



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTO DEL USO DE CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE
MAÍZ EN LA ALIMENTACIÓN DEL LECHÓN SOBRE EL DESEMPEÑO
PRODUCTIVO**

AUTOR: ALVEAR LÓPEZ, JOSÉ SEBASTIÁN

DIRECTOR: TORRES BALAREZO, ROSA JAKELINE

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“EFECTO DEL USO DE CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE MAÍZ EN LA ALIMENTACIÓN DEL LECHÓN SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO”*** fue realizado por el señor ***Alvear López, José Sebastián*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditarlo y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de julio del 2018



Ing. Rosa Jakeline Torres Balarezo

DIRECTORA

C.C.: 0601995715



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Alvear López, José Sebastián*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación *“Efecto del uso de concentrado de proteína de maíz en la alimentación del lechón sobre el desempeño productivo”* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 11 de julio del 2018

José Sebastián Alvear López

C.C.: 1722645916

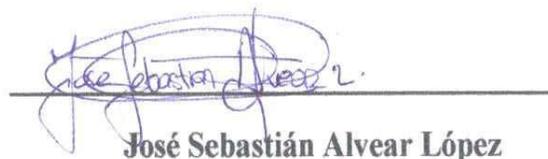


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, Alvear López, José Sebastián autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación: “Efecto del uso de concentrado de proteína de maíz en la alimentación del lechón sobre el desempeño productivo” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 11 de julio del 2018



José Sebastián Alvear López

C.I. 172264591-6

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza, por nunca desampararme cuando más lo he necesitado y guiarme a cumplir mis objetivos.

A mi padre por no dejarme desfallecer, por sus enseñanzas de vida y su sacrificio para hacerme una mejor persona.

A mi madre por todos los malos ratos que le hice pasar, su tolerancia y amor infinito en cualquier circunstancia

A mi hermano por el ejemplo, apoyo incondicional, por demostrarme que con trabajo duro, inteligencia y responsabilidad puedes cumplir tus sueños y hacer cumplir los sueños de los demás como lo ha hecho conmigo.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, mis padres y hermanos por su amor y tolerancia en lo largo de toda mi vida

A la Ing. Jakeline Torres, por su apoyo, respaldo, por la apertura a mi desenvolvimiento en el proyecto porcino de la facultad, que me ha permitido el crecimiento como profesional y desarrollarme en lo que más me gusta.

Al Dr. Christian Ponce, por sus consejos, conocimientos, trabajo, confianza y permitirme realizar este proyecto en el área que más me apasiona, ha sido un honor trabajar con usted.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y a la Facultad de Ingeniería Agropecuaria – IASA I, por haberme forjado como profesional, a mis profesores por transmitirme valiosos conocimientos, al personal laboral y administrativo por su calidad humana y colaboración.

A la empresa Cargill, por la inversión y asesoría en esta investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICADO	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Justificación.....	2
1.2	El Problema	4
1.2.1	Los Efectos	4
1.2.2	Las Causas	4
1.3	Objetivos	5
1.3.1	Objetivo general	5
1.3.2	Objetivos específicos.....	5
1.4	Hipótesis.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Lechón	7
2.2	Fisiología digestiva del lechón	8
2.3	Utilización de nutrientes en lechones	14
2.3.1	Metabolismo de grasas en lechones	14
2.3.2	Metabolismo de carbohidratos en lechones.....	15
2.3.3	Metabolismo de proteína en lechones	15

2.4	Manejo del lechón	18
2.4.1	Lechón recién nacido.....	18
2.4.1.1	Limpieza y secado	18
2.4.1.2	Corte y desinfección del ombligo.....	19
2.4.1.3	Provisión de calor suplementario	19
2.4.1.4	Calostrado.....	19
2.4.1.5	Corte de colmillos	20
2.4.1.6	Identificación.....	21
2.4.1.7	Corte de cola.....	22
2.4.1.8	Inyección de hierro	22
2.4.1.9	Castración de los lechones	22
2.4.2	Destete	23
2.4.2.1	Tipos de Destete	23
2.4.2.2	Riesgos al destete	24
2.5	Alimentación del lechón.....	26
2.5.1	Proteína en la alimentación del lechón.....	26
2.5.1.1	Fuentes de Proteína Vegetal	27
2.5.1.2	Fuentes de Proteína Animal	27
2.5.1.3	Aminoácidos sintéticos.....	28
2.5.1.4	Concentrado de proteína de maíz	29
2.6	Importancia de proteína en lechones	31
2.7	Requerimientos nutricionales del lechón	34

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ubicación del lugar de investigación	36
3.1.1	Ubicación Política	36
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	36
3.1.3	Ubicación Ecológica.....	37
3.2	Materiales	38
3.2.1	Galpón recría	38

3.2.2	Laboratorio	39
3.2.3	Equipos	39
3.2.4	Reactivos	40
3.3	Métodos	40
3.3.1	Evaluación del efecto del uso de concentrado de proteína de maíz sobre parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso diario, conversión alimenticia)	40
3.3.2	Valoración del el status sanitario de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz	47
3.3.3	Determinar de la digestibilidad del nitrógeno y azufre de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.	48
3.3.4	Determinación de parámetros hematológicos (urea, proteínas totales, albumina y creatinina) de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.	50
3.3.5	Determinación de la masa visceral de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.	51
3.3.6	Determinación de la morfometría intestinal de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	55
4.1.1	Desempeño productivo	55
4.1.2	Digestibilidad	64
4.1.3	Parámetros sanguíneos	67
4.1.4	Masa visceral	67
4.1.5	Morfometría intestinal	69
4.1.6	Análisis económico	71
4.2	Discusión	72

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones	81
5.3	Bibliografía.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ficha técnica del concentrado de proteína de maíz</i>	30
Tabla 2 <i>Tasas máximas de uso típicas para fuentes comunes de aminoácidos^a</i>	33
Tabla 3 <i>Requerimientos Dietéticos de Minerales, Vitaminas y Ácidos Grasos de los Cerdos en Crecimiento cuando se permite la alimentación Ad Libitum (90% de materia seca)</i>	34
Tabla 4 <i>Requerimientos Dietéticos de Calcio, Fósforo y Aminoácidos de los Cerdos en crecimiento cuando se permite la alimentación Ad Libitum (90% de materia seca)</i> ..	35
Tabla 5 <i>Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase de destete.</i>	41
Tabla 6 <i>Composición Nutricional de dietas experimentales para lechones en la fase de destete</i>	42
Tabla 7 <i>Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase pre-inicial.</i>	43
Tabla 8 <i>Composición Nutricional de dietas para lechones en la fase pre-inicial</i>	44
Tabla 9 <i>Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase inicial.</i>	45
Tabla 10 <i>Composición Nutricional de dietas para lechones en la fase pre-inicial</i>	46
Tabla 11 <i>Escala de puntuación de diarreas en lechones recientemente destetados</i>	47
Tabla 12 <i>Escala de puntuación respiratoria en lechones recientemente destetados</i>	48
Tabla 13 <i>Análisis de varianza para un DBCA con fuentes de variación y grados de libertad</i>	53
Tabla 14 <i>Peso corporal y desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante 44 días</i>	56
Tabla 15 <i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 1al 7</i>	57
Tabla 16 <i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 8 al 14</i>	58
Tabla 17 <i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 15 al 21</i>	59
Tabla 18 <i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 22 al 28</i>	60
Tabla 19 <i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 29 al 35</i>	60

Tabla 20	<i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 36 al 42</i>	61
Tabla 21	<i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la primera fase de alimentación destete con duración del día 1al 14.....</i>	62
Tabla 22	<i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la segunda fase de alimentación pre-inicial con duración del día 15 al 28</i>	63
Tabla 23	<i>Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación inicial con duración del día 29 al 42.....</i>	63
Tabla 24	<i>Consumo de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.....</i>	64
Tabla 25	<i>Excreción de nitrógeno y azufre en las heces de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.</i>	64
Tabla 26	<i>Excreción de nitrógeno y azufre en la orina de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.</i>	65
Tabla 27	<i>Excreción total de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación</i>	65
Tabla 28	<i>Porcentaje de digestibilidad aparente de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación</i>	66
Tabla 29	<i>Porcentaje de retención de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación</i>	66
Tabla 30	<i>Parámetros sanguíneos de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación</i>	67
Tabla 31	<i>Masa visceral de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz.....</i>	68
Tabla 32	<i>Morfometría intestinal de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz</i>	70

Tabla 33 <i>Costos de alimentación de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz</i>	72
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lugar de Investigación, Hacienda El Prado.36

Figura 2 Galpón de Recría del proyecto porcino de la la Carrera de Ingeniería.....37

RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar los efectos de los niveles de concentrado de proteína de maíz (CPM) en el rendimiento, digestibilidad, parámetros sanguíneos y masa visceral en lechones destetados. Cuarenta lechones ($6,9 \text{ kg} \pm 1,2 \text{ kg}$ de PV) fueron asignados a 1 de 4 tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar. Los lechones fueron alimentados individualmente con dietas que contenían diferentes niveles de CPM (0%, 5%, 10% o 15%) durante 44 d. El rendimiento se midió semanalmente, se recogieron muestras fecales y de orina para determinar el equilibrio de N y S. Se tomaron muestras de sangre para medir parámetros sanguíneos, y los animales fueron sacrificados para determinar la masa visceral. Los datos se analizaron utilizando PROC MIXED en SAS, la significancia se declaró a $P \leq 0,05$. En general el peso final y GDP tendió a disminuir linealmente ($P = 0,065$) y el CMS se redujo significativamente ($P = 0,038$). Por otro lado, hubo una tendencia a disminuir linealmente la excreción de N en la orina. El hematocrito y la urea en suero aumentaron y redujeron linealmente, respectivamente ($P < 0,027$). El peso corporal vacío en 44 d tendió a reducirse linealmente y el peso del páncreas se redujo linealmente ($P = 0,005$). En resumen, la suplementación de hasta 5% CPM reemplazando parcialmente otras fuentes tradicionales de proteínas no altera el rendimiento, digestibilidad de nutrientes, parámetros sanguíneos, masa visceral y morfometría intestinal. Sin embargo, precaución debe ser tomada en cuenta al usar niveles más altos de inclusión.

PALABRAS CLAVE

- **CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE MAÍZ**
- **BALANCE DE NITRÓGENO**
- **RENDIMIENTO DE LECHONES**

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the effects of corn protein concentrate (CPM) levels on performance, digestibility, blood parameters and visceral mass in weaned piglets. Forty piglets (6.9 kg \pm 1.2 kg of PV) were allotted to 1 of 4 treatments in a completely randomized block design. Piglets were fed individually with diets containing different CPM levels (0%, 5%, 10% or 15%) for 44 d. Performance was measured weekly, faecal and urine samples were collected to determine the balance of N and S. Blood samples were taken to measure blood parameters, and animals were sacrificed to determine visceral mass. Data were analyzed using PROC MIXED in SAS, the significance was declared at $P \leq 0.05$. In general, the final BW and ADG tended to decrease linearly ($P = 0.065$) and the ADFI decreased significantly ($P = 0.038$). On the other hand, there was a tendency to linearly decrease the excretion of N in the urine. The hematocrit and serum urea increased and decreased linearly, respectively ($P < 0.027$). The empty body weight at 44 d tended to be linearly reduced and the weight of the pancreas decreased linearly ($P = 0.005$). In summary, supplementation of up to 5% CPM by partially replacing other traditional protein sources does not alter performance, nutrient digestibility, blood parameters, visceral mass and intestinal morphometry. However, caution must be taken into account when using higher levels of inclusion.

KEYWORDS

- CORN PROTEIN CONCENTRATE
- NITROGEN BALANCE
- PERFORMANCE OF PIGLETS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La formulación de dietas para cerdos se ha enfocado a compensar los requerimientos nutricionales en cada etapa de crecimiento. Uno de los puntos principales a cubrir, es la inclusión de proteína cruda. Al aplicar la cantidad necesaria de proteína ha permitido el aprovechamiento adecuado de nutrientes y a su vez, la disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente, (en especial el nitrógeno) producido por los residuos (Zangeronimo, Fialho, Freitas Lima, Rodrigues, & Solis Murgas, 2006).

La etapa post destete en cerdos induce cambios en el tracto digestivo, además los cerdos son sometidos a una transición de una dieta líquida altamente digestiva a una dieta sólida. Estos son factores causantes de estrés, lo que causa problemas y caída en el rendimiento de los lechones (Boudry, Péron, Le Huërou-Luron, Lallés, & Séve, 2004).

Un efecto ineludible en el destete de cerdos es la presencia de diarreas, una enfermedad caracterizada por la excreción de heces acuosas la cual se encuentra familiarizada por la presencia de *Escherichia coli*, bacteria que prolifera en el intestino delgado de lechones ya sean enfermos o sanos (Pluske, 2009).

El manejo del contenido de proteína de alta digestibilidad presente en la dieta, tiene la finalidad de reducir la cantidad de sustrato para la proliferación de bacterias, es una técnica positiva para mejorar la salud intestinal y resguardar el bienestar de los lechones (Wellock, 2008).

Con el aumento en el crecimiento poblacional, se deriva una concurrencia entre los cultivos destinados para el consumo del hombre y los producidos para los animales. Los altos costos, baja disponibilidad, impactos ambientales restringen la gama de ingredientes a destinarse en la

alimentación porcina, por lo que existe la necesidad de buscar fuentes de proteína que puedan ofrecer alternativas alimentarias sostenibles, decreciendo así el valor monetario de la alimentación sin afectar el desarrollo del animal (Fuérez, 2017).

1.1 Justificación

En el sector pecuario del Ecuador, la actividad porcina ocupa el segundo lugar en el número de cabezas con un total de 1.14 millones, caracterizada por la producción de animales para carne, siendo la región Sierra la mayor concentración de cabezas de ganado porcino (INEC, 2016).

La producción porcícola en el 2017 fue de 174.000 TM lo que indica un crecimiento del 93% en los últimos 8 años ya que en el 2009 la producción fue de 90.000 TM precisando un crecimiento anual del 11,6%. Esto es el resultado de buenas prácticas de producción e inversión, donde participan alrededor de 40.000 productores del estrato familiar y tras-patio y 1.700 granjas registradas, lo que permite satisfacer la demanda nacional importando apenas 3.000 TM, de grasa para la industria de embutidos (ASPE, 2017).

Uno de los retos esenciales para la porcicultura es la adecuada alimentación, específicamente la disponibilidad de ingredientes y el costo de alimentación. La nutrición representa entre el 60% y 70% de los costos de producción y de esta depende una exitosa producción porcina (FAO, 2014).

Un sistema de producción porcina intensiva usa dietas adaptadas a fases fisiológicas que presentan los animales, con el fin de suplir los requerimientos nutricionales de cada etapa y a la reducción de desechos al medio ambiente (FAO, 2014).

Lechones recientemente destetados presentan un bajo consumo de alimento y de agua debido a su instinto animal de alimentarse únicamente de leche materna, este es el principal

problema a la hora del destete lo que produce que el lechón no reciba los nutrientes adecuados para satisfacer la energía de mantenimiento por lo que todas las alternativas nutricionales y de manejo que se apliquen para el consumo del alimento son factibles en el destete (Contreras & Calderon, 2012).

La etapa de recría en el desenvolvimiento del cerdo es la más desafiante y en la cual se ha invertido más investigaciones a nivel mundial. El progreso del animal en la fase de desarrollo y engorde dependerá de su capacidad de digerir y asimilar macromoléculas ingeridas en la primera etapa y cualquier alteración restringe su crecimiento (Adeola & King, 2006).

La preparación de concentrado de primeras edades en cerdos empieza con la elección y revisión de materias primas de primera calidad. Continuando con la composición del alimento que avale la contribución adecuada de nutrientes, para obtener efectos favorables como una provechosa fisiología digestiva, composición de la microflora intestinal y por tanto disminuyendo la presencia de enfermedades respiratorias y disentería en lechones, aumentando así su productividad (Arrieta, y otros, 2015).

Los costos de alimentación la etapa de recría constituye el 25% del valor total, mientras que la etapa de desarrollo y engorde describen el 35% y 40% respectivamente, no obstante la etapa de recría representa un alto impacto en los resultados generales de las siguientes etapas (Benítez, Gómez, Hernández, Navarrete, & Moreno, 2015).

En la formulación de dietas para lechones recientemente destetados se debe utilizar fuentes alternas de proteína altamente digestible, que pueden ser de origen vegetal o animal que cumplan con el perfil aminoacídico del lechón (Pérez J. , 2013).

1.2 El Problema

El rendimiento final de la producción del cerdo está sujeta a un eficiente manejo al destete del lechón. De esta transición dependerá la obtención del cerdo finalizado en un menor tiempo y con mejor peso. En la etapa del destete, el animal no está preparado para digerir dietas bajas o nulas en lactosa. Los lechones son sensibles a la cantidad y calidad de la proteína en la dieta debido a que los requerimientos de aminoácidos son muy altos. Existe riesgo de trastornos entéricos por la presencia en el intestino grueso de proteína de pobre digestibilidad y que estos contengan factores antinutricionales.

