) por efecto de la EM (Mcal/kg) x PB (%), aunque se observan tendencias de mejor eficiencia de conversión alimenticia cuando los animales consumieron dietas que contenían 3,17 Mcal/kg y 17% PB (100EM x 100PB según las recomendaciones de De Blas et al. (2013)). El ANOVA ART encontró diferencias estadísticas significativas para la conversión alimenticia por efecto del sexo ($p < 0,05$) observándose conversiones más

eficientes en los animales machos en crecimiento. No se encontró diferencias estadísticas significativas para la interacción de los efectos simples ($p > 0,05$).

Tabla 6.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre la conversión alimenticia de cerdos criollos en crecimiento.

Tratamientos	Conversión alimenticia acumulada (kg)
Factor EM (Mcal/kg) x PB (%)	
3,170 (100 EM) x 17,0 (100 PB)	2,54 ± 0,04 ^a
3,170 (100 EM) x 15,3 (90 PB)	2,60 ± 0,25 ^a
2,853 (90 EM) x 17,0 (100 PB)	2,88 ± 0,28 ^a
2,853 (90 EM) x 15,3 (90 PB)	2,73 ± 0,25 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0,069</i>
Factor sexo	
Hembra	2,76 ± 0,33 ^b
Macho	2,52 ± 0,22 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0.031</i>

Los valores se expresan como mediana ± IQR (n = 24). Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (Análisis de varianza de datos transformados de rango alineado seguido de las comparaciones por pares según el método de Tukey; $p < 0,05$).

4.4. Grasa dorsal.

La tabla 7 muestra el nivel de grasa dorsal de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) por efecto de la EM (Mcal/kg) x PB (%), pero no por efecto del sexo ni las interacciones. Los animales que consumieron dietas con 3,17 Mcal/kg y 17% PB (100EM x 100PB) mostraron el mayor nivel de grasa dorsal, mientras que el consumo de 2,85 Mcal/kg y 17% PB (90EM x 100PB) y 2,85 Mcal/kg y 15,3% PB (90EM x 90PB) mostraron menores niveles de grasa dorsal.

Tabla 7.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre la grasa dorsal de cerdos criollos en crecimiento.

Tratamientos	Grasa inicial (mm)	Grasa final (mm)
Factor EM (Mcal/kg) x PB (%)		
3,170 (100 EM) x 17,0 (100 PB)	12,2 ± 0,75	19,5 ± 1,64 ^a
3,170 (100 EM) x 15,3 (90 PB)	11,6 ± 0,80	17,3 ± 0,76 ^{ab}
2,853 (90 EM) x 17,0 (100 PB)	12,3 ± 1,03	17,0 ± 0,63 ^b
2,853 (90 EM) x 15,3 (90 PB)	11,2 ± 0,98	17,3 ± 1,75 ^b
<i>Probabilidad</i>	0,171	0,013
Factor sexo		
Hembra	11,9 ± 1,16	17,5 ± 1 ^a
Macho	11,7 ± 0,75	18,0 ± 2 ^a
<i>Probabilidad</i>		0,472

Los valores se expresan como media ± DS (n = 24). Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (Análisis de covarianza y prueba pos hoc de Tukey; p < 0,05).

4.5. Rendimiento de la canal.

La tabla 8 señala el rendimiento de la canal de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. El análisis de variancia ART no encontró diferencias estadísticas significativas (p>0,05) por efecto de la EM x PB, el sexo e interacción de los efectos simples.

Tabla 8.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre el rendimiento de la canal de cerdos criollos en crecimiento.

Tratamientos	Rendimiento de canal (%)
Factor EM (Mcal/kg) x PB (%)	
3,170 (100 EM) x 17,0 (100 PB)	72,5 ± 2,46 ^a
3,170 (100 EM) x 15,3 (90 PB)	75,6 ± 2,30 ^a
2,853 (90 EM) x 17,0 (100 PB)	73,2 ± 6,56 ^a
2,853 (90 EM) x 15,3 (90 PB)	74,6 ± 6,09 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0,294</i>
Factor sexo	
Hembra	73,7 ± 4,91 ^a
Macho	74,2 ± 4,50 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i>0,531</i>

Los valores se expresan como media ± DS (n = 24). Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas entre tratamientos (Análisis de covarianza y prueba pos hoc de Tukey; p < 0,05).

4.6. Retribución económica.

La tabla 9 muestra la retribución económica de cerdos criollos en crecimiento, desde los 75 hasta los 110 días de edad, según el nivel de EM y PB, así como el sexo. Considerando como referencia al tratamiento con el 100% de la densidad de nutrientes recomendados (100%EM x 100% PB), se observa que, numéricamente, al disminuir el 10% de la EM, pero manteniendo el 100% PB, la retribución económica disminuye en 4%; mientras que la disminuir en 10% tanto la EM como la PB la retribución disminuye en 12%.

Tabla 9.

Efecto del nivel de energía metabolizable (EM) x proteína bruta (PB) dietaria y el sexo sobre la retribución económica de cerdos criollos en crecimiento.

Mcal/kg EM x % PB	Tratamientos			
	3,170 x 17	3,170 x 15.3	2,853 x 17	2,853 x 15,3
Densidad de nutrientes, %	100 EM x 100 PB	100 EM x 90 PB	90 EM x 100 PB	90 EM x 90 PB
PF promedio cerdo, kg	16,3	16,4	13,9	14,0
Precio peso vivo, \$/kg	10	10	10	10
Ingreso bruto por cerdo, s/.	163	164	139	140
Consumo de alimento, kg	41,7	42,2	39,7	41,2
Precio de alimento, \$/kg	1,730	1,630	1,620	1,740
Costo de alimento por cerdo producido, \$. Kg	72,14	68,79	64,31	71,69
Retribución económica				
Ingreso por cerdo, \$.	90,86	95,21	74,69	68,31
Por kg de peso vivo, \$.	5,57 ^a	5,81 ^a	5,37 ^a	4,88 ^a
Retribución, %	100	104	96	88

CAPITULO V. DISCUSIÓN

5.1. Peso corporal

El crecimiento requiere una cantidad sustancial de nutrientes para apoyar el mantenimiento y la deposición de tejidos, siendo la energía un componente crítico de la dieta que contribuye al mantenimiento y a la acumulación de tejido (Patience et al., 2015). En este estudio, aquellos cerdos que consumieron el 100% EM y 90% PC requerida según de Blas et al. (2013) mostraron la mejor ganancia de peso, mientras que las que consumieron dietas con 90% EM y 100% PC obtuvieron las peores ganancias (2,85 Mcal/kg y 15,3% PC), lo que sugiere que la disponibilidad de energía, y no la de proteína, limitó la ganancia de peso.

Ramos-Canché et al. (2020) al evaluar niveles energéticos, además de las proteínas en las dietas de hembras mexicanas de cerdo sin pelo en crecimiento observaron mayores ganancias diarias de peso cuando consumieron dietas con 3,2 Mcal/ kg comparado con aquellas que consumieron dieta con 3,0 y 2,8 Mcal/kg, sin embargo, los niveles de 22, 20 y 18% en la dieta no influyeron sobre la ganancia de peso. Fang et al. (2019) al evaluar los resultados de los niveles energéticos y proteína bruta observaron mayores ganancias de peso en cerdos cruzados (Duroc×[Landrace×Yorkshire]) de 0 a 3 semanas pos-destete con las dietas bajas en proteína cruda (19,7% PC con 3,2 o 3,3 Mcal/kg) comparado con aquellos que consumieron dietas con 23,7% PC y con 3,2 o 3,3 Mcal/kg. Sin embargo, no observaron diferencias estadísticas por efecto de las energías o proteínas cruda en la etapa de 4 a 6 semanas post destete.