1.2.1 Los Efectos

Una característica del trastorno digestivo en lechones al destete es una baja ganancia de peso, escaso consumo de alimento e ineficiencia en la conversión alimenticia. Además tienen una susceptibilidad a los patógenos entéricos que son responsables de la diarrea siendo de mayor prevalencia la semana después del destete. Por otro lado, enfermedades respiratorias que producen tos crónica, disneas y taquipneas que afecta a los lechones a partir de la sexta semana de edad, aumentando en el periodo de destete tasas de mortalidad.

1.2.2 Las Causas

Después del destete, durante 3 a 6 horas el tracto digestivo de los cerdos es casi vacío, lo que aprovechan los microbios para atacar el revestimiento epitelial del intestino delgado y causar una disminución de la altura de las vellosidades, aumento de la profundidad criptal, disminución de la respuesta inmune del intestino delgado, aumento en las poblaciones de *E. coli* y *Clostridium* relacionada con la disminución de la bacterias *Lactobacillus*. A la tercera semana de edad el lechón baja la producción de ácido clorhídrico reduciendo enzimas

digestivas, limitando la hidrólisis de almidones, proteínas y azúcares ocasionando que el animal sea más susceptible a enfermedades.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión (5%, 10%, 15%, 20%) de concentrado de proteína de maíz en la alimentación de lechones sobre parámetros productivos, status sanitarios, morfometría intestinal, masa visceral, digestibilidad de nutrientes y parámetros hematológicos.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto del uso de concentrado de proteína de maíz sobre parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso diario, conversión alimenticia)
- Valorar el status sanitario (diarrea y neumonía) de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz
- Determinar la masa del paquete visceral de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz
- Determinar la digestibilidad del nitrógeno y azufre de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz
- Determinar los parámetros hematológicos (urea, proteínas totales, albumina y creatinina) de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz
- Determinar la morfometría intestinal de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz

- Determinar el análisis costo: beneficio de la inclusión del concentrado de proteína de maíz.

1.4 Hipótesis

H0: La sustitución parcial de fuentes de proteína por un concentrado de proteína de maíz no altera los parámetros zootécnicos en lechones post destete.

H1: La sustitución parcial de fuentes de proteína por un concentrado de proteína de maíz altera los parámetros zootécnicos en lechones post destete.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Lechón

En producción porcina se denomina lechón a la cría porcina durante su período de lactancia que se lleva a cabo en la salas de maternidad, posee un peso al nacer de 1-1,5 kg tiene una duración de 21 a 35 días y finaliza con un peso de 6,5 - 8,5 kg alimentándose básicamente de leche materna. Asimismo el lechón es el animal en recría alojado en jaulas elevadas, fraccionando su alimentación en tres fases (destete, pre-inicial e inicial). Las etapas post-destete de la recría empiezan con un peso de 6,5 kg y finaliza con un peso de 14 kg con una duración de 14 días. La fase pre-inicial empieza con un peso de 14 kg y finaliza con un peso de 19 kg con una duración de 15 días. Y la fase inicial empieza con un peso de 19 kg finalizando con un peso de 25 kg con una duración de 15 días, confiriendo en la etapa de recría una perpetuidad total de 45 días con una alimentación esencialmente de concentrado (Araque, 2009).

El lechón destetado tiende a ser delicado, de bajo peso y tener una escasa capacidad de digestión, por lo que el eficiente manejo en esta fase repercutirá en la productividad de las etapas subsiguientes (Rodríguez D. , 2016).

(Rodríguez M. , 2005) manifiesta que la vida del lechón se puede distinguir en tres fases:

- Fase del lechón en maternidad: en compañía de su madre hasta el destete y un corto período ya destetado.
- Fase del lechón en la transición: cuando se realiza destete precoz que es lo usual en la actualidad en las explotaciones intensivas.

- Fase del lechón en la recría: sólo cuando se realizan destetes de 5-6 semanas o más para la supervivencia del lechón.

2.2 Fisiología digestiva del lechón

El cerdo posee un sistema digestivo idóneo para la alimentación a base de concentrados, su tracto digestivo es sencillo en cuanto a los órganos que son parte de éste, los cuales están conectados a través de un tubo musculoso membranoso que va de la boca al ano (AGRARIA, 2010).

- **Boca**

Los lechones nacen con dientes de aguja que son los terceros incisivos caducos y los caninos, los dientes tienen el papel principal de moler para reducir el tamaño del alimento e incrementar el área de superficie. Su fórmula dentaria al nacer es $2x (i3/3; c1/1; /pm4/4; m0/0) = 32$. Los incisivos superiores son de gran tamaño, voluminosos y poseen cornete dentario externo, los inferiores son largos y rectos, los extremos son pequeños y están muy separados del resto de los incisivos. Los caninos de leche son pequeños y tumbados sobre las encías, los permanentes tienen un desarrollo ligado al sexo, no sobrepasan los 3 a 4 cm en las hembras y es de crecimiento continuo en los machos. Poseen cuatro premolares y tres molares de cada lado, estos crecen de tamaño del primero (10mm) al séptimo (32mm) (Rouge, 2018).

La saliva inicia con la reacción química para la degradación del alimento mediante las glándulas parótida, mandibular y sub-lingual. La secreción de saliva es un acto reflejo estimulado por la presencia de comida en la boca, la cantidad de mucosidad presente en la saliva está regulada por la sequedad o humedad del alimento consumido. Una vez que se

mastica la comida y se mezcla con la saliva, pasa a través de la boca, faringe, esófago y estómago (UNNE, 2018).

- **Estómago**

El estómago es un órgano muscular responsable de almacenar, humectar y adecuar la mezcla del alimento, además inicia la digestión enzimática, el desdoblamiento del alimento en nutrientes digeribles, secreta hormonas que regulan la actividad digestiva del organismo y posee una función de protección por el poder bactericida de su pH de 1-2 (Pérez, Alonso de León, & Del Risco, 2007).

Tiene cuatro áreas diferentes, la región del esófago que está ubicada en la entrada del estómago, un área sin glándulas y con epitelio estratificado plano por lo que no hay secreción de enzimas, esta espacio está sujeto a la formación de úlceras debido a la digestión de partículas finas de tamaño (DeRouche, 2014).

La zona del cardias localizado adyacente al área esofágica, ocupa aproximadamente 1/3 a 1/2 del área del estómago en el cerdo. Esta segrega mucosidad que protege los revestimientos del estómago del HCl (Chiba, 2014).

La sección fúndica que es la parte más grande del estómago, posee tres tipos de células (células del cuello, parietales y principales). Las células del cuello son responsables de la secreción de mucosidad, las células parietales están encargada de la secreción de HCl (este desnatura la proteína, proporciona un pH de 1,5 a 2,5 óptimo para la eliminación de bacterias ingerida con el alimento y descompone a la enzima digestiva pepsinógeno formando la pepsina que es encargada del catabolismo proteico) y el intercambio de Na con H. Las células principales son responsables de la secreción de las enzimas pepsinógeno y renina que

actúan sobre la caseína para formar una cuajada, electrolitos (Na, K, Cl) y agua (Vallecilla, 2014).

La región pilórica es la última porción antes de ingresar al intestino delgado responsable de segregar la hormona, gastrina responsable de la secreción de ácido, agua, electrolitos, enzimas y mucosidad para alinear las membranas digestivas y prevenir el daño del alimento digerido bajo en pH, pase al intestino delgado. El esfínter pilórico regula la cantidad de alimento digerido que pasa al intestino delgado (Martínez, 2008).

- **Intestino delgado**

El intestino delgado es un tubo complejo que se encuentra en forma espiral, tiene una longitud promedio de 18m y una capacidad de 9 litros. Su función es la absorción de nutrientes, por lo que tiene pequeñas proyecciones en forma de dedo conocidas como vellosidades, que amplifican el área de absorción del intestino, además el intestino delgado produce enzimas que ayudan a la digestión y asimilación alimentos digeridos. Está dividido en tres secciones el duodeno, yeyuno e íleon (Cunningham, 2005).

La sección del duodeno es el principal sitio de mezcla para la digesta, presenta de pH de 6.3, agrega secreciones del hígado y el páncreas que protegen a la pared intestinal. Las secreciones del hígado se almacenan en la vesícula biliar y pasan al intestino a través del conducto biliar, los jugos digestivos del páncreas pasan a través del conducto pancreático en el intestino delgado estas secreciones ayudan en la digestión de las grasas, carbohidratos y proteínas (Zamudio, 2015).

La mayoría de los nutrientes de los alimentos se absorben en el segundo y tercer partes del intestino delgado, llamado yeyuno e íleon que poseen un pH de 7,59. La absorción de nutrientes en el yeyuno y en el íleon ocurre en el área conocida como borde cuticular, o mucosa

intestinal. La mucosa está compuesta por proyecciones que parecen dedos llamadas vellosidades, las cuales a su vez contienen más microproyecciones llamadas microvellosidades. Las puntas de las microvellosidades forman estructuras tipo red llamadas glicocalix. Los aminoácidos y las azúcares simples son descargados en la membrana del borde cuticular, son absorbidos primero por las microvellosidades, luego por las vellosidades, y después pasan al sistema circulatorio. Los aminoácidos y los azúcares simples absorbidos van directamente al hígado vía la vena portal. El yeyuno absorbe la mayor parte de sustancias lipídicas y el íleon absorbe la mayor parte de vitaminas B12 y sales minerales (Rowan, Durrance, & Combs, 2015).

Durante las primeras 24 horas del destete las microvellosidades se reducen en un 75% en su altura, debido a la pérdida de enterocitos maduros. Las microvellosidades en este lapso sufren un cambio morfológico de largas en forma de una mano, se acortan, se ensanchan y aplanan como una hoja o lengua, esto desencadena una absorción de nutrientes deteriorada, el lechón es susceptible a diarreas o enteritis (Reis de Souza T. , Mariscal , Escobarr, Aguilera , & Magné , 2011).

- **Páncreas**

El páncreas es de color rojo rosado, difícil de discernir debido a los tejidos conjuntivos y tejidos adiposos. Su función endocrina es suministrar enzimas al sistema intestinal para la digestión del almidón, proteína y grasa. Y su función exocrina es la secreción de agua, electrolitos y bicarbonato en el duodeno. Proporciona hormonas para manipular el metabolismo de los nutrientes (González, 2005).

Posee ductos que penetran la glándula y dan aumentos a un conducto, que suministra zimógenos al área del duodeno. Está compuesto por tejidos exocrinos e islotes endocrinos, de

los cuales dominan los tejidos acinares. Las células acinares son responsables de la secreción de enzimas o zimógenos. Las células del centroaacular y del conducto son responsables de la secreción de agua y electrolitos (DeRouchey, 2014).

En todo el páncreas están distribuidos los islotes de Langerhans en estos se encuentran las células A que producen el glucagón (afecta la lipólisis de las reservas hepáticas, pero tiene un efecto mínimo en los adipocitos, tiene actividades glucogenolíticas, gluconeogénicas, lipolíticas y cetogénicas, es decir, el glucagón es una hormona de liberación de energía), células B que producen la insulina (elimina rápidamente la glucosa circulante para la síntesis de ácidos grasos en el tejido hepático y adiposo, estimula el piruvato deshidrogenasa y la acetil CoA carboxilasa, tiene actividades glucogénicas, antigluconeogénicas, antilipolíticas y antiketóticas. es decir, la insulina es una hormona de almacenamiento de energía), células D que producen somatostatina (encargada de coordinar las actividades del tracto gastrointestinal y regular la tasa de entrada de energía en el animal y estar involucrado en una homeostasis a largo plazo a través de instrucciones del cerebro) (Chiba, 2014).

- **Hígado**

El hígado es la glándula más voluminosa del cuerpo del cerdo, aproximadamente es el 1.75% del peso corporal del cerdo, es vital para la digestión y la asimilación de nutrientes absorbidos. Tiene la vesícula biliar para almacenar la bilis, la cual sale del hígado por el conducto hepático para desembocar en la primera porción del duodeno. La bilis es un líquido de color verde amarillento, formado principalmente por agua, sales biliares, pigmentos, y colesterol, con pequeñas porciones de grasa y sales inorgánicas, ayuda a la emulsión de ellas y al mismo tiempo aumenta la solubilidad de los ácidos grasos de cadena larga (Chiba, 2014).

- **Intestino grueso**

El intestino grueso es más corto, pero con mayor diámetro que el intestino delgado, se extiende desde la terminación del íleon hasta el ano, se divide en tres regiones ciego, colon y recto. La función principal es la absorción de agua además de ser un depósito de materiales de desecho que conforman las heces y absorbe parcialmente nutrientes que no fueron asimilados en el intestino delgado además de segregar mucosa al alimento restante que actúa como lubricante para facilitar el paso (Rowan, Durrance, & Combs, 2015).

El alimento digerido que pasa por el intestino delgado al intestino grueso es muy líquido, el epitelio del intestino grueso tiene una gran capacidad para absorber agua. Una vez que el alimento digerido pasa por el íleon hacia el intestino grueso, no ocurre digestión enzimática, sin embargo, sí ocurre limitada actividad de enzimas microbianas en el intestino grueso, que forman los ácidos grasos volátiles. Estos pueden ser absorbidos en el intestino grueso, generalmente estos proveen solo energía suficiente para ayudar en los requerimientos de nutrientes del epitelio del intestino grueso. Luego de retirarle la mayor cantidad de agua, la digesta se condensa en un material semi sólido que pasa por el recto y el ano (DeRouche, 2014).

- **Ciego**

El ciego se encuentra al comienzo de la intestino grueso, su función es retrasar el proceso del contenido intestinal hacia el intestino grueso tiene dos secciones, la primera sección tiene un final, por donde el material no puede pasar. El ciego tiene una segunda porción que se conecta con el colon, donde pasa el bolo digerido hacia el recto y ano, por donde se excreta la digesta restante (Cunningham, 2005).

2.3 Utilización de nutrientes en lechones

Los nutrientes en la alimentación son utilizados para el crecimiento y desarrollo del cerdo a través de complejos cambios químicos en el animal, esta colección de síntesis y reacciones químicas se denomina metabolismo. El metabolismo se fracciona en dos grandes procesos el catabolismo (sistema de obtención de energía para la descomposición de los materiales orgánicos de alta a baja capacidad molecular) y el anabolismo (proceso de la síntesis de materiales orgánicos usando la energía, por ejemplo, la síntesis de proteínas y lípidos) (INATEC, 2016).

2.3.1 Metabolismo de grasas en lechones

El lechón al nacer posee niveles de engrasamiento muy bajos, precisa un contenido en grasa alrededor de 1,73% que se encuentra mayormente en forma de depósitos grasos separables (grasa subcutánea, grasa intermuscular y grasa perirrenal). La composición de grasa dependerá de la proporción de ácidos grasos de la dieta; dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (aceite de linaza o aceite de soya) se reflejarán en una composición de ácidos grasos del cerdo (Chiba, 2014).

En los animales monogástricos los lípidos se descomponen en ácidos grasos y glicerol por la lipasa secretada por la vesícula biliar y se absorben en el intestino delgado. Los ácidos grasos y glicerol absorbidos se sintetizan en triglicéridos en la pared del intestino delgado, se transportan por la sangre a las partes del cuerpo y se utiliza como energía. El exceso de triglicéridos se sintetiza en la grasa corporal. La energía de la grasa en comparación con otros nutrientes representa 2.25 veces de la cantidad de calor (Montgé & García, 2011).

El lechón crece fundamentalmente de la grasa contenida en la leche materna, por lo que el desarrollo enzimático de la lipasa pancreática encargada de la digestión de la grasa comienza su

desarrollo al nacer el lechón. Las grasas ajenas a la leche materna son digeridas por las sales biliares producidas por el hígado (Dúran, 1990).

2.3.2 Metabolismo de carbohidratos en lechones

Los carbohidratos en la dieta suministran más de la mitad de energía para el trabajo metabólico, se sintetizan por enzimas digestivas convirtiéndose en monosacáridos como la glucosa, absorbiéndose en el intestino delgado. Esta brinda energía a las células, su exceso se almacena en el músculo y en el hígado en forma de glucógeno, o se acumula en las células de grasa de los órganos internos y la piel sintetizándose en triglicéridos (INATEC, 2016).

Existe una baja secreción enzimática del lechón, su actividad aminolítica hasta los veinte días de edad es casi mínima, por lo que le resulta difícil la digestión del almidón. En esta edad el lechón es incapaz de sintetizar almidón crudo o sin tratamiento previo, por tanto el azúcar que aprovechará el lechón es la lactosa durante las primeras tres semanas de edad, esto se debe a la lactasa intestinal que brinda la madre en el calostro desde el comienzo de la vida del lechón. (Dúran, 1990).

2.3.3 Metabolismo de proteína en lechones

Los animales no precisan las proteínas como tales sino los aminoácidos que las componen para sintetizar sus propias proteínas. La proteína bruta por acción de enzimas proteolíticas se descompone en péptidos y aminoácidos de bajo peso molecular y se absorbe en el intestino delgado. Los aminoácidos quedan libres, son absorbidos y transportados a la corriente sanguínea por medio del hígado donde transcurre parte de su metabolismo y luego se distribuyen para sintetizarse en las células de cada tejido. El exceso de aminoácidos y proteínas descompuestas se transforman en amoníaco, extracto libre de nitrógeno y ácido úrico sintetizado del amoniaco y este se excreta a través de la orina (Ramírez & Buntinx Dio, 2014).