La reducción excesiva de proteína cruda afectará la ganancia del peso en porcinos en crecimiento. Spring et al. (2020) observaron disminución significativa de la ganancia del peso en cerdos de raza cruzada (desde los 35 hasta los 63 días de edad, con pesos promedio de 8,41 kg) que consumieron dietas con 12% PC comparado con aquellos que consumieron 18 y 24% PC.

5.2. Consumo de alimento

Determina la magnitud de las variaciones en el desarrollo diario de los tejidos magro y graso, y la calidad de la canal en los animales productores de carne (Whittemore, 1986). Según Campbell et al. (1985), el crecimiento proteico responderá linealmente a la ingesta de alimento hasta un punto máximo en el que se estabiliza el crecimiento.

En el presente estudio, el consumo alimenticio de porcinos criollos fue estadísticamente similar y no fue influenciado por los niveles de energía o proteína. Ramos-Canché et al. (2020) al evaluar niveles energéticos (3,2, 3,0 y 2,8 Mcal/kg) y proteína (22, 20 y 18%) tampoco encontró influencia de estos factores sobre el consumo de alimento diario. Sin embargo, Fang et al. (2019) encontró mayores ingestas de alimento en los cerdos de 0 a 3 semanas post destete que consumieron el alimento que contenía los niveles más bajos en proteína y energía (19,7% PC con 3,2 Mcal/kg). De la 4 a la 6 sexta semana post destete, los niveles energéticos y proteínas no influyeron sobre el consumo de alimento.

Zhao et al. (2019) al evaluar los efectos de los niveles de proteína dietética y energía neta observaron mayor consumo en cerdos de la fase 1(25 a 50kg) que consumieron dietas con 4% menos de proteína cruda requerida pero balanceada en los 10 aminoácidos esenciales; sin embargo, no hubo efecto significativo de la proteína o energía en las fases posteriores de crecimiento.

5.3. Conversión alimenticia

La eficacia alimentaria representa la eficiencia acumulada con el que los cerdos usan los sustentos de las dietas para su mantenimiento, ganancia magra y acumulación de lípidos (Patience et al., 2015). Está estrechamente relacionado con el metabolismo energético, ya que la oxidación de los componentes que contienen carbono en el alimento impulsa todos los procesos metabólicos (Patience et al., 2015).

En este estudio, los tratamientos con mayor nivel de energía tienden a mostrar conversiones alimenticias más eficientes. Esta tendencia coincide con la información reportada por Ramos-Canché et al. (2020), observándose que la conversión alimenticia fue mayormente influenciada por la energía (conversiones de 2.9, 3.4 y 4.2 para los niveles de 3,2, 3,0 y 2,8 Mcal EM/kg, respectivamente) comparado con la de los tratamientos de

proteína (conversiones de 3.4, 3.6 y 3.4 para los niveles de 22, 20 y 18% PC, respectivamente).

Santomá y Mateos (2018) mencionan que disminuir la proteína por debajo del mínimo recomendado aumenta la posibilidad de que un aminoácido esencial no contemplado en la formulación limite la productividad, y es lo que estará sucediendo con la tendencia de conversión alimenticia menos eficiente cuando se disminuyó en 10% la PC. Del mismo modo, la no suficiencia de energía para los procesos de síntesis proteica puede conllevar a la oxidación de aminoácidos para producir energía química. Zhao et al. (2019) reportan conversión alimenticia deteriorada de 2,33 con dietas con 4% menos de proteínas crudas y solo balanceadas para los aminoácidos lisinas, metioninas, treoninas y triptófanos, mientras que cuando se balanceo para los 10 aminoácidos esenciales, la conversión alimenticia fue más eficiente (2,07).

Uno de los factores que influyen sobre la deposición proteica es el sexo o género (Blas et al., 2013). En el presente estudio, la eficiencia de conversión alimenticia más eficiente fue observada en los cerdos machos, aunque las ganancias del peso y el consumo alimenticio no fueron influenciadas por el sexo.

5.4. Grasa dorsal

La deposición de grasa es una característica económica significativa en los cerdos y se han estudiado intensamente en la genética porcina (Bosi et al., 2004). El espesor de grasa dorsal se utiliza actualmente como un indicador valioso para monitorear la productividad debido a su correlación negativa con la capacidad de producción de carne magra (Cho et al., 2011). En este estudio, los animales que consumieron dietas con el 100% de energía mínima requerida, según de Blas et al. (2013), acumularon mayor grasa dorsal. Estos resultados sugieren que el nivel mínimo de energía recomendado por de Blas et al. (2017) está por encima de lo que requieren los cerdos criollos del presente estudio. Los menores índices de grasa dorsal obtenidos con las dietas de 2,85 Mcal EM/ kg sugiere la densidad energética adecuada.

Hong et al. (2016) al evaluar los efectos de los niveles de energía de la dieta y la fase de alimentación por niveles de proteína observaron mayor depósito de grasa dorsal en cerdos en crecimiento ([Yorkshire × Landrace] × Duroc), de 13 semanas post destete, que

consumieron dietas con 3,26 Mcal EM/kg (11,50 mm) comparado con las de 3,36 Mcal EM/kg (11,96 mm). Asimismo, la grasa dorsal fue menor en el grupo que consumió dietas con 15,6% PC (11,29 mm) comparado con las dietas de 16,5% PC (12,14 mm).

5.5. Rendimiento de la canal

Puede ser alterado por medio del manejo de las proteínas (Niu et al., 2009). Kerr et al. (1995) observaron, en porcinos alimentados con una dieta baja en proteína sin suplementación de aminoácidos crecieron más lentamente, fueron menos eficientes en la conversión alimenticia y desarrollaron canales que contenían un músculo longissimus más pequeño, mayores profundidades medias de grasa dorsal y un menor porcentaje de músculo comparados con los alimentados mediante dietas que contengan muchas proteínas. La reducción en el rendimiento del crecimiento, la eficiencia alimentaria, el área de los músculos longissimus y el porcentaje de músculo en los cerdos nutridos con dietas bajas en proteína, se vio aliviada por la suplementación con lisina, triptófano y treonina (Kerr et al., 1995). Los datos del presente estudio muestran que el rendimiento de su canal no fue influenciado por la disminución de la proteína debido, posiblemente, a que se mantuvo los mínimos requeridos de aminoácidos esenciales

Zhang et al. (2011) al investigar los efectos de la densidad de energía neta no observaron diferencias estadísticas para el rendimiento de las canales de cerdos machos castrados (Yorkshire×Landrace×Duroc) en la fase de finalización. Zhao et al. (2019) al disminuir en 2 y 4% la proteína mínima requerida tampoco observó diferencias para el rendimiento del canal comparado con la dieta control.

5.6. Retribución económica

Según Patience et al., (2015) cada vez hay una mayor necesidad de medir la eficiencia alimentaria en términos económicos, ya que la finalidad principal de producir porcinos es utilizar los recursos alimentarios de la manera más eficiente posible para maximizar los ingresos netos. Algunas de las formas preferidas de medir la eficiencia alimentaria en términos económicos incluyen el costo de alimentación mediante porcino vendido, los costos de alimentación según kg de ganancias del peso vivo, los costos de alimentación por kg de ganancias de peso en canal y el retorno de inversión sobre el costo de alimentación.

En este estudio, considerando la retribución financiera por kg de peso corporal, disminuir el 10% de la EM mínima requerida manteniendo el 100% de la proteína, o disminuir el 10% de la EM y PC, disminuyeron la retribución económica en 4 y 12%, respectivamente.

Hong et al. (2016) al evaluar los efectos de los niveles de energía de la dieta y la fase de alimentación por niveles de proteína observaron tendencias de mayor retribución económica en cerdos que consumieron dietas con 3,26 Mcal EM/kg comparado con las de 3,36 Mcal EM/kg. Sin embargo, la retribución económica fue similar en los grupos que consumieron dietas bajas en proteína cruda comparada con el control.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

De acuerdo a las condiciones dadas para realizar este estudio, se pudo llegar a estas conclusiones:

- El aumento de peso fue mejorado con dietas manteniendo el 100% EM y 90% PC mientras que las peores ganancias de peso fueron con dietas de 90% EM y 100% PC
- El consumo alimenticio no fue influenciado por los niveles energéticos y proteicos.
- La conversión alimenticia mostro tendencias de mejor eficiencia en dietas con 100% EM.
- El acumulo de grasa dorsal aumentó en dietas que mantuvieron el 100% EM requerida.
- El rendimiento de la canal no fue influenciado por los niveles de energía y proteína.
- La retribución económica disminuyó en 4 y 12%, respectivamente al disminuir el 10% de la EM mínima requerida manteniendo el 100% de la proteína, o al disminuir el 10% de la EM y PC.

6.2. Recomendaciones

Según las conclusiones de este estudio se puede recomendar:

- Seguir manteniendo el 100% de EM requerida en la ración con menor proteína bruta, aplicando la definición de proteínas ideales.
- Buscar la relación óptima entre energía y proteína, aplicando la definición de proteínas ideales.
- Aplicar el 100% de EM y 100% de PB, con cerdos F1 (madre criolla pura y machos de líneas comerciales).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agro link. (2018). agro link. <https://www.agrolink.com.br/>.
- Agraria. (2018). agraria. <https://www.agraria.pe/>.
- Apple, J. K., Rincker, P. J., McKeith, F. K., Carr, S. N., Armstrong, T. A., & Matzat, P. D. (2007). Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 23(3), 179-196. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30964-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30964-5).
- Armsby, H. P. (1917). *The nutrition of farm animals*. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/nutrition-of-farm-animals/oclc/4434497>.
- Averette, L., See, M. T., Hansen, J. A., Sutton, D., & Odle, J. (2002). The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 80(6), 1606-1615. <https://doi.org/10.2527/2002.8061606x>.
- Ayuso, M., Fernandez, A., Núñez, Y., Benitez, R., Isabel, B., Fernandez, A. I., ... & Ovilo, C. (2016). Developmental stage, muscle and genetic type modify muscle transcriptome in pigs: effects on gene expression and regulatory factors involved in growth and metabolism. *PloS one*, 11(12), e0167858. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167858>.
- Azain, M. J. (2001). Pages 95-106 in *Fat in Swine Nutrition*. AJ Lewis and LL Southern LL ed. Swine Nutrition.
- Baker, D. H. (2005). Comparative nutrition and metabolism: Explication of open questions with emphasis on protein and amino acids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(50), 17897. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509317102>.
- Bergen, W. G., & Wu, G. (2009). Intestinal nitrogen recycling and utilization in health and disease. *The Journal of nutrition*, 139(5), 821-825. <https://doi.org/10.3945/jn.109.104497>.
- Birkett, S., & de Lange, K. (2001). Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *British Journal of Nutrition*, 86(6), 647-659. <https://doi.org/10.1079/BJN2001441>.
- Campbell, R., Taverner, M., & Curic, D. (1985). Effects of sex and energy intake between 48 and 90 kg live weight on protein deposition in growing pigs. *Animal Production*, 40(3), 497-503. <https://doi.org/10.1017/S0003356100040198>

- Cava, R., Ruiz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., Ventanas, J., & Antequera, T. (1997). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberian pig. *Meat Science*, 45(2), 263-270. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00102-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00102-7).
- Che, T. M., Perez, V. G., Song, M., & Pettigrew, J. E. (2012). Effect of rice and other cereal grains on growth performance, pig removal, and antibiotic treatment of weaned pigs under commercial conditions. *Journal of Animal Science*, 90(13), 4916-4924. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4916>.
- De Blas, C., Gasa, J., Mateos, G. G., Madrid, U. P., & Barcelona, U. A. (2013). *NECESIDADES NUTRICIONALES PARA GANADO PORCINO NORMAS FEDNA (2ª edición)*. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- De Lange, C. F. M., & Birkett, H. (2005). Characterization of useful energy content in swine and poultry feed ingredients. *Canadian Journal of Animal Science*, 85(3), 269-280. <https://doi.org/10.4141/A04-057>.
- Elsbernd, A. J. (2014). *Nutrient utilization, pork quality, and lysine requirement of immunological castrates* [tesis de maestría, Universidad Estatal de Iowa]. Repositorio Digital UEI. <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/c140240a-5d12-4ad2-bbde-904f86cc0e65>.
- Escobar, J. (2007). *Caracterización y sistemas de producción de cerdos* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica del Chimborazo]. Repositorio UPC <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1752>
- Espinosa, H. Y Cataño, L.B. (2005). *Riesgo de producción y decisiones de insumos óptimos*. *American Journal of Agriculture Economics* 74: 860-869.
- Fang, L. H., Jin, Y. H., Do, S. H., Hong, J. S., Kim, B. O., Han, T. H., & Kim, Y. Y. (2019). Effects of dietary energy and crude protein levels on growth performance, blood profiles, and nutrient digestibility in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(4), 556–563. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0294>.
- FAO. (2017). Recuperado de <https://www.fao.org/home/es>.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2020). *car: Companion to Applied Regression*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=car>.
- Gaibor, C. (2012). *Comparación de la respuesta biológica de un probiótico comercial vs un antibiótico comercial en la etapa crecimiento-engorde en porcinos* [tesis de