Las proteínas forman estructuras, son fuente de energía y son sustratos para otras rutas biosintéticas, provienen del alimento o por recambio metabólico de proteína endógena. Su exceso se degrada parcialmente para dejar esqueletos de carbono para biosíntesis o se degradan totalmente para producir energía. Son catabolizados a través de la remoción del nitrógeno, a través de dos rutas principales, la transaminación y la desaminación oxidativa. En la transaminación, un aminoácido dona su grupo amino al α -cetoglutarato (ciclo de Krebs) se forma un α -cetoácido y glutamato, el coenzima utilizado es principalmente el piridoxal fosfato. Esta reacción es reversible y se encuentra ampliamente distribuida en los tejidos, especialmente en el cerebro, corazón, riñón, hígado (INATEC, 2016).

La regeneración del α -cetoglutarato se consigue mediante la desaminación oxidativa del glutamato catalizada por la glutamato deshidrogenasa unida al NAD (nicotinamida adenina dinucleótido). El amoníaco resultante de la desaminación de aminoácidos se transforma en urea en el hígado para destoxificarlo. En muchos órganos (cerebro, intestino, músculo esquelético), la glutamina es el transportador del exceso de nitrógeno. En el músculo esquelético existe el ciclo glucosa-alanina para transportar el amoníaco al hígado bajo la forma de alanina (Chiba, 2014).

El ciclo de la urea utiliza cinco enzimas: argininosuccinato sintasa, arginasa, arginosuccinato liasa, ornitina transcarbamoilasa y carbamoil fosfato sintasa. El amonio libre formado en la desaminación oxidativa del glutamato se convierte en carbamoil fosfato, reacción catalizada por la carbamoil fosfato sintetasa I y que requiere dos ATP. El carbamoil fosfato transfiere su grupo amino a la ornitina y forma citrulina. Ésta debe transportarse a través de la membrana mitocondrial al citosol, donde se formará la urea (Dúran, 1990).

En cada vuelta del ciclo de la urea se eliminan dos nitrogénos, uno que se origina de la desaminación oxidativa del glutamato y el otro del aspartato. Como él se hidroliza, se necesitan 4 fosfatos de alta energía para formar una molécula de urea. El fumarato es el vínculo entre el ciclo de la urea y el de Krebs. Después de la desaminación, el esqueleto de carbono de los aminoácidos puede ser utilizado para la producción de energía. El catabolismo de los aminoácidos involucra su conversión a intermediarios en el ciclo de Krebs, su conversión a piruvato o a acetil-CoA. Este último puede oxidarse en el ciclo de Krebs o puede convertirse en acetoacetato y lípidos. Los aminoácidos que forman acetoacetato son cetogénicos, ya que no pueden convertirse en glucosa. Los aminoácidos que forman α -cetoglutarato o ácidos dicarboxílicos de cuatro carbonos estimulan el funcionamiento del ciclo de Krebs y son considerados glucogénicos (Ramírez & Buntinx Dio, 2014).

Las proteínas propias del organismo (proteínas endógenas) se degradan después de un tiempo y adquieren unas señales que van a indicar a las enzimas de degradación cuando deben comenzar su proceso. Los aminoácidos libres que provienen de este proceso de digestión de las proteínas son absorbidos por las paredes del intestino y conducidos por medio del sistema porta-hepático. Una vez que llegan al hígado, a través de la corriente sanguínea, son distribuidos por las células para su posterior utilización (Reis de Souza T. C., Mariscal, Aguilera, & Cervantes, 2006).

Las enzimas que intervienen en la digestión proteica están presentes en los respectivos órganos en forma de unos precursores inactivos denominados zimógenos que por acción del ácido clorhídrico estomacal pierden parte de su molécula transformándose en la enzima propiamente activa. Los aminoácidos ya en el intestino delgado con un pH 7-9 actúan las enzimas pancreáticas. La tripsina tiene actividad sobre arginina y lisina, la quimiotripsina actúa

sobre metionina y aminoácidos aromáticos, la elastasa que libera preferentemente aminoácidos alifáticos y las carboxipeptidasas A y B que actúan a nivel de aminoácidos aromáticos y arginina y lisina, además actúan las aminopeptidasas sobre los aminoácidos que tienen un grupo NH₂ libre (INATEC, 2016).

La absorción se realiza a nivel de la mucosa intestinal gracias a las peptidasas que absorben péptidos y liberan aminoácidos. Colaboran activamente en el transporte a través de las membranas los iones sodio y la vitamina B₆ (piridoxina). Únicamente los aminoácidos libres de la mucosa intestinal pasan a la sangre portal hasta recalar en el hígado (Dúran, 1990).

2.4 Manejo del lechón

2.4.1 Lechón recién nacido

Un correcto manejo del lechón causará un importante aumento en la productividad, debido a que en esta etapa existen los niveles más altos de mortalidad en una producción porcina, además que el adecuado manejo del lechón al nacer es determinante para la sobrevivencia, bienestar y desempeño productivo de los cerdos en las etapas posteriores. Los lechones al nacer no están cubiertos de pelo, la capa de grasa subcutánea es escasa, poseen un sistema inmune débil siendo más susceptibles a enfermedades y cambios ambientales drásticos (Pérez F. , 2009).

2.4.1.1 Limpieza y secado

Al nacimiento se debe examinar las cavidades respiratorias (fosas nasales y boca) para comprobar que no se encuentre obstruida la respiración por la presencia de membranas fetales, meconio o líquidos placentarios. Se sujeta al lechón de las patas con la cabeza hacia abajo y se le aplica una leve fuerza centrífuga que nos ayudara a despejar cualquier tipo de mucosidad, además se realiza un masaje para activar la circulación y estimular la respiración. Al nacer el

lechón se encuentra mojado por lo que se debe secarlos con paños limpios e inmediatamente trasladarlos al sitio temperado de la maternidad para no exponerlos a una pérdida de calor (Pérez F. , 2009).

2.4.1.2 Corte y desinfección del ombligo.

El cordón umbilical es una fuente por donde entran patógenos por un mal manejo. Al nacer el cordón umbilical de los lechones se ligara con un hilo limpio, previamente desinfectado en una solución antiséptica, se cortará a una distancia de 2-3 cm de la base con un instrumento previamente desinfectada. Se embeberá el cordón umbilical en una solución desinfectante e astringente que permitirá que el secamiento y caída del cordón en poco tiempo (Sobalvarro, 2008).

2.4.1.3 Provisión de calor suplementario

Al nacer los lechones exhiben un intervalo de neutralidad térmica muy estrecho, con una temperatura crítica inferior muy alta, aproximadamente de 32-35°C. Si el lechón convive en un ambiente por debajo de los rangos, utiliza energía adicional para mantenerse temperado lo cual conlleva a una caída en la ganancia de peso y consumo de reservas energéticas. Por lo que en maternidad se debe adicionar fuentes de calor para establecer un ambiente adecuado para el bienestar del lechón. Un manejo tradicional es mantener a los lechones en un cajón bajo una fuente de calor par que este no permanezca cerca de la madre y evitar muerte por aplastamiento (Rodríguez, Allaway, Alvarez, & Alzina, 1996).

2.4.1.4 Calostrado

Un suceso importante e las primeras horas del lechón es la ingestión de calostro. El lechón empieza a mamar entre 10 y 35 minutos después del nacimiento, lo hace de 20 a 22 veces al día con un intervalo de 60 o 70 minutos. En cada lactada el lechón ingiere de 20 a 60 g de leche

con una duración de 20 a 30 segundos. En las primeras 12 horas de vida mama unas 15 veces, ingiriendo aproximadamente entre 200 g y 600 g de calostro. Esta frecuencia disminuye a medida que van creciendo debido al aumento de la capacidad gástrica. El calostro posee un alto valor nutritivo e inmunológico aumentando sus defensas naturales, resistencia a enfermedades y evita la hipotermia por la cantidad de energía suministrada en el recién nacido (Riopérez & Rodríguez , 2005).

2.4.1.5 Corte de colmillos

El corte de colmillos es un manejo estandarizado en la industria porcina, los lechones utilizan los colmillos para la supervivencia y competencia por los pezones de la madre. La madre al percibir dolor en los pezones causada por la incisión de los colmillos baja su producción de leche, se vuelve molesta, le causa estrés y deja de amamantar a los lechones además los mordisqueos pueden causar infecciones en la cerda (Paramio , y otros, 2008)

Al nacer los lechones poseen con ocho dientes totalmente erupcionados y puntiagudos en forma de agujas. Al segundo día de edad junto al suministro de hierro y descole, se debe despuntar los ocho colmillos. El corte se realiza con pinzas previamente desinfectadas con una solución de yodo al 5% con el cuidado de no romper o extirpar algún colmillo. Sin las debidas normas de higiene, desinfección y bioseguridad se incrementará el riesgo de transmisión de bacterias como *Streptococcus suis* de lechón a lechón (Hernández, 2015).

La debida sujeción del animal al descolmillar es tomar la cabeza del lechón con una mano de manera que el dedo pulgar sujete la parte inferior del cráneo mientras que el dedo medio se introducirá transversalmente en la boca del lechón de manera que este no tenga la posibilidad de cerrarla, el dedo anular se situará en la quijada del animal proveyendo seguridad y firmeza

en la sujeción. Con la otra mano se sujeta y maneja las pinzas, se realizará un corte firme y rápido con la prolijidad de no dañar encías ni lengua (Quiles & Evia, 2010).

2.4.1.6 Identificación

La identificación representa el primer método de control en una producción porcina, con este manejo podemos facilitar un debido y adecuado control de registros. Su objetivo es individualizar a cada animal y reconocer su edad y origen (Quiles & Evia, 2010).

Para la identificación de los cerdos existen métodos como los tatuajes, las muescas y aretes entre los más utilizados. El tatuaje ofrece mayor seguridad se utiliza pinzas insertadas con piezas con números de pequeñas agujas y tinta para impregnar el tatuaje. Se limpia bien la oreja en su cara interna, se aprieta con las pinzas previamente colocado el número designado, se empapa la oreja con tinta para que esta penetre profundamente en la zona del tatuaje con la ayuda de masajes en la oreja del animal (Sobalvarro, 2008).

La muesca es la ejecución de cortes en las orejas del cerdo, esto se basa que en el cartílago, una vez cortado no se regenera. Previamente se desinfecta la oreja con una solución yodada al 5%, el corte de la oreja se procede con una pinza muescadora previamente desinfectada, la posición del corte indica el número, una vez realizados los cortes, se desinfectan las orejas, aplicando sobre las heridas una solución desinfectante (Paramio , y otros, 2008).

Los aretes es la colocación de etiquetas de plástico donde se identificara el nombre o número del animal, además se puede agregar información como la madre, lote o número de semana de nacimiento. Se debe desinfectar la oreja con una solución de yodo al 5%, con una pinza aretiadora previamente desinfectada se coloca el arete con una incisión firme y rápida en la zona del cartílago del lechón para que esta no se salga en el transcurso de la vida del animal (Sobalvarro, 2008).

2.4.1.7 Corte de cola

Los cerdos en hacinamiento presentan comportamientos propios de la especie como morderse la cola entre sí, este tipo de acción desencadena tentativas de infección debido al sangrado y aprovechamiento de los patógenos. Por lo que el descolado es un manejo propio en lechones en maternidad, esto se debe realizar al segundo día de nacido ya que el lechón en esa edad presenta características como fácil sujeción, la acción es menos estresante, menos porcentaje de mordeduras entre si y es protegido por los anticuerpos provenientes del calostro de la cerda. Se corta aproximadamente el 1/3 del tamaño de la cola con una tijera o cauterizador previamente desinfectado (Pérez F. , 2009).

2.4.1.8 Inyección de hierro

Un problema al nacer de los lechones es su bajo contenido en el organismo de hierro, poseen alrededor de 40-50mg de hierro. A través de la leche materna el animal recibe 1mg por día, pero sus necesidades diarias son en promedio de 7mg, lo que implica que en pocos días todas las reservas de hierro se consumirán y el lechón padecerá de anemia ferropénica. Al segundo día de nacido se debe suministrar 2 ml de hierro dextrano intramuscular o se lo puede dar oralmente aunque de esta forma provoca trastornos digestivos, vómitos y no se asimila completamente (Góngora, Sarmiento, Segura, & Santos, 2004).

2.4.1.9 Castración de los lechones

En cerdos a la edad de 4 meses presentan un olor característico a verraco, este olor es provocado por las hormonas de la androstenona que le da un olor a orina en la carne y el escatol que le proporcionan un olor a heces a la carne. Por lo que a una edad de 15 días de nacido se realiza la castración a los lechones, la castración consiste en remover los testículos

que tiene por objetivo mantener la calidad de la carne e impedir la reproducción no controlada (Fàbrega, y otros, 2009).

Al realizar este manejo es aconsejable no inquietar a las madres con los gritos de los lechones, mantener limpio y desinfectado el lugar, esterilizar todo el material quirúrgico que se utilice y no practicarla en animales enfermos. Al realizar la castración a temprana edad nos provee ciertas ventajas como la accesibilidad del animal por su pequeño tamaño, se efectúa fácilmente y sin hemorragia, menos estrés, las posibilidades de infección son menores, la cicatrización es rápida y su alimentación es en base a leche materna que le proporciona agentes inmunológicos para cualquier tipo de infección (Quiles, 2009).

2.4.2 Destete

El destete en lechones representa una de las etapas más críticas en la vida productiva del cerdo, en la producción porcina es un manejo necesario que separa bruscamente al lechón de su madre. Al realizar el destete se genera estrés al animal lo cual conduce a desajustes metabólicos que alteran y comprometen su desempeño, esto se debe al cambio de alimento, transporte, el ambiente de las nuevas instalaciones etc. La buena adaptación del destete en los lechones repercutirá en parámetros productivos durante el crecimiento del lechón. Por lo cual es fundamental el control de todos los factores que intervienen en el lechón durante este proceso para optimizar el bienestar y el rendimiento del lechón (Mota , y otros, 2014).

2.4.2.1 Tipos de Destete

El destete precoz de lechones es una alternativa de gran utilidad en la producción porcina actual, bajo el enfoque sanitario y el aumento de la eficiencia reproductiva.

(Paulino, 2004) define al destete como la separación del lechón de la leche proporcionada por la madre y lo clasifica de la siguiente manera:

a) Destete ultra precoz: Es el que se realiza menor de 21 días de edad, es necesario sistemas especiales de explotación. Este tipo de destete requiere de manejo, sanidad, y alimento especial .El peso del lechón es menor de 5 Kg.

b) Destete precoz: Es el que se realiza entre 21 y 30 días de edad, requiere de manejo, sanidad y alimento especial .El peso del lechón esta entre 5 a 7 Kg.

c) Destete moderado: Se realiza entre los 30 a 42 días, es menos exigente en labores de manejo. El peso del lechón varía entre 7 a 10 Kg.

d) Destete tardío: Ocurre entre los 42 a 56 días de vida, no es recomendable por las pérdidas de eficiencia reproductiva de las cerdas. Además la producción de leche es baja. El peso varia de 10 a 15 Kg.

2.4.2.2 Riesgos al destete

- **Regulación térmica y necesidades energéticas**

Al destete los lechones poseen un limitado tejido adiposo subcutáneo, piel delgada e insuficientes pelos, esto junto al escaso consumo de alimento en el post-destete provoca una alteración energética que se enmienda mediante buenas prácticas de manejo y alimentaciones palatable rico en nutrientes asimilables (Medel, Latorre, & Mateos, 2017).

- **Capacidad de ingestión**

El consumo de alimento en la etapa de post-destete es muy crítica, produciendo un bajo rendimiento productivo en el lechón, este hecho es limitado por la digestibilidad de la dieta. Tácticas que mejoren a aumentar la digestión como utilización de nuevos ingredientes altamente digestibles deben ser valoradas (Contreras & Calderon, 2012).

- **Capacidad de acidificación**

La capacidad de los lechones de producir HCl en el estómago es limitada en la etapa del destete, al disminuir la proporción de lactosa en la alimentación sube el pH lo que provoca una ineficiente digestión de la proteína (Medel, Latorre, & Mateos, 2017).

- **Desarrollo del sistema enzimático**

Los lechones a una edad de 21-28 días cuando se produce el destete no poseen un sistema digestivo desarrollado por lo que no producen cantidades apreciables de enzimas como lipasas, amilasas etc. que se encargan de la digestión de los nutrientes en las materias primas de la dieta. Además en la etapa del destete las microvellosidades del tracto digestivo reducen su longitud y aumentan la profundidad de las criptas (Contreras & Calderon, 2012).

- **Sistema inmunológico**

En la etapa del destete el lechón aún no se abasta para producir su propia actividad inmunológica hasta al menos 28-30 días de edad. Por lo que el manejo en esta etapa produce estrés que afecta al lechón, por lo que este para compensar su deficiencia activa su sistema inmune lo que disminuye el crecimiento y empeora el índice de conversión en lechones (Medel, Latorre, & Mateos, 2017).