- pregrado, Universidad Politécnica de Chimborazo]. Repositorio U P C. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2146>
- Godfrey, N. W., Frapple, P. G., Paterson, A. M., & Payne, H. G. (1991). Differences in the composition and tissue distribution of pig carcasses due to selection and feeding level. *Animal Science*, 53(1), 97-103. <https://doi.org/10.1017/S0003356100006024>.
- Gómez Carriel, S. Y. (2015). *Respuesta de un promotor de crecimiento en cerdos criollos en la fase de crecimiento* [tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]Repositorio Digital UTEQ <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/992>.
- Google (s.f.). [Centro Experimental Agropecuario - UNJFSC]. Recuperado el 18 de octubre de 2022 de <https://goo.gl/maps/MyHMB16WayR7F1zs5>.
- Graham, A.B., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Dritz, S. S., DeRouchey, J.M., & Nitikanchana, S. (2014). The interactive effects of high-fat, high-fiber diets and ractopamine HCl on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality. *Journal of Animal Science*, 92(10), 4585-4597. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7434>.
- Gregoire, F. M., Smas, C. M., & Sul, H. S. (1998). Understanding adipocyte differentiation. *Physiological reviews*, 78(3), 783-809. <https://doi.org/10.1152/physrev.1998.78.3.783>.
- Guachamin Guagalango, D. L. (2016). *Evaluación de tres complementos alimenticios crianza de cerdos (Sus scrofa domestica) en crecimiento y engorde, Nanegal-Pichincha* [tesis de Pregrado, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio digital UCE <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9210>
- Hernández, J. B.; Ferrerta Claramunt, J. L.; Vázquez Cisneros, C.; Menaya Moreno y García Casco J. M. (1997). *El cerdo ibérico: el poblador de la dehesa. Dpto. de Producción Animal. Sección de Porcino. Finca La Orden. Junta de Extremadura. España.*
- Hong, J.S., Lee, G., Jin, X.H. (2016) Effect of dietary energy levels and phase feeding by protein levels on growth performance, blood profiles and carcass characteristics in growing-finishing pigs. *J Anim Sci Technol* 58, 37. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0119-z>
- Hou, Y., & Wu, G. (2017). Nutritionally nonessential amino acids: a misnomer in nutritional sciences. *Advances in nutrition*, 8(1), 137-139. <https://doi.org/10.3945/an.116.012971>.

- [INEI] Instituto de Nacional de Estadística e Informática 2012. IV Censo nacional agropecuario. Sistema de consulta de resultados censales. Lima-Perú. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>.
- Ibáñez-Escriche, N., Magallón, E., Gonzalez, E., Tejeda, J. F., & Noguera, J. L. (2016). Genetic parameters and crossbreeding effects of fat deposition and fatty acid profiles in Iberian pig lines. *Journal of Animal Science*, 94(1), 28-37. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9433>.
- Johnson, R. W. (2012). Fueling the immune response: what's the cost? In *Feed efficiency in swine* (pp. 211-223). Wageningen Academic Publishers, Wageningen. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-756-1_10.
- Kay M and Wobbrock J (2019). *ARTool: Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial ANOVAs*. R package version 0.10.6. Recuperado de <https://github.com/mjskay/ARTool>.
- Kerr, B. J., McKeith, F. K., & Easter, R. A. (1995). Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *Journal of animal science*, 73(2), 433-440. <https://doi.org/10.2527/1995.732433x>
- Kil, D. Y., Kim, B. G., & Stein, H. H. (2013). Evaluación de la energía del alimento para cerdos en crecimiento. *Revista asiática-australasiática de ciencias animales*, 26(9), 1205-1217. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.r.02>.
- Kil, D. Y. (2008). *Digestibility and energetic utilization of lipids by pigs*. [tesis de doctorado. Universidad nacional en Seúl]. Repositorio Digital UNS. <https://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/DissertationKil.pdf>.
- Kristensen, M., & Jensen, M. G. (2011). Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 56(1), 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.11.147>.
- Kyriazakis, I., Tolkamp, B. J., & Hutchings, M. R. (1998). Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. *Animal behaviour*, 56(2), 265-274. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0761>.
- Kyriazakis, I., & Sandberg, F. B. (2006). The problem of predicting the partitioning of scarce resources during sickness and health in pigs. *Mechanistic Modeling in Pig and Poultry Production*. Wallingford: CAB International, 117-42.
- Kyriazakis, L. (2006). Whittemore's science and practice of pig production 3 rd Edition.

- La torre, M. A., Medel, P., Fuentetaja, A., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2003). Effect of gender, terminal sire line and age at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. *Animal Science*, 77(1), 33-45. <https://doi.org/10.1017/S1357729800053625>.
- Lenth, R. (2020). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=emmeans>.
- Liu, Y., Kong, X., Jiang, G., Tan, B. E., Deng, J., Yang, X., ... & Yin, Y. (2015). Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0036-x>.
- Liu, Y., Li, F., Kong, X., Tan, B., Li, Y., Duan, Y., ... & Yin, Y. (2015). Signaling pathways related to protein synthesis and amino acid concentration in pig skeletal muscles depend on the dietary protein level, genotype and developmental stages. *PLoS One*, 10(9), e0138277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138277>.
- Luna Muñoz, R. G. (2021). *Etnozootecnia y diversidad genética del Cerdo Criollo (Sus scrofa domestica) de los departamentos de Apurímac y Ayacucho utilizando marcadores microsatelitales*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18231>.
- Malgwi, I. H., Halas, V., Grünvald, P., Schiavon, S., & Jócsák, I. (2022). Genes Related to Fat Metabolism in Pigs and Intramuscular Fat Content of Pork: A Focus on Nutrigenetics and Nutrigenomics. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(2), 150. <https://doi.org/10.3390/ani12020150>.
- Manu, H., & Baidoo, S. K. (2020). Chapter 17—Nutrition and feeding of swine. *Animal Agriculture, Sustainability, Challenges and Innovations*, 558. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00017-3>.
- Martínez, R. D. (2008). *Caracterización genética y morfológica del bovino criollo argentino de origen patagónico* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/3303>.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2002). Evaluation of foods: energy content of foods and the partition of food energy within the animal. *Animal Nutrition. 5th Ed. (Ed. P. McDonalds, RA Edwards, JFD Greenhalgh, and CA Morgan)*. Pearson, UK, 263-291.
- MINAGRI. (2014). Ministerio de Agricultura y Riego.

- Montenegro, M. D. C. (2012). *Caracterización genética de los cerdos Pampa Rocha de Uruguay*. Departamento de Genética y Mejora Animal, Instituto de Producción Animal. Facultad de Veterinaria–Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Montesdeoca Guzmán, L. A. (2017). *Análisis de los sistemas de producción porcina tradicionales en las zonas rurales de la parroquia Colonche del cantón Santa Elena, Ecuador* [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Quevedo]. Repositorio digital UTEQ <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2733>.
- Moreno, A. (2005). *Apuntes del curso de evaluación Técnica y Económica de la producción animal*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima–Perú. Pág, 33-39.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petró, M. J., & Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 67(2), 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.11.002>.
- Niu, Z.Y., J. Shi, F. Liu, X. Wang, C. Gao, and L. Yao. (2009). Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. *International Journal of Poultry Science* 8:505-511. Recuperado de <http://www.pjbs.org/ijps/fin1411.pdf>.
- Noblet, J., & Henry, Y. (1993). Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Livestock Production Science*, 36(2), 121-141. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90147-A](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90147-A).
- Noblet, J., Fortune, H., Shi, X. S., & Dubois, S. (1994). Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of animal science*, 72(2), 344-354. <https://doi.org/10.2527/1994.722344x>.
- Noblet J. (1996). Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: Comparison of energy systems. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, Haresign W, editors. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press; Nottingham, U. K pp. 207–231. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19971403210>.
- Noblet, J., & van Milgen.J (2004). Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system, *Journal of Animal Science*, Volume 82, Pages E229–E238. https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE229x.
- NRC (1998). *Nutrient requirements of swine*. 10th rev Ed. Natl. Acad. Press; Washington, DC: Recuperado de <https://nap.nationalacademies.org/catalog/6016/nutrient-requirements-of-swine-10th-revised-edition>.

- Oresanya, T. F., Beaulieu, A. D., & Patience, J. F. (2008). Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. *Journal of animal science*, 86(2), 348-363. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0009>.
- Patience, J. F., Beaulieu, A. D., Zijlstra, R. T., Nyachoti, M., Gillis, D. A., Boyd, R. D., & Usry, J. (2002). Performance and body compositional responses to changes in dietary energy intake by offspring of line 65 sires. *Saskatoon: Monograph*, 02-09.
- Patience, J. F. (2012). The influence of dietary energy on feed efficiency in grow-finish swine. In *Feed efficiency in swine* (pp. 101-129). Wageningen Academic Publishers, Wageningen. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-756-1_5.
- Patience, J. F., Rossoni-Serão, M. C., & Gutiérrez, N. A. (2015). A review of feed efficiency in swine: biology and application. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0031-2>.
- Pettigrew, J. E., Moser, R. L., Miller, E. R., Ullrey, D. E., & Lewis, A. J. (1991). Grasa en nutrición porcina. *Nutrición porcina*, 133-145. Recuperado de https://scholar.google.com.pe/scholar?q=59.%09Pettigrew,+J.+E.,+Moser,+R.+L.,+Miller,+E.+R.,+Ullrey,+D.+E.,+%26+Lewis,+A.+J.+1991.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart
- Pérez, P.J., y Gardey, A (2009). Definición. Diccionario virtual. Recuperado de <https://definicion.de/metabolismo/#:~:text=Se%20llama%20metabolismo%20al%20conjunto,la%20reproducci%C3%B3n%20de%20cada%20c%C3%A9lula>.
- Pena, R. N., Ros-Freixedes, R., Tor, M., & Estany, J. (2016). Genetic marker discovery in complex traits: a field example on fat content and composition in pigs. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12), 2100. <https://doi.org/10.3390/ijms17122100>.
- Pond, W. (1974). *En Curso de Zootecnia. Suidos: Flexibilidad para satisfacer las necesidades humanas*.
- Pond, W. G., D. C. Church, and K. R. Pond. 1995. Energy metabolism. In: *Basic Animal Nutrition and Feeding*. Wiley, New York, USA. p. 149-166
- Pond, W. G., Church, D.B., Pond, K. R., & Schoknecht, P. A. (2004). *Alimentación y alimentación animal básica*. John Wiley & Sons.
- R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>.
- Ramos-Canché, M. E., Aguilar-Urquiza, E., Chay-Canul, A. J., Piñero-Vázquez, Á. T., Velázquez-Madrado, P. A., Magaña, M. A. M., ... & Sanginés-García, J. R. (2020).

Dietary levels of energy and protein on productive performance and carcass traits of growing female Mexican hairless pigs. Animal Feed Science and Technology, 259, 114269. [tesis de maestría,Universidad Nacional de México]Repositorio Digital UNM.<https://conkal.tecnm.mx/index.php/es/nuestro-tec/15-posgrado-tec-conkal/maestria-en-produccion-pecuaria-tropical>

Reynolds CK.(2000) Measurement of energy metabolism. In: Theodorou MK, France J, editors. *Feeding Systems and Feed Evaluation Models*. CAB International; Oxon, U.K. pp. 87–107. Recupeado de <https://centaur.reading.ac.uk/90867/1/Measurement%20of%20Energy%20Metabolism%20book1a.pdf>

Rezaei, R., Wang, W., Wu, Z., Dai, Z., Wang, J., & Wu, G. (2013). Biochemical and physiological bases for utilization of dietary amino acids by young pigs. *Journal of animal science and biotechnology, 4*(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-7>.

Rijnen, M. M. J. A., Doorenbos, J., Mallo, J. J., & Den Hartog, L. A. (2004). The application of the net energy system for swine. Recuperado de <https://scholar.google.com/scholar?q=Rijnen+MMJA+Doorenbos+J+Mallo+JJ+den+Hartog+LA+2004+The+application+of+the+net+energy+system+for+swine+Proc.+Western+Nutr.+Conf.+Saskatoon,+Canada+151+168+>

Rillo, M. (2008). Manejo y Alimentación de los Cerdos en las etapas de Crecimiento y Engorda. *Chihuahua, Mexico*.

Ruiz, J., De La Hoz, L., Isabel, B., Rey, A. I., Daza, A., & López-Bote, C. J. (2005). Improvement of dry-cured Iberian ham quality characteristics through modifications of dietary fat composition and supplementation with vitamin E. *Food science and technology international, 11*(5), 327-335. <https://doi.org/10.1177%2F1082013205057627>.

Sepe, A., Tchkonina, T., Thomou, T., Zamboni, M., & Kirkland, J. L. (2011). Aging and regional differences in fat cell progenitors—a mini-review. *Gerontology, 57*(1), 66-75. <https://doi.org/10.1159/000279755>.

Shi, X. S., & Noblet, J. (1993). Digestible and metabolizable energy values of ten feed ingredients in growing pigs fed ad libitum and sows fed at maintenance level; comparative contribution of the hindgut. *Animal Feed Science and Technology, 42*(3-4), 223-236. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90100-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90100-X).

- Soca Jorge, J. (2016). Caracterización de parámetros productivos en crecimiento y acabado de cerdos (*Sus scrofa domesticus*) con el sistema de cama profunda en Ayacucho a 2750 msnm-2013. [tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga] Repositorio digital UNSCH. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2648/1/TESIS%20MV135_Soc.pdf
- Spring, S., Premathilake, H., DeSilva, U., Shili, C., Carter, S., & Pezeshki, A. (2020). Low protein-high carbohydrate diets alter energy balance, gut microbiota composition and blood metabolomics profile in young pigs. *Scientific reports*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60150-y>
- Tejeda, J. F., Gandemer, G., Antequera, T., Viau, M., & Garcia, C. (2002). Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, 60(4), 357-363. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00143-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00143-7).
- The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Torrallardona, D., Salvadó, R., & Broz, J. (2012). The supplementation of low-P diets with microbial 6-phytase expressed in *Aspergillus oryzae* increases P and Ca digestibility in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90(suppl_4), 77-79. <https://doi.org/10.2527/jas.51702>.
- Tullis, J. B. (1982). Protein growth in pigs. *Annexe Thesis Digitisation Project 2017 Block 16*. [tesis de doctorado, Universidad de Edimburgo]. Repositorio Digital UE. <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/27555?show=full>.
- Van Heugten, E., Coffey, M. T., & Spears, J. W. (1996). Effects of immune challenge, dietary energy density, and source of energy on performance and immunity in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 74(10), 2431-2440. <https://doi.org/10.2527/1996.74102431x>.
- Van Milgen, J., & Noblet, J. (2003). Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 81(14_suppl_2), E86-E93. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E86x.
- Velasco, C. E. (2006). El cerdo Criollo colombiano: Presente y futuro. *MG Mundo ganadero*, 17(186), 60-64. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1430741>