- **Habitad y ambiente desconocido**

Al destete hay una desorientación total del lechón, no se encuentra la presencia de la madre, hay competencia y contienda entre lechones, pasan de un medio ambiente conocido a uno desconocido (Contreras & Calderon, 2012)

- **Disenterías**

La patología digestiva preponderante en lechones de 28-48 días de edad es la diarrea por *Escherichia coli*, existe un alto grado de mortalidad si no se aplica adecuada y rápidamente un tratamiento, el contagio entre lechones se lo hace por vía oral al ingerir el lechón lactante las cepas patógenas de *E.coli* (Cura, 2015)

- **Neumonías**

Es una enfermedad respiratoria infecciosa crónica altamente contagiosa, caracterizada por la presencia de bronconeumonía catarral, se manifiesta a través de tos seca, retraso en el desarrollo, mortalidad elevada. Las enfermedades respiratorias son responsables de aproximadamente el 44% de las muertes en la etapa inicial de crecimiento (Veloza Rodríguez, 2017).

2.5 Alimentación del lechón

2.5.1 Proteína en la alimentación del lechón

Las proteínas son macromoléculas complejas, poseen una estructura química central que consiste en una cadena lineal de aminoácidos los cuales juegan un papel fundamental en la nutrición del lechón. Estos no pueden sintetizar todos los aminoácidos para satisfacer sus exigencias nutricionales, debiendo ser suministradas a través del alimento. Los aminoácidos no sintetizados por los animales se los denomina aminoácidos esenciales, considerando esenciales para el cerdo la lisina, treonina, metionina, triptófano, valina, isoleucina, leucina, histidina, fenilalanina y tirosina. Las principales funciones de los aminoácidos en el desarrollo del cerdo son mantener la vida del animal, la producción de carne y leche, la digestión del alimento, la reproducción y la resistencia a enfermedades (INTA, 2012).

2.5.1.1 Fuentes de Proteína Vegetal

Es toda materia prima de origen vegetal que contiene nitrógeno y es incluido en la dieta en diferentes formas como granos enteros, subproductos de la industria aceitera, expellers o tortas, aunque de menor valor biológico que la proteína de origen animal poseen una considerable cantidad de aminoácidos y energía. Entre los insumos más utilizados para la nutrición animal están harina de soya, torta de girasol, torta de algodón, harina de colza, harina de palma, harina de sésamo, harina de linaza, harina de cacahuete, harina de butirospermo, harina ajonjolí, harina de cacahuete, harina de coco, harina de cártamo, harina de altramuz, habas, guisantes y la soya integral que presenta un 44% de proteína bruta de muy buena calidad nutricional sin problemas para la utilización en la alimentación de cerdos excepto en la alimentación de lechones recientemente destetados, donde ocurre una reacción antígeno – anticuerpo producidos por las proteínas de origen vegetal, es recomendable que la inclusión de soya para esta etapa no sobrepase el 10% (Campadabal, 2009).

2.5.1.2 Fuentes de Proteína Animal

En su mayoría son subproductos nutritivos obtenidos de la industrialización de alimentos cárnicos de primera producción, de los cuales se pueden obtener algún aprovechamiento. Se los adquiere de una diversa gama de la industria frigorífica de especies como bovina, porcina, aviar y pesquera. En su mayoría son procesados como harinas, poseen un alto contenido de proteínas de muy buen valor biológico y presencia de aminoácidos esenciales. Su costo es elevado y entre las más utilizadas en la nutrición animal tenemos a las harinas de hueso, sangre, plasma, plumas, pescado, suero de queso, leche en polvo y harina de carne esta última es prohibida su inclusión en la dieta en la Unión Europea (INTA, 2012).

2.5.1.3 Aminoácidos sintéticos

Una herramienta esencial para realizar una dieta balanceada cumpliendo con todos los requerimientos del animal es la utilización de aminoácidos sintéticos industriales. Estos aminoácidos sintéticos son producidos por fermentación y síntesis química de materias primas agrícolas como la melaza, el azúcar, la glucosa o el almidón de maíz, tapioca y fuentes de carbohidratos para la fermentación microbiana, que se purifican y comercializan como una sustancia pura, químicamente definida. Siendo la lisina, treonina, metionina y triptófano los aminoácidos comerciales más utilizados actualmente en el mercado, esta herramienta nos permitirá ajustar los niveles proteicos adecuados en el alimento, reduce el costo de formulación y producción además de reducir la contaminación ambiental (Leclercq, 2012).

La lisina en forma de monohidrógeno cloruro es la fuente más utilizada en la fabricación de balanceados, se obtiene mediante la fermentación oxidativa de microorganismos sobre un sustrato hidrocarbonado ya sea azúcar, almidón, melazas, etc. en presencia de una fuente de nitrógeno como sales amoniacas, amónicas, hidrolizados proteicos, etc. Este aminoácido sintético tiene una pureza mínima del 98%, con un 78% de Lys y un 19-20% de Cl. La Metionina comercialmente se obtiene en dos presentaciones, la DL-Met y análogo hidroxilado de la Met. A partir del hidroxianálogo de Met se obtiene y comercializa la sal cálcica correspondiente. La DL-Met se obtiene mediante síntesis química a partir de propileno, metiltiol, metano y amoníaco. El producto comercial sólido tiene una riqueza en Met superior al 99%. La treonina comercial tiene una pureza mínima del 98% y un equivalente en proteína bruta en torno al 73-74%. El triptófano se obtiene mediante fermentación a partir de sustratos de glucosa o indol y otros hidratos de carbono, la riqueza del producto comercial es del 98% con un equivalente en proteína bruta del 85%. La isoleucina y valina se obtiene mediante

fermentación a partir de una cepa de *Escherichia coli* genéticamente modificada . La isoleucina comercial tiene un contenido mínimo del 93,4 % del aminoácido, la valina tiene una pureza mínima del 98% y un equivalente proteico del 73,3 % (Ajinomoto, 2013).

2.5.1.4 Concentrado de proteína de maíz

Empyreal 75 es una fuente natural de proteína de maíz de gran pureza, sin ningún conservador artificial es una fuente valiosa y consistente de proteína altamente digestible de bajo contenido de ceniza, muy rica en nutrientes. El contenido de xantofila es una fuente valiosa y natural de antioxidantes. Además aporta excelentes características de extrusión, lo cual resulta en una reducción de los requerimientos de energía y una mayor uniformidad de la estructura celular (Empyreal, 2008).

Tabla 1*Ficha técnica del concentrado de proteína de maíz*

Análisis T.C.O					
Proteína	%	75,6	Ceniza	%	1,3
Hidrolisis de ácidos					
Grasos	%	4,7	Almidón/Carbohidratos	%	0,5/5,3
Fibra Bruta	%	0,7	Densidad	Kg/L	0,66
Fibra dietética total	%	5	Xantofilas	Mg/Kg	287
Humedad	%	10	Acid. Linoleico	%	2,55
Información Nutricional					
Energía metabolizable	Kcal/Kg	3315			
Contenido de aminoácidos			Vitaminas		
	Tal	% De			
Contenido	Cual	Proteína	Vitamina A	Mg/Kg	134
Alanina	617	8,16	Betacarotenos	Mg/Kg	13,1
Arginina	2,28	3,02	Colina	Mg/Kg	190
Ácido Aspártico	4,24	5,62	Niacina	Mg/Kg	46,9
Cistina	1,15	1,52	Ácido pantoténico	Mg/Kg	1,88
Ácido Glutámico	15,29	20,26	Piroxidina (B6)	Mg/Kg	5,45
Glicina	1,79	2,37	Riboflavina (B2)	Mg/Kg	2,73
Histidina	1,55	2,06	Tiamina (B1)	Mg/Kg	0,41
Isoleucina	3,06	4,06	Biotina	Mg/Kg	0,18
Leucina	12,63	16,73	Inositol	Mg/Kg	1604
Lisina	1,08	1,43	Minerales		
Metionina	1,64	2,16	Calcio	%	0,05
Fenilalanina	4,65	6,16	Potasio	%	0,26
Prolina	6,68	8,84	Fosforo	%	0,24
Serina	3,47	4,6	Magnesio	%	0,05
Treonina	2,25	2,98	Cloruro	%	0,29
Triptófano	0,32	0,42	Azufre	%	1,04
Tirosina	3,95	5,24	Sodio	%	0,25
Valina	3,36	4,45	Hierro	Ppm	73,6
			Zinc	Ppm	47,9
			Manganeso	Ppm	4,3
			Cobre	Ppm	11,1
			Molibdeno	Ppm	1,03
			Selenio	Ppm	1,97
			Yodo		< 5

Fuente: (Empyreal, 2008)

2.6 Importancia de proteína en lechones

Con el objetivo de que los lechones destetados alcancen un óptimo rendimiento, es importante una adecuada suplementación de proteína digerible, para disminuir la presencia de nutrientes no digeridos en el tracto digestivo (Contreras & Calderon, 2012).

En el alimento de los lechones existen de componentes resistentes a degradación enzimática, adicionada al bajo consumo y digestión del lechón en la fase de destete provoca la proliferación de microorganismos en el intestino grueso (Vergara, Argote, & Gomez, 2008).

El Tipo de ingredientes presentes en la dieta es un factor que repercutirá en los niveles y calidad de proteína suministrado debido a los diferentes perfiles aminoácidos de las materias primas (Reis de Souza T. C., Mariscal, Aguilera, & Cervantes, 2006).

La sustitución de una fuente de proteína altamente digerible por una de menor digestibilidad produce una disminución en la absorción de nutrientes ileal aparente incrementando la descamación, pérdida de células de la mucosa intestinal, la proliferación de células epiteliales y de la mucosa siendo los animales jóvenes los más susceptibles a estos factores mostrando depresiones más severas cuando son expuestos (Mariscal, Reis , & Parra, 2008).

(González, y otros, 2014) mencionan que al reducir el contenido de proteína en la dieta de cerdos de iniciación hasta 14,5 % afecta adversamente algunas variables productivas como ganancia de peso, conversión alimenticia y ganancia de carne magra; sin embargo, no se ven afectadas las características de la canal y hay una disminución de la concentración de urea en plasma produciendo una menor excreción de nitrógeno. El nivel óptimo de proteína (16,5 a 19,25 %), sugiere que los cerdos en iniciación se pueden alimentar con dietas bajas en proteína

bruta (16,5 %) adicionadas con AA sintéticos sin afectar las variables productivas, ni características de la canal y disminuyendo la concentración de urea en plasma.

(Kerr, McKeith, & Easter, 1995) indican que cerdos destetados alimentados con dietas bajas en proteínas (14%) y sin ninguna suplementación de aminoácidos sintéticos son menos eficientes en conversión alimenticia y desarrollo del músculo longissimus en comparación a cerdos alimentados con altos niveles de proteína (19%).

Lechones alimentados con niveles de proteína cruda de 16% reduce la consistencia fecal e incrementa el uso de antibióticos, mientras que dietas con un nivel de 20% de proteína cruda muestran una disminución de las concentraciones de PigMap, aumentando el número de células caliciformes (Hermes , y otros, 2009).

El lechón consume menos alimento en dietas con concentraciones de 224g/kg de proteína cruda que dietas con concentraciones de 169g/kg de proteína cruda. La excreción de nitrógeno se reduce en un 42% en dieta de 224g/kg a dietas con 169g/kg (Bellego & Noblet, 2008).

Tabla 2*Tasas máximas de uso típicas para fuentes comunes de aminoácidos^a*

Ingrediente	Porcentaje recomendado de dieta completa ^b				Limitación
	Iniciador	Crecimiento-acabado	Gestación	Lactancia	
Harina de alfalfa	0	10	25	0	Alta en fibra
Plasma animal	*	*	*	*	Costo
Harina de sangre	3	5	5	5	Costo, baja isoleucina
Harina de canola	0	15	15	15	Factores antinutricionales
Maíz	15	20	30	10	Balance de aminoácidos, palatabilidad, calidad de la grasa
Harina de gluten de maíz	10	30	*	10	Balance de aminoácidos
Harina de semilla de algodón	0	10	15	0	Baja lisina
Proteína de huevo	6	10	10	5	Factor antinutricional
Harina de pescado	20	6	6	6	Olor a pescado
Harina de carne y hueso	5	5	10	5	Altos minerales
Harina de carne	0	5	10	5	Altos minerales
Leche descremada	*	*	*	*	Costo
Concentrado de proteína de soya	*	*	*	*	Costo
Aislado de proteína de soya	*	*	*	*	Costo
Harina de soya	*	*	*	*	Ninguno
Harina de soya extruida	*	*	*	*	Ninguno
Soya	*	*	*	*	
Harina de girasol	0	20	*	0	Baja energía
Levadura	5	10	10	10	Variabilidad
Gluten de trigo	10	*	*	*	Baja lisina
Suero	40	15	5	5	Alta lactosa
Lisina	1,42	1,33			
Metionina+cist:Lys	58	58			
Treonina:Lys	60	60			
Triptofano:Lys	19	19			
Valina:Lys	67	67			

^a Adaptado del Manual de Compras de Alimentos de NPPC, la Guía de Nutrición porcina de Nebraska y South Dakota, y la Guía de Nutrición porcina del Prairie Swine Center.

^b Los porcentajes sugieren las tasas máximas de inclusión permitidas para las fuentes de energía. Los estándares de desempeño económico y de cerdo deben ser considerados para las tasas de inclusión reales. La mayoría o todas las limitaciones nutricionales se pueden superar con la formulación adecuada.

* No indica ninguna limitación nutricional en una dieta balanceada para aminoácidos esenciales, energía, minerales y vitaminas. Sin embargo, los precios típicos de la fuente de proteína limitan su uso.

Fuente: (Kansas State University, 2007); (PIC, 2016)

2.7 Requerimientos nutricionales del lechón

Tabla 3

Requerimientos Dietéticos de Minerales, Vitaminas y Ácidos Grasos de los Cerdos en Crecimiento cuando se permite la alimentación Ad Libitum (90% de materia seca)

Item	Rango de peso corporal (kg)		
	5-7	7-11	11-25
Contenido efectivo de ED de la dieta (kcal/kg)	3542	3542	3490
Contenido efectivo de EM de la dieta(kcal/kg)	3400	3400	3350
Contenido de EN de la dieta (kcal/kg)	2448	2448	2412
Ingesta de EM efectiva estimada (kcal/día)	904	1592	3033
Consumo estimado de alimento + desperdicio (g/día)	280	493	953
Ganancia de peso corporal (g/día)	210	335	585
Deposición de proteína corporal (g/día)	----	----	----
	Requerimientos (% or cantidad por kilogramo de dieta)		
Elementos minerales			
Sodio (%)	0,40	0,35	0,28
Cloruro (%)	0,50	0,45	0,32
Magnesio (%)	0,04	0,04	0,04
Potasio (%)	0,30	0,28	0,26
Cobre (mg/kg)	6,00	6,00	5,00
Yodo	0,14	0,14	0,14
Hierro	100	100	100
Manganeso (mg/kg)	4,00	4,00	3,00
Selenio (mg/kg)	0,30	0,30	0,25
Zinc (mg/kg)	100	100	80
Vitaminas			
Vitamina A (IU/kg)	2200	2200	1750
Vitamina D (IU/kg)	220	220	200
Vitamina E (IU/kg)	16	16	11
Vitamina K (IU/kg)	0,50	0,50	0,50
Biotina (mg/kg)	0,08	0,05	0,05
Colina (g/kg)	0,60	0,50	0,40
Folacina (mg/kg)	0,30	0,30	0,30
Niacina, disponible (mg/kg)	30,00	30,00	30,00
Ácido pantoténico(mg/kg)	12,00	10,00	9,00
Riboflavina (mg/kg)	4,00	3,50	3,00
Tiamina (mg/kg)	1,50	1,00	1,00
Vitamina B ₆ (mg/kg)	7,00	7,00	3,00
Vitamina B ₁₂ (μ/kg)	20,00	17,5	15,00
Ácido linoleico (%)	0,10	0,10	0,10

Fuente: (NRC, 2012)

Tabla 4

Requerimientos Dietéticos de Calcio, Fósforo y Aminoácidos de los Cerdos en crecimiento cuando se permite la alimentación Ad Libitum (90% de materia seca)

Item	Rango de peso corporal (kg)		
	5-7	7-11	11-25
Contenido efectivo de ED de la dieta (kcal/kg)	3542	3542	3490
Contenido efectivo de EM de la dieta(kcal/kg)	3400	3400	3350
Contenido de EN de la dieta (kcal/kg)	2448	2448	2412
Ingesta de EM efectiva estimada (kcal/día)	904	1592	3033
Consumo estimado de alimento + desperdicio (g/día)	280	493	953
Ganancia de peso corporal (g/día)	210	335	585
Deposición de proteína corporal (g/día)	----	----	----
	Calcio y fósforo		
Calcio Total			
STTD fósforo	0,85	0,80	0,70
ATTD fósforo	0,45	0,40	0,33
Total fósforo	0,41	0,36	0,29
	Aminoácidos		
	<i>Base digerible ileal estandarizada</i>		
Arginina	0,68	0,61	0,56
Histidina	0,52	0,46	0,42
Isoleucina	0,77	0,69	0,63
Leucina	1,50	1,35	1,23
Lisina	1,50	1,35	1,23
Metionina	0,43	0,39	0,36
Metionina + cisteína	0,82	0,74	0,68
Fenilalanina	0,88	0,79	0,72
Fenilalanina + tirosina	1,38	1,25	1,14
Treonina	0,88	0,79	0,73
Triptófano	0,25	0,22	0,20
Valina	0,95	0,86	0,78
Nitrogeni Total	3,10	2,80	2,56
	<i>Base digerible ileal aparente</i>		
Arginina	0,64	0,57	0,51
Histidina	0,49	0,44	0,40
Isoleucina	0,74	0,66	0,60
Leucina	1,45	1,30	1,18
Lisina	1,45	1,31	1,19
Metionina	0,42	0,38	0,34
Metionina + cisteína	0,79	0,71	0,65
Fenilalanina	0,85	0,76	0,69
Fenilalanina + tirosina	1,32	1,19	1,08
Treonina	0,81	0,73	0,67
Triptófano	0,23	0,21	0,19
Valina	0,89	0,80	0,73
Nitrogeno Total	2,84	2,55	2,32

ATTD: Digestibilidad fecal aparente

STTD: Digestibilidad fecal estandarizada

Fuente: (NRC, 2012)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

El estudio se realizó en la Provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, en las instalaciones del Proyecto Porcino de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA 1, hacienda el “Prado” de la Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE.