- Velayudhan, D. E., Kim, I. H., & Nyachoti, C.M. (2015). Caracterización de la energía dietética en piensos para cerdos e ingredientes de piensos: una revisión de los resultados de investigaciones recientes. *Revista asiática-australasiática de ciencias animales*, 28(1), 1. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0001R>.
- Verstegen, M.W.A(2001). Developments towards net energy systems in feeds and animals. Proceedings of the 22nd Western Nutrition Conference; Saskatoon, Canada. (pp. 170-184). Recuperado de <https://research.wur.nl/en/publications/developments-towards-net-energy-systems-in-feeds-and-animals>
- Villaplana-Velasco, A., Noguera, J. L., Pena, R. N., Ballester, M., Muñoz, L., González, E., ... & Ibáñez-Escriche, N. (2021). Comparative transcriptome profile between Iberian pig varieties provides new insights into their distinct fat deposition and fatty acids content. *Animals*, 11(3), 627. <https://doi.org/10.3390/ani11030627>.
- Wang, H., Wang, J., Yang, D. D., Liu, Z. L., Zeng, Y. Q., & Chen, W. (2020). Expression of lipid metabolism genes provides new insights into intramuscular fat deposition in Laiwu pigs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 33(3), 390. <https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.18.0225>.
- Wenk C, Colombani PC, van Milgen J, Lemme A. (2000)Glossary: Terminology in animal and human energy metabolism. In: Chwalibog A, Jakobsen K, editors. *Energy Metabolism in Animals. Proceeding of the 15th Symposium on Energy Metabolism in Animals*. Wageningen Pers; Wageningen, The Netherlands pp. 409–421. (EAAP publication No. 103 Snekkersten, Denmark). Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DK2001001391>
- Whittemore, C. T., & Fawcett, R. H. (1976). Theoretical aspects of a flexible model to stimulate protein and lipid growth in pigs. *Animal Science*, 22(1), 87-96. <https://doi:10.1017/S0003356100035455>.
- Whittemore, C. T. (1986). An approach to pig growth modeling. *Journal of Animal Science*, 63(2), 615-621. <https://doi.org/10.2527/jas1986.632615x>
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78(4), 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Yépez. R. (2006). Caracterización de los porcinos criollos en la comunidad de pungala asistida por el proyecto Casa Micuni. [tesis de Pregrado, Universidad Politécnica del Chimborazo] Repositorio UPC. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2380>

- Zhang, G. J., Yi, X. W., Chu, L. C., Ning, L. U., Htoo, J., & Qiao, S. Y. (2011). Effects of dietary net energy density and standardized ileal digestible lysine: net energy ratio on the performance and carcass characteristic of growing-finishing pigs fed low crude protein supplemented with crystalline amino acids diets. *Agricultural Sciences in China*, 10(4), 602-610. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400175069>
- Zhao, Y., Tian, G., Chen, D., Zheng, P., Yu, J., He, J., & Yu, B. (2019). Effect of different dietary protein levels and amino acids supplementation patterns on growth performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in growing-finishing pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0381-2>.

ANEXOS

Anexo I: Peso semanales de los cerdos por tratamiento (Kg/Cerdo).

Sexo	Trat.	Rep.	Semanas de evaluacion					
			Peso inicial	Sem. #1	Sem. #2	Sem. #3	Sem. #4	Sem. #5
HEMBRAS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	14.2	19.9	22.1	23.5	29.6	30.6
		T1R2	10.6	14.2	15.8	18.1	23.2	25.5
		T1R3	11.5	14.9	17.4	20.3	23.3	26.6
	Prom.		12.1	16.3	18.4	20.6	25.4	27.6
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	8.0	15.8	17.9	19.0	24.1	25.6
		T2R2	14.3	18.6	21.3	24.2	30.1	30.8
		T2R3	13.2	16.9	19.6	22.5	25.1	28.9
	Prom.		11.8	17.1	19.6	21.9	26.4	28.4
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1	12.7	17.2	19.9	21.1	26.0	26.9
		T3R2	14.7	19.2	20.2	22.1	27.4	28.0
		T3R3	12.7	16.7	19.7	23.0	25.6	26.9
	Prom.		13.4	17.7	19.9	22.1	26.3	27.3
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	11.7	15.6	18.1	19.0	24.5	26.0
		T4R2	13.9	17.1	19.2	21.8	24.8	27.0
		T4R3	11.3	14.7	17.0	20.4	22.2	24.9
	Prom.		12.3	15.8	18.1	20.4	23.8	26.0
MACHOS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	13.1	17.7	20.2	22.8	27.6	29.2
		T1R2	14.0	18.5	22.4	25.6	29.0	32.9
		T1R3	13.9	19.4	21.6	25.5	28.3	31.8
	Prom.		13.7	18.5	21.4	24.6	28.3	31.3
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	13.7	18.4	21.6	23.5	28.3	29.9
		T2R2	15.1	15.8	19.3	21.4	26.2	28.9
		T2R3	10.9	14.1	16.9	19.3	24.1	27.9
	Prom.		13.2	16.1	19.3	21.4	26.2	28.9
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1	14.0	17.9	20.3	20.7	24.1	24.0
		T3R2	11.6	15.9	18.6	22.4	26.2	31.6
		T3R3	14.0	17.8	20.1	22.1	24.8	27.6
	Prom.		13.2	17.2	19.7	21.7	25.0	27.7
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	13.4	17.3	18.8	20.6	24.7	26.8
		T4R2	15.0	19.7	22.5	24.5	31.8	33.4
		T4R3	14.1	18.3	21.5	24.7	27.6	31.0
	Prom.		14.2	18.4	20.9	23.3	28.0	30.4

Anexo II: Consumo acumulado de alimento balanceado por tratamiento (Kg/Cerdo).

		Sem. #1	Sem. #2	Sem. #3	Sem. #4	Sem. #5	Total.	
HEMBRAS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	7.2	8.9	9.0	9.78	6.8	41.7
		T1R2	7.1	6.8	8.2	8.8	6.8	37.7
		T1R3	7.1	6.1	8.4	9.4	7.8	38.8
	Prom.	7.1	7.3	8.5	9.3	7.1	39.4	
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	7.0	8.8	8.5	8.1	8.3	40.7
		T2R2	7.2	9.4	9.0	9.9	8.9	44.5
		T2R3	6.2	8.4	8.8	9.0	11.0	43.4
	Prom.	6.8	8.9	8.8	9.0	9.4	42.9	
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	7.2	8.8	9.0	9.2	8.3	42.5
		T3R2	7.1	8.4	9.0	9.0	6.8	40.4
		T3R3	6.2	7.6	8.8	7.5	8.9	39.0
	Prom.	6.8	8.3	8.9	8.6	8.0	40.6	
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	7.5	8.5	7.5	9.5	8.4	41.4
		T4R2	7.0	8.2	7.9	10.3	10.3	43.8
		T4R3	3.5	7.5	9.6	7.0	7.8	35.4
Prom.	6.0	8.1	8.3	8.9	8.8	40.2		
MACHOS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	6.9	8.8	8.5	8.9	8.2	41.3
		T1R2	6.8	7.6	8.9	11.0	11.5	45.8
		T1R3	8.0	8.4	8.5	10.7	9.5	45.1
	Prom.	7.2	8.3	8.6	10.2	9.7	44.1	
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	6.6	8.5	9.0	9.0	7.6	40.7
		T2R2	3.0	7.8	9.1	10.2	8.8	38.9
		T2R3	4.6	7.1	9.1	11.4	10.0	42.2
	Prom.	4.7	7.8	9.1	10.2	8.8	40.6	
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	5.6	8.8	7.2	8.1	7.5	37.2
		T3R2	6.6	7.0	9.1	9.5	9.1	41.3
		T3R3	5.5	9.0	8.1	6.0	8.9	37.5
	Prom.	5.9	8.3	8.1	7.9	8.5	38.7	
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	6.3	7.1	8.2	7.0	7.2	35.8
		T4R2	6.4	8.8	9.3	10.2	8.9	43.6
		T4R3	8.1	9.0	10.5	10.3	9.1	47.0
Prom.	6.9	8.3	9.3	9.2	8.4	42.1		

Anexo III: Grasa dorsal semanal por tratamiento (mm/Cerdo).

Sexo	Tratamiento.	Rep.	grasa dorsal					
			Grasa inicial	Sem. #1	Sem. #2	Sem. #3	Sem. #4	Sem. #5
HEMBRAS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	12	12	14	16	17	19
		T1R2	13	13	14	17	17	18
		T1R3	10	11	13	16	18	19
	Prom.		12	12	14	16	17	19
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1		11	12	15	14	16
		T2R2	11	11	13	15	18	18
		T2R3	11	13	15	16	17	17
	Prom.		7	12	13	15	16	17
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	12	12	12	14	16	17
		T3R2	12	12	13	15	16	17
		T3R3	11	14	15	16	14	16
	Prom.		12	13	13	15	15	17
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	11	11	12	13	15	17
		T4R2	9	10	12	15	16	18
		T4R3	11	13	14	18	17	18
	Prom.		10	11	13	15	16	18
MACHOS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	12	12	13	15	16	18
		T1R2	11	13	16	19	21	22
		T1R3	11	12	15	19	20	21
	Prom.		11	12	15	18	19	20
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	11	11	13	15	16	18
		T2R2	13	14	14	16	17	73
		T2R3	10	12	14	16	18	17
	Prom.		11	12	14	16	17	36
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	12	12	12	13	15	17
		T3R2	10	11	12	13	16	17
		T3R3	12	13	15	15	17	18
	Prom.		11	12	13	14	16	17
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	11	11	11	12	15	15
		T4R2	13	11	11	13	15	16
		T4R3	10	11	14	19	20	20
	Prom.		11	11	12	15	17	17

Anexo IV: Conversión alimenticia semanal por tratamiento (Kg/Cerdo).

Sexo	Tratamiento.	Rep.	Conversión alimenticia				
			Sem. #1	Sem. #2	Sem. #3	Sem. #4	Sem. #5
HEMBRAS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	1.263	4.045	6.429	1.603	6.800
		T1R2	1.972	4.250	3.565	1.725	2.957
		T1R3	2.088	2.440	2.897	3.133	2.364
	Prom.		1.774	3.578	4.297	2.154	4.040
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	1.458	4.190	7.727	1.592	5.533
		T2R2	1.674	3.481	3.103	1.681	12.771
		T2R3	1.676	3.111	3.034	3.462	2.895
	Prom.		1.603	3.594	4.621	2.245	7.066
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	1.600	3.270	7.500	1.882	9.222
		T3R2	1.578	8.420	4.737	1.702	11.400
		T3R3	1.550	2.533	2.667	2.885	6.846
	Prom.		1.576	4.741	4.968	2.156	9.156
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	1.923	3.408	8.333	1.731	5.600
		T4R2	2.194	3.924	3.038	3.433	4.682
		T4R3	1.029	3.261	2.824	3.889	2.889
	Prom.		1.715	3.531	4.732	3.018	4.390
MACHOS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	1.500	3.520	3.269	1.850	5.150
		T1R2	1.511	1.949	2.781	3.235	2.949
		T1R3	1.455	3.818	2.179	3.821	2.714
	Prom.		1.489	3.096	2.743	2.969	3.604
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	1.396	2.656	4.737	1.879	4.750
		T2R2	4.286	2.596	4.265	2.127	13.274
		T2R3	1.450	2.536	3.792	2.375	2.632
	Prom.		2.377	2.596	4.265	2.127	6.885
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	1.426	3.667	18.000	2.394	2.394
		T3R2	1.535	2.593	2.395	2.500	1.685
		T3R3	1.447	3.913	4.050	2.222	3.179
	Prom.		1.469	3.391	8.148	2.372	2.419
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	1.615	4.733	4.556	1.712	3.429
		T4R2	1.353	3.143	4.660	1.400	5.563
		T4R3	1.929	2.819	3.272	3.552	2.676
	Prom.		1.632	3.565	4.163	2.221	3.889

Anexo V: Rendimiento de la canal por grupo experimental (%).

Sexo	Tratamiento.	Rep.	Peso inicial	Peso final	Peso - canal	% - canal
HEMBRAS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	14.2	30.6	22.3	73
		T1R2	10.6	25.5	18.3	72
		T1R3	11.5	26.6	20.5	77
	Prom.		12.1	27.6	20.4	74
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	8.0	25.6	18.4	72
		T2R2	14.3	30.8	23.5	76
		T2R3	13.2	28.9	22.4	78
	Prom.		11.8	28.4	21.4	75
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	12.7	26.9	19.2	71
		T3R2	14.7	28.0	24.0	86
		T3R3	12.7	26.9	17.8	66
	Prom.		13.4	27.3	20.3	74
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	11.7	26.0	18.4	71
		T4R2	13.9	27.0	19.5	72
		T4R3	11.3	24.9	17.6	71
	Prom.		12.3	26.0	18.5	71
MACHOS	ENERGIA 100% x PROTEINA100%	T1R1	13.1	29.2	20.8	71
		T1R2	14.0	32.9	23.0	70
		T1R3	13.9	31.8	23.0	72
	Prom.		13.7	31.3	22.3	71
	ENERGIA 100% x PROTEINA90%	T2R1	13.7	29.9	23.3	78
		T2R2	15.1	28.9	22.0	66
		T2R3	10.9	27.9	20.6	74
	Prom.		13.2	28.9	22.0	73
	ENERGIA 90% x PROTEINA100%	T3R1.	14.0	24.0	17.0	71
		T3R2	11.6	31.6	23.0	73
		T3R3	14.0	27.6	20.0	72
	Prom.		13.2	27.7	20.0	72
	ENERGIA 90% x PROTEINA 90%	T4R1	13.4	26.8	22.8	85
		T4R2	15.0	33.4	23.3	70
		T4R3	14.1	31.0	24.4	79
	Prom.		14.2	30.4	23.5	78

ANALISIS DE COVARIANCIAS

Anexo VI: Análisis de covariancia para ganancia de peso.

	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	P
TRATAMIENTO	17.826	3	5.942	1.233	0.333
SEXO	16.063	1	16.063	3.332	0.088
PC inicial	0.9230	1	0.923	0.191	0.668
TRATAMIENTO * SEXO	4.7430	3	1.581	0.328	0.805
	72.311	15	4.821		

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.

F	GL1	GL2	P
3.73	7	16	0.014

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk).

Estadístico	P
0.907	0.03

Anexo VII: Análisis de covariancia para consumo de alimento.

	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	P
TRATAMIENTO	2.3581	3	0.78603	0.52929	0.669
SEXO	1.37593	1	1.37593	0.92651	0.351
PC_inicial	0.00843	1	0.00843	0.00568	0.941
TRATAMIENTO * SEXO	9.48882	3	3.16294	2.12982	0.139
RESIDUOS	22.2761	15	1.48507		

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	GL1	GL2	P
0.55	7	16	0.785

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	P
0.946	0.222

Anexo VIII: Análisis de covariancia para conversión alimenticia

	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	P
TRATAMIENTO	0.332	3	0.1107	1.061	0.395
SEXO	0.32	1	0.3198	3.063	0.101
PC inicial	0.248	1	0.2478	2.374	0.144
TRATAMIENTO * SEXO	0.15	3	0.05	0.479	0.702

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	Gl 1	Gl 2	P
3.31	7	16	0.022

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	P
0.913	0.041

Anexo IX: Análisis de covariancia para grasa dorsal.