3.1.2 Ubicación Geográfica

La Hacienda el “Prado”, IASA 1, se encuentra ubicada en las coordenadas UTM WGS84 ZONA 17 SUR 17 M.



Figura 1. Lugar de Investigación, hacienda El Prado.

3.1.3 Ubicación Ecológica

La Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA 1, se encuentra en la zona de vida bosque húmedo montano, con una precipitación de 1285 mm por año, a una altitud de 2748 m.s.n.m, su temperatura media anual es de 13,89 °C con una humedad relativa de 69,03%.

Cabe mencionar que el estudio se realizó bajo condiciones controladas dentro del galpón de recría del Proyecto Porcino de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA 1, donde se comenzó con una temperatura promedio de 28°C a la llegada de los lechones y fue disminuyendo 1°C por semana hasta alcanzar una temperatura de 22°C en general, manteniendo una humedad relativa promedio de 53,7%.



Figura 2. Galpón de recría del proyecto porcino de la la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA 1

3.2 Materiales

3.2.1 Galpón recria

- 40 Lechones cruzados post-destete
- 10 Comederos subdivididos en 2 partes
- 4 Bandejas de Acero inoxidable recolectoras de heces y orina
- 10 Chupones de agua para cerdo
- Desinfectantes Stock
- Alimento para lechones para las fases pre-inicial, inicial y destete
- Concentrado de proteína de maíz: Emphyreal
- Medicamentos Stock
- Fundas de plástico ziploc
- 2 Criadora a gas
- Báscula (Mettler Toledo, GSC \pm 0.1 kg)
- 39 tubos con EDTA
- 39 tubos con citrato
- 39 tubos sin anticoagulante
- Microbiales
- Jeringuillas de 5mm
- Jeringuillas de 10mm
- Balanza BOLGO modelo BLC -3000
- Manguera de gas
- Recipientes plásticos recolectores de orina

- Cilindros de gas
- Soplete
- Identificadores
- Termómetro
- Horno marca Yamato modelo DX600
- Molino marca Thomas Scientific, modelo 3383-LIO
- Caja de guantes quirúrgicos
- Cinta métrica

3.2.2 Laboratorio

- Capilares
- Tabla de interpretación de hematocrito
- Espátula
- Papel de estaño
- Cápsulas de estaño
- Micropipeta, rango de 10 μ l-100 μ l
- Prensa de mano

3.2.3 Equipos

- Balanza marca BOECO, rango 0-200 g, Apreciación ± 0.0001 g
- Equipo de Análisis Elemental Marca: Elementar Modelo: Vario MACRO cube
- Microscopio
- Refractometro

3.2.4 Reactivos

- Ácido clorhídrico al 25%
- Ácido sulfúrico al 25%
- Formalina
- Sulfanilamida
- Oxido de Wolframio

3.3 Métodos

3.3.1 Evaluación del efecto del uso de concentrado de proteína de maíz sobre parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso diario, conversión alimenticia)

El presente estudio se llevó a cabo con 40 animales cruzados destetados de 21 días de edad, con un peso inicial promedio de $6.9 \text{ kg} \pm 1.2 \text{ kg}$ en 2 períodos, cada periodo fue constituido por 20 lechones los cuales fueron estratificados según el peso inicial y asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos durante todo el ciclo de alimentación. Los lechones fueron individualmente alimentados una vez por día (en la mañana) ad-libitum distribuidas en tres fases (destete del día 1 al 14, pre-inicial del día 15 al 28 e inicial del día 29 al 44) de acuerdo a los requerimientos nutricionales de minerales, vitaminas y ácidos grasos de los cerdos en crecimiento bajo un sistema de alimentación Ad Libitum (Tabla 3) y con agua a libre disposición, colocados en jaulas individuales (0,88m²). El factor a evaluar fue el nivel del concentrado de proteína de maíz y sus niveles de inclusión fueron 0; 5; 10; ó 15 %. Las dietas para cada tratamiento (Tabla 4, 5, 6), fueron elaboradas en la planta de balanceados de la Carrera de Ingeniería Agropecuarias IASA I.

Tabla 5*Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase de destete.*

F1 Destete (6kg - 11kg)				
	T1	T2	T3	T4
Ingrediente, %	0%	5%	10%	15%
Maíz	46,07	44,34	43,01	44,86
Lactosa	20,00	20,00	20,00	20,00
Soya 46%	9,03	10,00	10,00	4,56
Empyreal 75%	0,00	5,00	10,00	15,00
Concentrado de Soya	6,12	2,52	0,00	0,00
Harina de pescado 65%	6,00	6,00	5,74	5,00
Plasma bovino	5,00	3,50	1,50	0,00
Aceite de soya	3,01	3,63	4,26	4,51
Núcleo vitamínico, mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato	1,08	1,17	1,28	1,46
Ácido glutámico	0,80	0,40	0,20	0,00
Calcio	0,38	0,37	0,38	0,41
Sal	0,35	0,44	0,56	0,66
Metionina	0,10	0,18	0,25	0,34
Lysina	0,06	0,36	0,60	0,90
Treonina	0,00	0,06	0,14	0,19
Triptofano	0,00	0,04	0,08	0,12
Valina	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 6*Composición Nutricional de dietas experimentales para lechones en la fase de destete*

Nutriente	Composición	Nutriente	Composición
E. M. Cerdo (MC/kg)	3,501	E. D. Cerdo (MC/kg)	3,643
Proteína T (%)	22	Fibra (%)	1,954
Grasa (%)	5,448	Fosforo Total (%)	0,634
Fosforo asimilable (%)	0,47	Calcio (%)	0,65
Lactosa (%)	16	Potasio (%)	0,471
Sodio (%)	0,35	Cloruros (%)	0,184
Cenizas (%)	4,987	Peso (%)	100
Lisina Total (%)	1,643	Metionina (%)	0,48
Met+Cis (%)	0,96	Triptofano (%)	0,29
Treonina (%)	0,961	Isoleuciona (%)	0,874
Humedad (%)	8,329	Materia Seca (%)	91,671
Manganeso (mg/kg)	45,535	Magnesio (%)	0,045
Cobre (mg/kg)	10,022	Iodo (mg/kg)	0,701
Hierro (mg/kg)	150,198	Selenio (mg/kg)	0,3
Zinc (mg/kg)	120	Vit A (UI/kg)	13000
Vit-E (mg/kg)	60	Tiamina (B1) (mg/kg)	1,762
Riboflav (B2) (mg/kg)	5,001	Ac. Panto (B5) (mg/kg)	15,043
Biotina (B7) (mg/kg)	0,12	Niacina (B3) (mg/kg)	26,006
Piridoxina (B6) (mg/kg)	2,5	Vitamina D3 (UI/kg)	1800
Vitamina K3 (mg/kg)	2,1	Acido nicotínico (mg/kg)	34
Vitamina C 97 (mg/kg)	0	Colina (g/kg)	0,275
Fólico (mg/kg)	0,603	Ácido glutámico (%)	0,645
L-Glutamina (%)	0,08	Vit B12 (mg/kg)	28,188
Valina (%)	1,176		

Tabla 7*Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase pre-inicial.*

F2 Pre-inicial (11kg - 17kg)				
Ingrediente, %	T1	T2	T3	T4
	0%	5%	10%	15%
Maíz	51,72	54,47	57,40	55,79
Lactosa	12,50	12,50	12,50	12,51
Soya 46%	18,78	12,43	5,41	4,40
Empyreal 75%	0,00	5,00	10,00	15,01
Concentrado de Soya	0,00	0,00	0,00	0,00
Harina de pescado 65%	5,30	5,00	5,00	0,00
Plasma bovino	3,50	2,00	0,50	0,00
Aceite de soya	2,77	2,75	2,71	4,40
Núcleo vitamínico, mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato	1,19	1,33	1,46	2,09
Ácido glutámico	0,60	0,30	0,15	0,00
Calcio	0,83	0,83	0,81	1,11
Sal	0,47	0,56	0,65	0,69
Metionina	0,12	0,21	0,29	0,41
Lysina	0,17	0,47	0,77	1,09
Treonina	0,03	0,07	0,18	0,25
Triptofano	0,01	0,06	0,11	0,13
Valina	0,00	0,01	0,07	0,13
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 8*Composición Nutricional de dietas para lechones en la fase pre-inicial*

Nutriente	Composición	Nutriente	Composición
E. M. Cerdo (MC/kg)	3,4	E. D. Cerdo (MC/kg)	3,538
Proteína T (%)	20	Fibra (%)	2,304
Grasa (%)	5,671	Fosforo Total (%)	0,65
Fosforo asimilable (%)	0,474	Calcio (%)	0,8
Lactosa (%)	6	Potasio (%)	0,703
Sodio (%)	0,35	Cloruros (%)	0,386
Cenizas (%)	5,527	Peso (%)	100
Lisina Total (%)	1,53	Metionina (%)	0,48
Met+Cis (%)	0,962	Triptofano (%)	0,28
Treonina (%)	0,91	Isoleuciona (%)	0,886
Humedad (%)	9,786	Materia Seca (%)	90,122
Manganeso (mg/kg)	56,666	Magnesio (%)	0,152
Cobre (mg/kg)	12,309	Iodo (mg/kg)	0,7
Hierro (mg/kg)	163,867	Selenio (mg/kg)	0,322
Zinc (mg/kg)	122,007	Vit A (UI/kg)	1300,2
Vit-E (mg/kg)	62,655	Tiamina (B1) (mg/kg)	2,459
Riboflav (B2) (mg/kg)	5,358	Ac. Panto (B5) (mg/kg)	17,532
Biotina (B7) (mg/kg)	0,163	Niacina (B3) (mg/kg)	29,724
Piridoxina (B6) (mg/kg)	2,5	Vitamina D3 (UI/kg)	1800
Vitamina K3 (mg/kg)	2,1	Acido nicotínico (mg/kg)	34
Vitamina C 97 (mg/kg)	0	Colina (g/kg)	0,942
Fólico (mg/kg)	1,149	Acido glutámico (%)	0,456
L-Glutamina (%)	0,06	Vit B12 (mg/kg)	28,401
Valina (%)	1,144		

Tabla 9*Dietas experimentales por tratamiento, para lechones en la fase inicial.*

F3 Inicial (17kg - 25kg)				
	T1	T2	T3	T4
Ingrediente, %	0%	5%	10%	15%
Maíz	67,96	72,18	76,14	76,08
Lactosa	0,00	0,00	0,00	0,00
Soya 46%	24,70	15,38	5,88	0,00
Empyreal 75%	0,00	5,00	10,00	15,00
Concentrado de Soya	0,00	0,00	0,00	0,00
Harina de pescado 65%	0,00	0,00	0,00	0,00
Plasma bovino	0,00	0,00	0,00	0,00
Aceite de soya	1,36	1,22	1,16	1,63
Núcleo vitamínico, mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato	1,28	1,46	1,65	1,78
Ácido glutámico	0,30	0,15	0,08	0,00
Calcio	1,12	1,08	1,04	1,01
Sal	0,49	0,49	0,49	0,74
Metionina	0,15	0,11	0,23	0,31
Lysina	0,40	0,64	0,90	1,04
Treonina	0,18	0,19	0,24	0,23
Triptofano	0,07	0,11	0,15	0,17
Valina	0,00	0,00	0,04	0,02
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 10*Composición Nutricional de dietas para lechones en la fase pre-inicial*

Nutriente	Composición	Nutriente	Composición
E. M. Cerdo (MC/kg)	3,3	E. D. Cerdo (MC/kg)	3,406
Proteína T (%)	18	Fibra (%)	2,753
Grasa (%)	4,188	Fosforo Total (%)	0,6
Fosforo asimilable (%)	0,402	Calcio (%)	0,7
Lactosa (%)	0	Potasio (%)	0,666
Sodio (%)	0,043	Cloruros (%)	0,174
Cenizas (%)	4,523	Peso (%)	100
Lisina Total (%)	1,4	Metionina (%)	0,448
Met+Cis (%)	0,854	Triptofano (%)	0,294
Treonina (%)	0,868	Isoleuciona (%)	0,775
Humedad (%)	10,866	Materia Seca (%)	88,789
Manganeso (mg/kg)	56,155	Magnesio (%)	0,159
Cobre (mg/kg)	12,651	Iodo (mg/kg)	0,799
Hierro (mg/kg)	158,672	Selenio (mg/kg)	0,351
Zinc (mg/kg)	119,709	Vit A (UI/kg)	13001,2
Vit-E (mg/kg)	64,405	Tiamina (B1) (mg/kg)	2,859
Riboflav (B2) (mg/kg)	5,207	Ac. Panto (B5) (mg/kg)	17,525
Biotina (B7) (mg/kg)	0,161	Niacina (B3) (mg/kg)	30,264
Piridoxina (B6) (mg/kg)	2,773	Vitamina D3 (UI/kg)	1800
Vitamina K3 (mg/kg)	2,1	Ácido nicotínico (mg/kg)	34
Vitamina C 97 (mg/kg)	0	Colina (g/kg)	0,752
Fólico (mg/kg)	1,084	Ácido glutámico (%)	0,779
L-Glutamina (%)	0,015	Vit B12 (mg/kg)	17,057
Valina (%)	0,952		

Los pesos de los animales se registraron cada 7 días en una báscula digital (Mettler Toledo, GSC \pm 0.1 kg) a las 08:00 am, antes de suministrarles el alimento hasta alcanzar un peso promedio de 25Kg. Durante el periodo alimentación se evaluó el consumo de alimento, el cual se pesó antes de ser suministrado y a su vez se pesó el alimento sobrante, en una balanza (BOLGO modelo BLC -3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1 g).

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento suministrado} - \text{Sobrante de alimento}$$

La variable ganancia de peso se calculó con intervalos de 7 días durante el proyecto con la siguiente fórmula.

$$\text{Ganancia diaria de Peso} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{7}$$

El índice de conversión alimenticia se calculó con intervalos de 7 días durante el experimento con la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia diaria de peso}}$$

3.3.2 Valoración del el status sanitario de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz

Se registró la presencia de diarreas diariamente durante todo el estudio, midiendo el nivel de impacto mediante una escala que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11

Escala de puntuación de diarreas en lechones recientemente destetados

PUNTUACIÓN	EQUIVALENCIA
0	Heces Duras
1	Heces Blandas
2	Heces Pastosas
3	Heces Líquidas
4	Heces con Sangre

Fuente: (Ponce, 2014)

La presencia de neumonías se registró diariamente durante todo el experimento mediante la escala de puntuación respiratoria que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12*Escala de puntuación respiratoria en lechones recientemente destetados*

PUNTUACIÓN	EQUIVALENCIA
0	Normal, no toser
1	Disnea leve y/o taquipnea cuando está estresada, toser
2	Disnea leve y / o taquipnea cuando está en reposo.
3	Disnea moderada y / o taquipnea cuando está estresada.
4	Disnea moderada y / o taquipnea cuando está en reposo.
5	Disnea grave y / o taquipnea cuando está estresada.
6	Disnea grave y / o taquipnea cuando está en reposo

Fuente: (Halbur et al., 1995)

3.3.3 Determinar de la digestibilidad del nitrógeno y azufre de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.

- **Recolección muestras de heces**

Se utilizó bandejas antideslizantes de acero inoxidable desde el día 38 al 41 del experimento, se colectó manualmente las heces de los animales durante 4 días consecutivos, se registró el peso total por día de las excretas en una balanza (BOLGO modelo BLC -3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1 g) de lo cual solo el 10% del total se identificó y se almacenó en refrigeración una muestra significativa compuesta por la colección de los cuatro días. Terminado el período de recolección las muestras se descongelaron y se secó en un horno (marca Yamato, modelo DX600) a 55 °C durante 72 horas, para ser molido en un molino (marca Thomas Scientific, modelo 3383-LIO con un tamaño de la partícula de 0,841mm).