	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	P
TRATAMIENTO	25.371	3	8.457	5.165	0.013
SEXO	0.893	1	0.893	0.545	0.472
Grasa inicio	3.409	1	3.409	2.082	0.171
TRATAMIENTO * SEXO	2.843	3	0.948	0.579	0.639
Residuos	22.924	14	1.637		

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.

F	Gl 1	Gl 2	P
1.85	7	15	0.15

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	P
0.964	0.546

Anexo X: Análisis de covariancia para rendimiento de la canal.

	Suma de Cuadrados	GL	Media Cuadrática	F	P
TRATAMIENTO	39.28458	3	13.09486	0.559	0.65
SEXO	0.00769	1	0.00769	3.29E-04	0.986
PC_inicial	20.16124	1	20.16124	0.861	0.368
TRATAMIENTO * SEXO	71.97873	3	23.99291	1.024	0.41
Residuos	351.31051	15	23.4207		

Anexo XI: Análisis de Comparaciones medias entre tratamientos.

Comparación		Diferencia de Medias	EE	Gl	T	P _{tukey}
EM100-PB100	- EM100-PB90	2.3409	0.818	14	2.8602	0.054
	- EM90-PB100	2.5	0.739	14	3.3839	0.021
	- EM90-PB90	2.4697	0.768	14	3.2155	0.028
EM100-PB90	- EM90-PB100	0.1591	0.818	14	0.1944	0.997
	- EM90-PB90	0.1288	0.784	14	0.1643	0.998
EM90-PB100	- EM90-PB90	-0.0303	0.768	14	-0.0395	1

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Anexo XII: Análisis de comparaciones medias entre sexos.

Comparación						
SEXO	SEXO	Diferencia de Medias	EE	Gl	T	P_{tukey}
HEMBRAS -	MACHOS	-0.398	0.539	14	-0.738	0.472

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Anexo XIII: Análisis de comparaciones entre tratamientos por sexo.

Comparación								
Tratamiento	Sexo	Tratamiento	Sexo	Diferencia de Medias	EE	Gl	T	P_{tukey}
EM100-PB100	HEMBRAS	- EM100-PB100	MACHOS	-1.5152	1.05	14	-1.4429	0.824
		- EM100-PB90	HEMBRAS	1.4697	1.19	14	1.2383	0.907
		- EM100-PB90	MACHOS	1.697	1.11	14	1.5322	0.779
		- EM90-PB100	HEMBRAS	2	1.04	14	1.9142	0.563
		- EM90-PB100	MACHOS	1.4848	1.05	14	1.414	0.837
		- EM90-PB90	HEMBRAS	1.6061	1.13	14	1.4262	0.831
		- EM90-PB90	MACHOS	1.8182	1.05	14	1.7315	0.67
	MACHOS	- EM100-PB90	HEMBRAS	2.9848	1.17	14	2.545	0.253
		- EM100-PB90	MACHOS	3.2121	1.08	14	2.9817	0.128
		- EM90-PB100	HEMBRAS	3.5152	1.05	14	3.3475	0.069
		- EM90-PB100	MACHOS	3	1.04	14	2.8713	0.153
		- EM90-PB90	HEMBRAS	3.1212	1.09	14	2.8602	0.156
		- EM90-PB90	MACHOS	3.3333	1.04	14	3.1904	0.09
		EM100-PB90	HEMBRAS	- EM100-PB90	MACHOS	0.2273	1.18	14
- EM90-PB100	HEMBRAS			0.5303	1.19	14	0.4468	1
- EM90-PB100	MACHOS			0.0152	1.17	14	0.0129	1
- EM90-PB90	HEMBRAS			0.1364	1.19	14	0.1149	1
- EM90-PB90	MACHOS			0.3485	1.17	14	0.2971	1
MACHOS	- EM90-PB100		HEMBRAS	0.303	1.11	14	0.2736	1
	- EM90-PB100		MACHOS	-0.2121	1.08	14	-0.1969	1
	- EM90-PB90		HEMBRAS	-0.0909	1.05	14	-0.0869	1
	- EM90-PB90		MACHOS	0.1212	1.08	14	0.1125	1

EM90-PB100	HEMBRAS	-	EM90-PB100	MACHOS	-0.5152	1.05	14	-	0.4906	1
		-	EM90-PB90	HEMBRAS	-0.3939	1.13	14	-	0.3498	1
		-	EM90-PB90	MACHOS	-0.1818	1.05	14	-	0.1731	1
	MACHOS	-	EM90-PB90	HEMBRAS	0.1212	1.09	14	0.1111		1
		-	EM90-PB90	MACHOS	0.3333	1.04	14	0.319		1
EM90-PB90	HEMBRAS	-	EM90-PB90	MACHOS	0.2121	1.09	14	0.1944		1

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Anexo XIV: Análisis de variancia entre medias para rendimiento de canal.

Fuente de variación	Df	Df.res	F valué	Pr (>F)
1 sexo	1	16	0.40908	0.53149
2 tratamientos	3	16	1.34699	0.29445
3 sexo: tratamientos	3	16	1.69538	0.20807

Anexo XV: Análisis de variancia para conversión alimenticia.

Fuente de variación	Df	Df.res	F valué	Pr (>F)
1 sexo	1	16	5.5759	0.031227 *
2 tratamientos	3	16	2.8724	0.068902
3 sexo: tratamientos	3	16	1.8951	0.171129

CONTRAST	ESTIMATE	SE	df	t.ratio	p.value
(EM100-PB100) - (EM100-PB90)	-6.17	3.87	16	-1.595	0.4087
(EM100-PB100) - (EM90-PB100)	-10.83	3.87	16	-2.802	0.0559
(EM100-PB100) - (EM90-PB90)	-8.33	3.87	16	-2.156	0.1781
(EM100-PB90) - (EM90-PB100)	-4.67	3.87	16	-1.207	0.6313
(EM100-PB90) - (EM90-PB90)	-2.17	3.87	16	-0.56	0.9423
(EM90-PB100) - (EM90-PB90)	2.5	3.87	16	0.647	0.9152

Anexo XVI: Análisis de variancia para ganancia de peso.

Fuente de variación	Df	Df .res	F valué	Pr(>F)
1 sexo	1	16	1.2228	0.2851622
2 tratamientos	3	16	5.4161	0.0091572 **
3 sexo: tratamientos	3	16	1.1791	0.3488344

Contrast	Estimate	SE	Df	T. ratio	P.value
(EM100-PB100) - (EM100-PB90)	7.67	3.44	16	2.226	0.1584
(EM100-PB100) - (EM90-PB100)	-6.17	3.44	16	-1.790	0.3135
(EM100-PB100) - (EM90-PB90)	1.17	3.44	16	0.339	0.9861
(EM100-PB90) - (EM90-PB100)	-13.83	3.44	16	-4.016	0.0050
(EM100-PB90) - (EM90-PB90)	-6.5	3.44	16	-1.887	0.2721
(EM90-PB100) - (EM90-PB90)	7.33	3.44	16	2.129	0.1861