- **Recolección de muestras de orinas**

Las muestras fueron colectadas durante 4 días consecutivos, del día 38 al día 41 del experimento en bandejas antideslizantes de acero inoxidable que contaron con un desagüe que condujo la orina a envases plásticos que contuvieron 200 ml de HCl al 25% que permitió que el pH descendiera hasta 4 para su análisis evitando la volatilización de la urea como amoníaco. El

peso total y volumen de la orina fue registrado diariamente en una balanza (BOLGO modelo BLC -3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1 g) de lo cual solo el 10% del total se identificó y se almacenó en refrigeración una muestra significativa compuesta por la colección de los cuatro días.

- **Análisis elemental (C y S)**

- a) **Calibración del equipo Analizador Elemental vario MACRO cube de 60 muestras de capacidad**

Se verificó las presiones en los manómetros de las líneas de suministro de gases hacia el equipo (helio 20 psi y oxígeno 15 psi), mediante el tablero de control se comprobó que la temperatura de la cámara de combustión marque 1150 °C y la del tubo de reducción en 850 °C. Se preparó seis muestras colocando en cada una 0,1mg de óxido de wolframio sobre contenedores de papel de estaño con 10 mg de sulfanilamida en una balanza (BOECO modelo BAS 31 plus con un rango: 0 - 220 g; Ap $\pm 0,1$ mg) y se empleó una prensa de mano para eliminar el aire de la muestra. Se distribuyó las muestras sobre el carrusel del equipo: los tres primeros lugares denominados “blanco” fueron vacíos, los lugares 4, 5,6 denominados “running” fueron con las tres primeras muestras preparadas y los lugares 7, 8,9 denominados “sulfanilamida.

- b) **Preparación de las muestras de heces**

Se colocó en cada una de las muestras 0,1mg de óxido de wolframio sobre contenedores de papel de estaño con 10 mg de las excretas secas y molidas en una balanza (BOECO modelo BAS 31 plus con un rango: 0 - 220 g; Ap $\pm 0,1$ mg) y se empleó una prensa de mano para eliminar el aire de la muestra. Se introdujo en el software “vario MACRO cube” del equipo, los datos correspondientes a cada muestra (peso, nombre, método) y se puso en marcha el análisis.

El análisis se realizó en los Laboratorios de Investigación la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador.

c) Preparación de las muestras de orina

En capsulas de estaño se colocó 10 mg de orina con una micropipeta (rango: 10-100 μ l) en una balanza (BOECO modelo BAS 31 plus con un rango: 0 - 220 g; Ap \pm 0,1 mg) y se introdujo en el software “vario MACRO cube” del equipo, los datos correspondientes a cada muestra (peso, nombre, método) y se puso en marcha el análisis. El análisis se realizó en los Laboratorios de Investigación la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador.

d) Preparación de las muestras del alimento

Se colocó en cada una de las muestras 0,1mg de óxido de wolframio sobre contenedores de papel de estaño con 10 mg de los diferentes tratamientos (0, 5, 10,15%) de la fase 3 (inicial) de alimentación de los lechones, en una balanza (BOECO modelo BAS 31 plus con un rango: 0 - 220 g; Ap \pm 0,1 mg) y se empleó una prensa de mano para eliminar el aire de la muestra. Se introdujo en el software “vario MACRO cube” del equipo, los datos correspondientes a cada muestra (peso, nombre, método) y se puso en marcha el análisis. El análisis se realizó en los Laboratorios de Investigación la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador.

3.3.4 Determinación de parámetros hematológicos (urea, proteínas totales, albumina y creatinina) de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.

Previo al faenamamiento se tomó una muestra de 10ml de sangre de la vena cava, de los cuales se dividió 3ml en un tubo con anticoagulante EDTA, 3m en tubo anticoagulante con citrato y

6ml en tubos sin anticoagulante. Se realizó la valoración del porcentaje de hematocrito mediante la centrifugación de los tubos con EDTA en un equipo (marca Triac Centrifuge, modelo Nos.0200) a una velocidad de 10400 rpm por un tiempo de 3 minutos. Los tubos con citrato y sin anticoagulante se centrifugaron en una centrífuga (marca Triac Centrifuge, modelo Nos.0200) a una velocidad de 3500 rpm por un tiempo de 5 minutos para la extracción de suero y plasma que fue almacenado e identificado en microviales y posteriormente congelado a -2°C para el análisis de urea, creatinina y albumina que se realizó en el laboratorio clínico veterinario LABVET. En un refractómetro se procedió a la medición de proteínas totales en el suero de la sangre.

3.3.5 Determinación de la masa visceral de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.

Al alcanzar un peso promedio de 25 kilos por bloque y un promedio de edad de 65 días, los animales fueron expuestos previamente a un ayuno, se les extrajo una muestra de sangre (10ml) y se los peso en báscula digital (Mettler Toledo, GSC ± 0.1 kg). Se los traslado a la zona de faenamiento, donde fueron sacrificados mediante un estoque al corazón. Se sumergió al animal con intervalos de 30 segundos en agua con una temperatura de 100°C hasta que las cerdas sean de fácil desprendimiento, para luego introducir al animal en una peladora industrial por 45 segundos, con un lanza llama a gas se procedió a eliminar las cerdas restante. Un corte transversal fue realizado en el cuello del lechón, luego otro seguido por la línea ALBA, por donde se separó todo el paquete visceral. De cada animal se pesó en en una balanza (BOLGO modelo BLC -3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1 g), la sangre, bazo, corazón, estómago lleno, estómago vacío, pulmones, vesícula biliar, hígado, tráquea, intestino grueso lleno, intestino grueso vacío, riñones, páncreas, intestino delgado lleno,

intestino delgado vacío. Se midió la longitud del intestino grueso y la longitud del intestino delgado con una cinta métrica de rango de 0-152cm y una apreciación de ± 1 mm

3.3.6 Determinación de la morfometría intestinal de lechones alimentados con diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz.

Una vez faenado el animal, se retiró el intestino delgado, se realizó 3 cortes en el mismo, el primero a una distancia de 30 cm desde el inicio del intestino delgado referente a la parte del duodeno, el segundo a una distancia de 30 cm del final del intestino delgado referente a la parte del ilium y el tercero a 100 cm del final del intestino delgado referente a la parte del yeyuno, se cortó aproximadamente 2 cm de cada porción, se limpió con suero fisiológico frío y se almacenó en envases con formalina al 10% a condiciones ambientales. Se midió la longitud, el ancho y la profundidad de la cripta de 10 microvellosidades por muestra, adaptándole el lente micrómetro ocular con una escala de 1unidad = 0,0124 mm en el lente de 20x.

3.4 Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), unifactorial. Se realizó 10 repeticiones por tratamiento, dando un total de 40 unidades experimentales, El modelo incluyo los efectos fijos del tratamiento, y el efecto random del bloque. Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva (promedio, error estándar y gráficos). Para comparar parámetros productivos, status sanitarios, masa del paquete visceral, digestibilidad de nutrientes, constantes hematológicas y morfometría intestinal, se probaron modelos de regresión lineal, cuadrática y cubica con un nivel de significancia $P \leq 0,05$.

Tabla 13*Análisis de varianza para un DBCA con fuentes de variación y grados de libertad*

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	39
Bloques	9
Tratamientos	(3)
Error Experimental	27

El modelo matemático a usar, para el diseño experimental se detalla a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + C_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria

μ = media del porcentaje de concentrado de maíz

B_i = efecto del i ésimo Bloque

C_j = efecto del j ésimo nivel de concentrado de proteína de maíz

e_{ij} = error experimental

Coefficiente de variación (CV)

El coeficiente de variación se determinó con la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\delta}{|\bar{x}|} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de Variación

δ = Desviación estándar

\bar{x} = Media

El CV permite estimar las diferencias existentes entre las variables a medir

Análisis funcional

Los datos fueron analizados utilizando el procedimiento mixto de SAS versión 9.1. mientras que los datos no paramétricos fueron analizados mediante el procedimiento glimmix de SAS. Las medias fueron separadas usando regresiones polinomiales (lineal, cuadrático y cúbico). Respuestas fueron declaradas significativas cuando $P < 0.05$ y tendencias cuando $0.05 > P > 0.1$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Desempeño productivo

- **General**

El peso inicial ($P=0,7902$) y final ($P=0,0881$) de los lechones no fue diferente entre tratamientos. Sin embargo la inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) tendió a disminuir linealmente el peso final ($P=0,065$) en los lechones. La ganancia de peso diaria durante todo el periodo alimenticio no presentó diferencias estadísticas significativas ($P=0,0787$) entre tratamientos, no obstante la inclusión de CPM tendió a disminuir linealmente la ganancia de peso diaria ($P=0,065$). A medida que incremento la inclusión de CPM disminuyó linealmente el consumo de materia seca ($P=0,0376$). Sin embargo, con la inclusión de CPM tendió a decrecer cuadráticamente de forma creciente ($P=0,077$; Tabla 14). La conversión alimenticia durante todo el experimento no presentó diferencias significativas ($P=0,1872$) entre tratamientos (Tabla 14).

Tabla 14

Peso corporal y desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante 44 días

Ítem	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Peso Inicial (kg)	6,86	6,86	6,73	7,03	0,394	0,7902	0,6837	0,4689	0,5396
Peso Final (kg)	26,23	27,95	24,83	24,14	1,1192	0,0881	0,065	0,274	0,1386
Consumo de alimento (g/día)	883,71	951,4	864,23	746,02	54,11	0,0625	0,0376	0,077	0,5838
GDP ⁴ (kg/días)	0,443	0,482	0,412	0,399	0,029	0,0787	0,0649	0,2711	0,1168
Conversión alimenticia	2,014	2,002	2,133	1,8656	0,0954	0,1872	0,4053	0,1316	0,1471

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

- **Semana 1 (1 a 7 días)**

La inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) disminuyó linealmente el consumo de alimento y ganancia diaria de peso (P=0,0006). Adicionalmente, el consumo de alimento y la ganancia de peso diaria (GDP) de los lechones ingiriendo 5% de CPM no fue diferente del grupo control (P >0.05). Por otro lado, animales bajo el régimen de 10% CPM mantuvieron la tasa de consumo de alimento y GDP más baja comparada a animales nutridos con 0 y 5% de CPM (P < 0.05; Tabla 15). La conversión alimenticia no fue diferente entre tratamientos (P=0,687; Tabla 15).

Tabla 15

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 1al 7

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	^a 458,24	^{ab} 427,66	^{bc} 352,77	^c 294,32	43,7399	0,0058	0,0006	0,666	0,6698
GDP ⁴ (kg/días)	^a 0,321	^{ab} 0,297	^{bc} 0,243	^c 0,1905	0,03924	0,0042	0,0004	0,5603	0,7705
Conversión alimenticia	1,483	1,698	1,706	1,7598	0,2354	0,687	0,2969	0,6468	0,7444

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

^{a-c} Los valores dentro de las filas con diferentes superíndices difieren en P <0,05

- **Semana 2 (8 a 14 días)**

La inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) disminuyó linealmente el consumo de alimento y ganancia diaria de peso (GDP) (P=0,0007). Adicionalmente, el consumo de alimento de los lechones ingiriendo 5% y 10% de CPM no fue diferente del grupo control (P >0.05). Por otro lado, animales bajo el régimen de 15% CPM mantuvieron la tasa de consumo de alimento más baja comparada a animales nutridos con 0, 5 y 10% de CPM (P < 0.05; Tabla 16). Además la GDP de los lechones que consumieron 5% de CPM no fue diferente del grupo control (P >0.05). Asimismo, animales bajo el régimen de 10% y 15% CPM mantuvieron una ganancia de peso diaria más baja comparada a animales ingiriendo 0 y 5% de CPM (P < 0.05; Tabla 16). La conversión alimenticia no fue diferente entre tratamientos (P=0,503; Tabla 16).

Tabla 16

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 8 al 14

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	^a 745,73	^a 697,08	^a 648,1	^b 522,41	61,3987	0,0055	0,0006	0,3529	0,6743
GDP (kg/día)	^a 0,471	^a 0,461	^b 0,371	^b 0,3293	0,03885	0,0052	0,0007	0,5961	0,3344
Conversión alimenticia	1,619	1,524	1,803	1,9667	0,2254	0,503	0,1889	0,5559	0,6141

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

^{a-b} Los valores dentro de las filas con diferentes superíndices difieren en $P < 0,05$

- **Semana 3 (15 a 21 días)**

La inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) disminuyó linealmente el consumo de alimento y ganancia diaria de peso ($P=0,0021$). Sin embargo, con la inclusión de CPM decreció cuadráticamente en forma creciente la ganancia de peso diaria (GDP) ($P=0,013$; Tabla 17). Adicionalmente, el consumo de alimento de los lechones ingiriendo 5% y 10% de CPM no fue diferente del grupo control ($P > 0,05$). Por otro lado, animales bajo el régimen de 15% CPM mantuvieron la tasa de consumo de alimento más baja comparada a animales nutridos con 0 y 5% de CPM ($P < 0,05$; Tabla 17). Por otra parte la GDP de los lechones consumiendo 5% de CPM no fue diferente del grupo control ($P > 0,05$). Asimismo, animales bajo el régimen de 15% CPM mantuvieron una GDP más baja comparada a animales consumiendo 0 y 5% de CPM ($P < 0,05$; Tabla 17). La conversión alimenticia no fue diferente entre tratamientos ($P=0,4463$; Tabla 17).

Tabla 17

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 15 al 21

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	^a 806,44	^a 866,73	^{ab} 763,52	^b 598,91	77,9075	0,0271	0,0117	0,0682	0,6986
GDP ⁴ (kg/días)	^{ab} 0,439	^b 0,515	^{ac} 0,405	^c 0,3151	0,04732	0,0015	0,0021	0,013	0,145
Conversión alimenticia	1,993	1,685	1,948	1,9222	0,1618	0,4463	0,9395	0,3425	0,194

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

^{a-c} Los valores dentro de las filas con diferentes superíndices difieren en P <0,05

- **Semana 4 (22 a 28 días)**

El consumo de alimento (P=0,1893) y conversión alimenticia (P=0,6658) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 18). Por otro lado a medida que incremento la inclusión de CPM tendió a disminuir linealmente la ganancia de peso diaria (P=0,0853; Tabla 18).

Tabla 18

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 22 al 28

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	906,7	1016,2	926,34	782,58	97,801	0,1893	0,1692	0,091	0,6515
GDP ⁴ (kg/días)	0,482	0,54	0,447	0,3909	0,0568	0,1605	0,0853	0,2182	0,3551
Conversión alimenticia	2,128	1,965	2,239	1,9333	0,2044	0,6658	0,73	0,7196	0,2529

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

- **Semana 5 (29 a 35 días)**

El consumo de alimento (P=0,2642), ganancia de peso diaria (P=0,1879) y conversión alimenticia (P=0,5205) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 19).

Tabla 19

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 29 al 35

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	1015,8	1168,99	1012,19	939,22	103,52	0,2642	0,3037	0,176	0,2824
GDP ⁴ (kg/días)	0,419	0,534	0,402	0,3984	0,05311	0,1879	0,3949	0,2419	0,0981
Conversión alimenticia	2,823	2,194	2,725	2,7036	0,361	0,5205	0,9079	0,3607	0,246

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

- **Semana 6 (36 a 42 días)**

El consumo de alimento ($P=0,4927$), ganancia de peso diaria ($P=0,1609$) y conversión alimenticia ($P=0,8715$) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos respectivamente (Tabla 20).

Tabla 20

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante los días 36 al 42

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	1120,8	1310,05	1160,67	1056,37	127,33	0,4927	0,5282	0,2269	0,4681
GDP ⁴ (kg/días)	0,39	0,5638	0,4963	0,4871	0,05537	0,1609	0,3599	0,0982	0,2121
Conversión alimenticia	1,6837	1,6787	1,66	1,5276	0,2265	0,8715	0,4744	0,6692	0,8786

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

- **Primera fase de alimentación (destete de 1 a 14 días)**

La inclusión de CPM disminuyó linealmente el consumo de alimento y ganancia diaria de peso (GDP) ($P=0,0008$). Adicionalmente, el consumo de alimento de los lechones ingiriendo el 5 y 10% no fue diferente del grupo control ($P > 0,05$). Por otro lado animales bajo el régimen de 15% de CPM mantuvieron la tasa de consumo de alimento más baja comparada a animales nutridos con 0 y 5% de CPM ($P < 0,05$; Tabla 21). Asimismo la GDP de los lechones consumiendo el 5% no fue diferente del grupo control ($P > 0,05$). Por otra parte animales bajo el régimen de 10 y 15% de CPM mantuvieron la GDP más baja comparada con animales

ingiriendo 0 y 5% de CPM ($P < 0.05$; Tabla 21). La conversión alimenticia no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,7823$; Tabla 21).

Tabla 21

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la primera fase de alimentación destete con duración del día 1al 14

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	^a 455,56	^a 447,93	^{ab} 376,95	^b 319,02	57,29 9	0,0064	0,0008	0,3758	0,5402
GDP ⁴ (kg/días)	^a 0,347	^a 0,345	^b 0,276	^b 0,2423	0,034 6	0,0019	0,0003	0,4374	0,2581
Conversión alimenticia	1,371	1,348	1,481	1,4691	0,257 9	0,7823	0,4123	0,9611	0,5516

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

^{a-b} Los valores dentro de las filas con diferentes superíndices difieren en $P < 0,05$

- **Segunda fase de alimentación (pre-inicial de 15 a 28 días)**

La inclusión de CPM disminuyó linealmente el consumo de alimento y ganancia diaria de peso ($P=0,00297$). Sin embargo, con la inclusión de CPM tendió a decrecer cuadráticamente en forma creciente la ganancia de peso diaria ($P=0,0139$; Tabla 22). Adicionalmente, el consumo de alimento de los lechones ingiriendo 5% y 10% de CPM no fue diferente del grupo control ($P > 0.05$). Por otro lado, animales bajo el régimen de 15% CPM mantuvieron la tasa de consumo de alimento más baja comparada a animales nutridos con 5% de CPM ($P < 0.05$; Tabla 22). Asimismo, animales bajo el régimen de 0, 10 y 15% CPM mantuvieron una GDP más baja comparada a animales consumiendo 5% de CPM ($P < 0.05$; Tabla 22). La conversión alimenticia no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,3845$; Tabla 22).

Tabla 22

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la segunda fase de alimentación pre-inicial con duración del día 15 al 28

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	^{ab} 807,32	^a 944,58	^{ab} 813,59	^b 629,83	80,8242	0,0176	0,0283	0,0172	0,4459
GDP ⁴ (kg/días)	^a 0,451	^b 0,587	^a 0,444	^a 0,3425	0,05034	0,008	0,0297	0,0139	0,1189
Conversión alimenticia	1,898	1,665	1,9	1,9196	0,16661	0,3845	0,5819	0,2968	0,203

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

^{a-b} Los valores dentro de las filas con diferentes superíndices difieren en P <0,05

- **Tercera fase de alimentación (inicial de 29 a 44 días)**

El consumo de alimento (P=0,5249), ganancia de peso diaria (P=0,6051) y conversión alimenticia (P=0,066) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 23).

Tabla 23

Desempeño productivo de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación inicial con duración del día 29 al 42

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor	p-valor lineal ³	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de alimento (g/día)	1154	1224,8	1166,37	1060	87,8035	0,5249	0,335	0,2577	0,812
GDP ⁴ (kg/días)	0,518	0,541	0,515	0,5947	0,05265	0,6051	0,3308	0,5386	0,4482
Conversión alimenticia	2,268	2,298	2,372	1,8533	0,1442	0,066	0,0733	0,0586	0,3088

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4 GDP= ganancia diaria de peso

4.1.2 Digestibilidad

El consumo de nitrógeno ($P=0,5782$) y azufre ($P=0,443$) de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad (Tabla 24).

Tabla 24

Consumo de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Consumo de N (g)	48,1714	44,6582	45,7346	42,2105	3,4531	0,5782	0,2241	0,9985	0,4914
Consumo de S (g)	5,5614	5,5696	5,7444	6,3786	0,455	0,443	0,1495	0,4303	0,8665

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, $n= 10$ animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

La excreción de nitrógeno ($P=0,8126$) y azufre ($P=0,3965$) en las heces de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad (Tabla 25).

Tabla 25

Excreción de nitrógeno y azufre en las heces de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
N en heces (g)	4,6488	4,6776	4,2868	4,1528	0,4799	0,8126	0,3762	0,8613	0,7431
S en heces (g)	0,6435	0,9782	0,6483	0,6265	0,1754	0,3965	0,6215	0,3004	0,2038

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, $n= 10$ animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

El nitrógeno en la orina de lechones tendió a disminuir linealmente ($P=0,0715$) a medida que aumento el nivel de CPM en la dieta durante la fase de digestibilidad (Tabla 26). El azufre en la orina de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentó diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad ($P=0,9307$; Tabla 26).

Tabla 26

Excreción de nitrógeno y azufre en la orina de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la fase de digestibilidad.

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
N en orina (g)	2,7004	2,4874	2,206	2,1503	0,2407	0,3058	0,0715	0,7323	0,7721
S en orina (g)	0,9185	0,9748	0,9345	0,9881	0,0861	0,9307	0,6695	0,9876	0,6302

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

La Excreción total de nitrógeno ($P=0,4096$) y azufre ($P=0,9065$) de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad (Tabla 27).

Tabla 27

Excreción total de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Excreción total de N (g)	7,3492	7,1651	6,4928	6,3021	0,5553	0,4069	0,1067	0,9948	0,6671
Excreción total de S (g)	1,5317	1,5495	1,6624	1,6028	0,138	0,9065	0,6066	0,784	0,6722

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

La digestibilidad aparente de nitrógeno ($P=0,6724$) y azufre ($P=0,3107$) de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad (Tabla 28).

Tabla 28

Porcentaje de digestibilidad aparente de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Digestibilidad de N (%)	90,430	89,4696	90,1649	89,3277	1,1114	0,6724	0,4413	0,9336	0,336
Digestibilidad de S (%)	88,547	82,1533	87,9399	89,4981	3,3098	0,3107	0,5268	0,1931	0,2232

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

La retención de nitrógeno ($P=0,9571$) y azufre ($P=0,6782$) de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase de digestibilidad (Tabla 29).

Tabla 29

Porcentaje de retención de nitrógeno y azufre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Retención de N (%)	84,604	83,83	83,9708	83,7736	1,9161	0,9571	0,6676	0,8109	0,8138
Retención de S (%)	73,186	73,0325	74,3092	76,1565	2,1185	0,6782	0,2777	0,6263	0,9251

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

N=Nitrógeno, S=Azufre

4.1.3 Parámetros sanguíneos

El porcentaje de hematocrito en la sangre de los lechones aumentó linealmente ($P=0,026$) con la inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) (Tabla 30). Sin embargo la urea en la sangre de los lechones disminuyó linealmente ($P=0,015$) con la inclusión de CPM (Tabla 30). Las proteínas totales ($P=0,9973$), creatinina ($P=0,965$) y albumina ($P=0,8999$) de la sangre de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz no presentaron diferencias significativas entre tratamientos respectivamente (Tabla 30).

Tabla 30

Parámetros sanguíneos de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz durante la tercera fase de alimentación

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cúbico
	0%	5%	10%	15%					
Hematocrito %	46,33	44,222	49,444	51,2224	3,4218	0,0617	0,026	0,3033	0,197
Proteínas totales (g/100ml)	6,6778	6,7222	6,7	6,6305	0,364	0,9973	0,907	0,8547	0,988
Urea (mg/dl)	1,2844	1,023	0,8883	0,8255	0,1549	0,0765	0,015	0,4637	0,929
Creatinina (mg/dl)	1,5778	1,6896	1,7074	1,5808	0,146	0,8629	0,965	0,4066	0,938
Albumina (mg/dl)	2,9889	2,9387	3,0022	3,0685	0,1428	0,8999	0,560	0,6305	0,838

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4.1.4 Masa visceral

La inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) disminuyó linealmente el peso del páncreas ($P=0,0046$). El páncreas presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,0075$), los lechones que consumieron el alimento del tratamiento 0% tuvieron mayor peso que los tratamientos 5%,10% y 15%.(Tabla 31). Por otro lado el peso vacío tendió a disminuir

linealmente a medida que aumento el CPM en la dieta (P=0,0731). Los demás órganos pesados no presentaron diferencias significativas (Tabla 31)

Tabla 31

Masa visceral de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz

Item (g/kgPvacío)	Tratamiento ¹				EE ²	p- valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Sangre	37,7759	42,8118	38,740	33,711	3,473	0,313	0,2865	0,14	0,5821
Bazo	1,8847	2,1721	2,2035	2,1917	0,153	0,247	0,1074	0,2625	0,7032
Corazón	5,5054	5,7182	5,9457	5,6017	0,558	0,926	0,8175	0,5743	0,7883
Estomago	8,7768	8,9787	9,0483	9,1649	0,609	0,9722	0,6451	0,9425	0,9453
Pulmones	11,1918	11,338	12,495	12,731	0,867	0,391	0,1088	0,9538	0,5742
Hígado	27,3927	27,8141	26,054	25,862	1,328	0,543	0,226	0,7881	0,4599
Intestino grueso	23,7568	22,3095	20,9804	22,4042	1,8389	0,6833	0,47	0,3846	0,7163
Riñones	5,1803	5,4879	5,1261	5,1376	0,2761	0,6829	0,6611	0,5493	0,342
Páncreas	2,9086	2,281	2,2312	2,2139	0,1807	0,0075	0,0046	0,0549	0,4231
Intestino delgado	35,6948	31,7424	34,4142	34,494	2,5038	0,6905	0,9325	0,4101	0,3948
Ciego vacío	2,7653	2,6011	2,6708	2,9879	0,2694	0,7308	0,5208	0,3457	0,9905
Peso vacío (kg)	24,951	29,439	23,619	22,875	1,114	0,1216	0,0731	0,3073	0,1896
Contenidos	1,279	1,515	1,212	1,2711	0,1397	0,3904	0,5905	0,5108	0,1367
Intestino grueso (cm)	356,63	450,25	314,25	694,05	194,84	0,4409	0,2703	0,4105	0,3318
Intestino delgado (cm)	1445,69	1607,13	1227,63	1286,86	108,17	0,0668	0,0816	0,6251	0,0433

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4.1.5 Morfometría intestinal

La inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) aumentó linealmente la profundidad de la cripta en el ílium ($P=0,0046$). Sin embargo, con la inclusión de CPM tendió a disminuir linealmente el ancho de la vellosidad en el yeyuno ($P=0,0657$). Asimismo la inclusión de CPM mostró un efecto lineal a disminuir la proporción entre la longitud y profundidad de la cripta en el ílium ($P=0,0387$). Adicionalmente, la profundidad de la cripta en el ílium de los lechones ingiriendo el 10% de CPM no fue diferente del grupo control ($P=0,0185$). Por otro lado, animales bajo el régimen de 5 y 15% CPM mantuvieron una profundidad de la cripta en el ílium superior comparada a animales consumiendo 0 y 10% de CPM ($P =0,0185$; Tabla 32). Las demás medidas no presentaron diferencias significativas.

Tabla 32

Morfometría intestinal de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz

Item	Tratamiento ¹				EE ²	p-valor ³	p-valor lineal	p-valor cuadrático	p-valor cubico
	0%	5%	10%	15%					
Longitud de las vellosidades, μm									
Duodeno	327,82	304,54	343,15	329,29	26,1453	0,5934	0,6424	0,8191	0,2195
Yeyuno	310,79	284,79	319,95	363,87	32,1866	0,3483	0,1554	0,2414	0,6851
Ilium	303,58	319,74	318,55	317,58	24,3247	0,9579	0,7061	0,7308	0,8777
Ancho de las vellosidades, μm									
Duodeno	139,07	156,36	148,08	155,58	12,3374	0,6775	0,4347	0,6742	0,4252
Yeyuno	170,25	162,92	166,31	150,28	8,2217	0,2138	0,0657	0,5039	0,2989
Ilium	156,24	140,42	158,35	150,94	9,6603	0,6183	0,9624	0,6708	0,2009
Profundidad de la cripta, μm									
Duodeno	428,46	446,65	438,96	409,63	42,7198	0,9274	0,7323	0,5683	0,9816
Yeyuno	250,10	270,64	272,80	285,51	24,2052	0,7153	0,2872	0,8594	0,7656
Ilium	251,35 ^a	361,65 ^c	322,15 ^{bc}	382,15 ^c	32,2781	0,0185	0,0112	0,4042	0,0799
Proporción longitud vellosidad: profundidad de la cripta									
Duodeno	0,9479	0,6934	0,8144	0,8543	0,1650	0,6962	0,8252	0,3630	0,5219
Yeyuno	1,3350	1,1549	1,2023	1,3761	0,1923	0,7824	0,8307	0,3189	0,8956
Ilium	1,3210	0,9491	1,0228	0,9203	0,1255	0,0773	0,0387	0,2751	0,2737
Área de la vellosidad, mm^2									
Duodeno	0,1703	0,1969	0,1945	0,2111	0,03055	0,7618	0,3372	0,8566	0,6944
Yeyuno	0,2112	0,1870	0,2132	0,2036	0,01699	0,6434	0,9652	0,6587	0,2432
Ilium	0,1889	0,1708	0,2001	0,1977	0,02209	0,8142	0,5605	0,7388	0,4510

1 Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

2 Error estándar del promedio de los tratamientos, n= 10 animales/tratamiento.

3 Nivel de significancia observado para la diferencia entre tratamientos.

4.1.6 Análisis económico

En las dos primeras fases de alimentación la dieta con 15% de inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) tuvo el menor costo, debido a la mayor sustitución de proteínas más costosas como la lactosa, harina de pescado y plasma bovino propios en esas fases de alimentación. Por otro lado en la tercera fase de alimentación el menor costo presentó el tratamiento control por el aumento de ingredientes como maíz que son más módicos que el CPM. El mayor costo de alimentación en todo el experimento fue con la inclusión de 5% de CPM.

Tabla 33

Costos de alimentación de lechones alimentados con dietas a base de concentrado de proteína de maíz.

Item	Tratamientos ¹			
	0%	5%	10%	15%
Costo del alimento \$/ton				
Fase 1 (Destete)	1296,25	1191,68	1096,46	1094,42
Fase 2 (Pre- inicial)	885,12	887,03	891,24	927,54
Fase 3 (Inicial)	545,13	613,11	684,27	764,49
Consumo de alimento, g/día				
Fase 1 (Destete)	455,56	447,93	376,95	319,02
Fase 2 (Pre- inicial)	807,32	944,58	813,59	629,83
Fase 3 (Inicial)	1154	1224,8	1166,37	1060
Costos de Alimentación, \$ ²				
Fase 1 (Destete, 14 días)	8,27	7,47	5,79	4,89
Fase 2 (Pre- inicial, 14 días)	10	11,73	10,15	8,18
Fase 3 (Inicial, 16 días)	10,07	12,01	12,77	12,97
Costo total	28,34	31,22	28,71	26,03
Costo por kg de ganancia, \$				
Fase 1 (Destete, 14 días)	1,78	1,61	1,62	1,61
Fase 2 (Pre- inicial, 14 días)	1,68	1,48	1,69	1,78
Fase 3 (Inicial, 16 días)	1,24	1,41	1,62	1,42
Costo total	4,69	4,49	4,94	4,81
Peso final, kg				
Fase 1 (Destete, 14 días)	11,98	11,94	10,57	9,6
Fase 2 (Pre- inicial, 14 días)	17,09	18,14	15,7	14,78
Fase 3 (Inicial, 16 días)	26,23	27,95	24,83	24,14

¹ Los tratamientos consistieron en 0% sin concentrado de proteína de maíz, 5% de concentrado de proteína de maíz, 10% de concentrado de proteína de maíz y 15% de concentrado de proteína de maíz.

² Costos de alimentación en dólares por animal en cada fase de alimentación

4.2 Discusión

Desempeño productivo

(Queiroz , y otros, 2017) establecen un consumo de alimento diario de 944 g y una ganancia de peso diaria de 573 g en lechones destetados alimentados con una inclusion de 2,5% de concentrado de proteína de soya y 2,5% de plasma de sangre en la dieta en un periodo de 44

días, similar con lo observado en este estudio que manifiesta un consumo de alimento diario de 951,4 g y una ganancia de peso diaria de 482 g a lechones ingiriendo 5% de concentrado de proteína de maíz, lo que indica que el uso de concentrado de proteína de maíz como fuente alterna parcial de proteína mantiene parámetros semejantes a fuentes proteicas habituales utilizados por Queiroz en la alimentación de lechones recientemente destetados.

(Queiroz , y otros, 2017) en un estudio en lechones recientemente destetados en el que se evaluó diferentes niveles de concentrado de proteína de soya en la dieta, manifestó un peso final de 33,58 kg, una ganancia de peso diaria de 578 g y un consumo de alimento diario de 907 g evaluado en el mismo periodo de tiempo (44 días) aseverando que no hay efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya en las variables de rendimiento afirmando lo demostrado en esta investigación.

La ganancia de peso diaria presentó valores mas altos en lechones con una inclusión de 5% de concentrado de proteína de maíz, en comparación a animales sin la inclusión del concentrado de proteína de maíz, afirmando lo expuesto por (King, Bondurant, Harding, MacDonald, & Klopfenstein, 2016) en un estudio en novillos en el que se evaluó al concentrado de proteína de maíz (CPM) como fuente de proteína no degradable del rumen, en el que determinó que dietas con una inclusión del 24% de CPM tuvo una ganancia diaria de peso de 657,70 g superior a dietas no suplementadas con CPM que presentó una ganancia de peso diaria de 576,06 g.

(Hilscher, Bondurant, Harding, Klopfenstein, & Erickson, 2016) evaluaron el crecimiento de novillos, a medida que aumenta la suplementación de proteína no degradable del rumen, la cual esta compuesta por 4% de concentrado de proteína de maíz (CPM). El aumento de proteína no degradable del rumen incrementa linealmente el peso final, consumo diario de alimento,

ganancia de peso diaria, esto indica que el aumento de proteína no degradable del rumen en las dietas de ensilaje permite mayores ganancias y aumenta la eficiencia de la ganancia.

(Khalaji, Manafi, Olfati, Hedyati, & Veysi, 2015) en un estudio en pollos broiler de engorde donde se evaluó la sustitución de harina de soya por concentrado de proteína de maíz (CPM) al 80% en las dietas, manifestó que con la inclusión de 15% de CPM obtuvo la mayor ganancia de peso de 2232,75g y conversión alimenticia de 1,55 en 42 días de investigación.

(Quillupangui & Morejon, 2017) en un estudio donde se evaluó diferentes niveles de inclusion de concentrado de proteína de maíz (CPM) en pollos broiler en zonas de altura, determinó que los animales a los 42 días del ensayo conforme al aumento del nivel de CPM en la dieta el peso fue disminuyendo, afirmando que el tratamiento control (0% de CPM) obtuvo un mayor peso en las aves de 2721,28 g. Con respecto a la ganancia de peso diaria (GDP) mostró un efecto lineal significativo durante toda la investigación, concluyendo que mientras menor fue el nivel de CPM en la dieta este parametro presento valores mas altos, siendo la mayor GDP la del tratamiento control (0% de CMP) con un valor de 63,77 g/día. Por otro lado el consumo de alimento diario de las aves hasta el día 28 del estudio mostró mayor rendimiento cuando las dietas presentaban menor nivel de inclusion de CPM.

(Herrera, 2017) valoró el efecto del mismo concentrado de proteína de maíz (CPM) en gallinas ponedoras Lohmann Brown, declarando que los animales alimentados con 0% de CPM fueron los que presentaron una pérdida de peso, mientras que las aves alimentadas con el 0,5% de concentrado de proteína de maíz presentan la mayor ganancia de peso contradiciendo lo observado en esta investigación que se encontró una tendencia a disminuir del peso corporal final a medida que aumentaba el CPM en la dieta.

Los mejores resultados en consumo de alimento y ganancia de peso fueron para el tratamiento 5% de inclusión de concentrado de proteína de maíz. Estos resultados fueron superiores a los reportados por (Huguet, Le Dividich, & Le Huërou-Lur, 2012) quienes establecieron un consumo de alimento diario de 242 g y una ganancia de peso diaria de 201 g en lechones recientemente destetados durante los días 1 al 7, alimentados con dietas que contienen el 4% de calostro bovino liofilizado y desgrasado.

En la primera semana de estudio, los resultados obtenidos en animales ingiriendo el 5% de concentrado de proteína de maíz fueron mejores a lo demostrado por (Hu, y otros, 2014) quienes encontraron un consumo de alimento diario de 347 g y una ganancia de peso diaria de 280 g en lechones recientemente destetados, alimentados con dietas que contienen el 4% de harina de levadura como fuente de proteína.

Se pudo observar que niveles más altos de inclusión de concentrado de proteína de maíz de 10% y 15% no fueron los mejores en comparación con el 5% de inclusión. Resultados similares a los encontrados por (Khalaji, Manafi, Olfati, Hedyati, & Veysi, 2015) en un estudio en pollos broiler de engorde en el que se evaluó la sustitución de harina de soya por concentrado de proteína de maíz al 80% en las dietas, manifestó que con la inclusión de 0, 15 y 30% de CPM obtuvo la mayor ganancia de peso que con una inclusión de 45% a los 7 días de ensayo.

La inclusión de 5% de concentrado de proteína de maíz presentó los mejores resultados en consumo de alimento diario y ganancia de peso diaria, superiores a lo reportado por (Hou, y otros, 2008) quienes encontraron un consumo de alimento de 185,709g/día y una ganancia de peso de 226,903g/día en lechones destetados durante los días 15 al 21, en el que se utilizó 5% de inclusión de proteína de concentrado de arroz para la formulación de dietas.

Durante la primera fase de alimentación, los animales consumiendo 5% de inclusión de concentrado de proteína de maíz obtuvieron los resultados mas destacados. Estos resultados fueron superiores a los alcanzados por (Yun, Yong , & Chae, 2005) quienes establecieron una ganancia de peso diaria de 308 g en lechones recientemente destetados, alimentados con 8% de proteina de plasma en la dieta en este período de tiempo.

En la segunda fase de alimentación los mejores resultados en consumo de alimento y ganancia de peso fueron para el tratamiento 5% de inclusión de concentrado de proteína de maíz. Estos resultados fueron superiores a los reportados por (Yun, Yong , & Chae, 2005) quienes establecieron en lechones recientemente destetados una ganancia de peso de 434 g alimentados con 5% de concentrado de proteina de arroz y una ganancia de peso de 436 g a lechones alimentados con dietas que contienen 5% de concentrado de proteina de soya. Por otra parte en este estudio la inclusion de concentrado de proteína de maiz disminuyó linealmente el consumo de alimento revatiendo con (Yun, Yong , & Chae, 2005) quienes aseveran que el consumo de alimento en esa fase incrementa linealmente a medida que aumenta el contenido de concentrado de proteina de arroz.

Digestibilidad

La presencia de nitrógeno en la orina de este estudio tendio a disminuir linealmente a medida que aumentó el nivel de concentrado de proteína de maíz en la dieta, siendo el valor de 2,1503 g la excrecion mas baja de nitrogeno en la orina en animales alimentados con una inclusión de 15% de concentrado de proteína de maíz, estos resultados son inferiores a lo reportado por (Lordelo, Gaspar, Le Bellego , & Freire, 2008) en donde el valor mas bajo de excrecion de nitrógeno en la orina fue de 4,33 g en lechones alimentados con 18,20% de harina de soya en la dieta.

Parametros Sanguineos

Lechones alimentados con 15% de concentrado de proteína de maíz mostraron la menor cantidad (mg/dl) de urea en la sangre, demostrando en este experimento que a medida que aumentó el concentrado de proteína de maíz en la dieta la presencia de urea en la sangre disminuyó difiriendo a lo obtenido por (Pangeni, y otros, 2017) quienes indican que lechones desetetados a los 19 días de edad, que fueron sometidos a una dieta con 20% de soya de bajo contenido de oligosacarido mas 5% de harina de plasma y 6% de harina de pescado alcanzaron 10,96 mg/dL de urea en la sangre aseverando que esta tendio a aumetar con la presencia de harina de pescado y harina de plasma en la dieta.

(Hu, y otros, 2014) demostraron que el nivel de nitrogeno ureico en suero de sangre fue significativamente mayor en lechones alimentados con la dieta control (6,63 mmol/l) que aquellos que atestaron dietas con inclusion de harina de plasma porcino (3,03 mmol/l), harina de plasma porcino mas proteína de levadura (3,34 mmol/l) o solo proteína de levadura (3,65 mmol/l) como fuente de aminoacidos en la dieta. afirmando que la presencia de concentrado de proteína de maíz como fuente parcial de proteína reduce el contenido ureico en la sangre.

Masa visceral

Con la inclusión de concentrado de proteína de maíz disminuyó linealmente el peso relativo del páncreas, siendo 2,9086 g/kgPvacío el valor mas alto de animales que consumieron el tratamiento control, similar a lo demostrado por (Souza, Aguilera, Aguilera, Marisca, & Guerrero, 2007) quienes indican que lechones alimentados con 25,34% de concentrado de proteína de soya alcanzaron un peso relativo del pancreas de 2,1 g/kgPvacío mayor a lechones alimentados con 19,43% de aislado de proteína de soya que alcanzaron un peso de 1,6 g/kgPvacío. Por otro lado el peso del intestino delgado en lechones alimentados con 25,34% de

concentrado de proteína de soya fue de 54 g/kgPvacio mayor a lechones alimentados con 19,43% de aislado de proteína de soya que alcanzaron un peso de 37 g/kgPvacio.

(Quillupangui & Morejon, 2017) en un estudio en el que se evaluó diferentes niveles de inclusión de concentrado de proteína de maíz (CPM) en pollos broiler en zonas de altura, determinó que los animales a los 14 días del ensayo alimentados con la dieta control (0% de CPM) presentaron mayor peso de pulmones y riñones, el mismo fue disminuyendo linealmente conforme las aves fueron alimentadas con mayor CPM en la dieta. Por otro lado a los 28 días se observó un efecto lineal en el bazo, numericamente el menor peso presentó el tratamiento 7,5% de CPM y el mayor fue para el tratamiento 5%. Sin embargo a los 46 días de la investigación la molleja presentó mayor peso relativo a medida que el CPM aumento en la dieta, aseverando un peso de 18,84 g/kgPvacio en pollos alimentados con 10% de CPM. Además el peso de los pulmones fue mayor cuando menor fue el CPM en la dieta, manifestando un peso de 4,50g/kgPvacio a las aves alimentadas con 0% de CPM.

Morfometría intestinal

La inclusión de concentrado de proteína de maíz en la dieta aumento linealmente la profundidad de la cripta en la sección del ilium afirmando lo demostrado por (Świąch, Barszcz, Tuśnio, & Taciak, 2016) en un estudio en lechones alimentados con gluten de trigo utilizado como fuente de aminoácidos no esenciales, en el que la profundidad de la cripta en la sección del ilium fue mayor en lechones alimentados con un nivel de inclusión mas alto de gluten de trigo en la dieta. Sin embargo la longitud de la vellosidad en relación con la profundidad de la cripta fue mayor en cerdos alimentados con un nivel mas bajo de inclusión de gluten de trigo. Adicionalmente, indica que a mayor nivel de inclusion de gluten de trigo las vellosidades del duodeno fueron mas cortas y la profundidad de la cripta disminuyo. Por otro lado en la seccion

del yeyuno, la profundidad de la cripta fue menor en cerdos alimentados con niveles de inclusión mas altos de gluten de trigo.

(Reis de Souza, Escobar, Aguilera, Ramírez, & Mariscal, 2017) valoraron la harina de sésamo como fuente de proteína en las dietas de iniciación de los lechones asevera una altura media de las vellosidades de lechones en el duodeno fue de 515 μm , 377 μm en el yeyuno y 332 μm en el íleon. Por otro lado la profundidad promedio de las criptas de los lechones en el duodeno fue de 133 μm , 132 μm en el yeyuno y 129 μm en el íleon. Sin embargo no hubo ningún efecto significativo de los tratamientos sobre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas en ninguna porción intestinal similar con lo demostrado en este estudio.

(Yang, Ferket, Hong, Zhou, & Chen, 2012) en un estudio en el que estimaron el efecto del agua de la cáscara de industrias que procesan cangrejo, camarón y carne de vaca, utilizado en dietas de animales debido a su propiedad antimicrobiana sobre morfología intestinal cerdos destetados reportaron que los tratamientos no afectaron la altura de las vellosidades y la cripta profundidad en el duodeno, yeyuno o íleon.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La inclusión de diferentes niveles de concentrado de proteína de maíz, facultan la elaboración de concentrado que cubren las necesidades nutricionales de lechones post destete durante todo la etapa de recría.

El desempeño productivo (consumo de alimento, ganancia de peso diario y conversión alimenticia) en los lechones, no fue alterado con una inclusión de hasta 5% de concentrado de proteína de maíz en la dieta. Sin embargo, niveles más altos disminuyeron significativamente en promedio 23,44% el consumo de alimento diario y 28,94% la ganancia de peso diario en las dos primeras fases de alimentación.

La inclusión de concentrado de proteína de maíz en la dieta de lechones post destete durante toda la fase de recría no presenta efecto negativo sobre parámetros sanitarios (diarreas y neumonías)

Los niveles más altos de concentrado de proteína de maíz en la dieta de lechones disminuyeron en promedio 22,91% el peso (g/kgPvacío) del páncreas.

Los niveles más altos de concentrado de proteína de maíz en la dieta de lechones disminuyó en promedio 15,52% la excreción de nitrógeno en la orina.

Los niveles más altos de concentrado de proteína de maíz en la dieta de lechones disminuyó en promedio 28,97% el contenido de urea en la sangre.

El efecto conservador de los aminoácidos añadidos en forma de concentrado de proteína de maíz no confirma sus efectos generalmente positivos sobre la morfometría intestinal

En la etapa de recría, en las dos primeras fases de alimentación destete y pre-inicial la dieta con menor costo fue con la inclusión de 15% de CPM siendo en promedio \$2,39 más económico que los demás tratamientos, en la tercera fase de alimentación inicial la dieta control 0% de CPM presento los costos más bajos, siendo en promedio \$2,51 más económico que los demás tratamientos. En general en toda la experimentación la dieta con 15% de CPM obtuvo los menores costos, siendo en promedio \$3,45 más económico que los demás tratamientos.

5.2 Recomendaciones

- Inclusión de 5% de concentrado de proteína de maíz, reemplazando parcialmente otras fuentes de proteína en dietas, tanto de origen vegetal como animal, para lechones puede mantener producciones similares comparadas al control. Sin embargo, se recomienda evaluar más profundamente su uso a ese nivel, y evaluar niveles más bajos.
- Sin embargo, se recomienda evaluar más profundamente su uso a ese nivel, y evaluar niveles más bajos.
- Realizar estudios subsiguientes en etapas de 25kg hasta 100kg con el fin de evaluar el desempeño productivo en todo el ciclo de cerdos de engorde.

5.3 Bibliografía

- Adeola , O., & King, D. (2006). Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal. *Journal Animal Science*, 112-118.
- AGRARIA, D. D. (2010). MANUAL DE PORCINOS. En D. D. AGRARIA. Buenos Aires : DIRECCIÓN PROVINCIAL DE EDUCACIÓN TÉCNICO PROFESIONAL.
- Ajinomoto. (2013). NUTRICIÓN DE AMINOÁCIDOS PARA LECHONES:. *Ajinomoto Animal Nutricion*.
- Araque, H. (2009). Sistema de Producción de Cerdos. *Instito y Departamento de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela*.
- Arrieta, J., Lescano, D., Miranda, M., Vitale, L., Felicioni, E., & Vaudagna, J. (2015). Estrategias nutricionales y de alimentación en recría y engorde. Impacto en los costos. *Centro de Investigación Porcino, Biofarma S.A.*
- ASPE. (13 de Marzo de 2017). *Asociación de Porcicultores del Ecuador*. Obtenido de <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/datos-porcicola-2011>
- Bellego, L., & Noblet, J. (2008). Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *ELSEVIER*, 45-58.
- Benítez, A., Gómez, A., Hernández, J., Navarrete, R., & Moreno, L. (2015). Evaluation of the productive and economic performance of feed for fattening pigs. *Scielo*.
- Bikker, P., Dirkzwager, A., Fledderus, J., Trevisi, P., le Hue`rou-Luron, I., Lalle`s , J., & Awati, A. (2006). The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 3337–3345.
- Bontempo, V., Jiang, R., Cheli, F., Lo Verso, L., Mantovani, G., Vitari, F., . . . Agazzi, A. (2014). Administration of a novel plant extract product via drinking water to post-weaning piglets: effects on performance and gut health. *Animal*, 721–730.
- Boudry, G., Péron, V., Le Huërou-Luron, I., Lallés, J. P., & Séve, B. (2004). Weaning Induces Both Transient and Long-Lasting Modifications of Absorptive, Secretory, and Barrier Properties of Piglet Intestine. *Institut National de la Recherche Agronomique*, 2256–2262.

- Campadabal, C. (2009). *Guía Técnica para alimentación de Cerdos*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de MAG : <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf>
- Chiba, L. (2014). DIGESTIVE PHYSIOLOGY. *Animal Nutrition Handbook*, 30-56.
- Contreras, & Calderon. (2012). La nutrición del lechón en relacion a los puntos criticos al destete.
- Contreras, J. M., & Calderón, Á. (2012). La nutrición del lechón en relación con los puntos críticos en el destete.
- Contreras, J. M., Calderón, Á., & López, J. Á. (2012). La nutrición del lechón en relacion a los puntos criticos al destete. *ANAPORC*, 24-28.
- Cunningham, J. (2005). *Fisiologia Veterinaria*. Madrid: Elsevier.
- Cura, A. d. (2015). ENFERMEDADES ENTÉRICAS EN LECHONES LACTANTES . *axonveterinaria.net*.
- DeRouche, J. (25 de Junio de 2014). *www.elsitioporcino.com*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de *www.elsitioporcino.com*
- Dirección de investigacion y Evaluacion economica y sectorial . (2015). Maiz 2015. *Panorama Agroalimentario* .
- Dúran, R. (1990). Aspectos fisiológicos de destete en el lechón . *Mundo Ganadero*, 27-36.
- EcuRed. (2005). *Sistema digestivo del cerdo*. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de https://www.ecured.cu/Sistema_digestivo_del_cerdo
- Fàbrega, E., Soler, J., Cros, J., Gispert, M., Tibau, J., & Velarde, A. (2009). Resultados de diversas alternativas a la castración quirúrgica de cerdos. *Suis*, 25-34.
- FAO. (27 de Noviembre de 2014). *Produccion y Sanidad Animal*. Recuperado el 14 de Abril de 2017, de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html
- Fuárez, S. A. (2017). Formulación de una dieta de costo mínimo para alimentación de cerdos incluyendo los insumos no convencionales suero y ariche . *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*.
- Gagliostro, G. (2006). Particularidades Nutricionales del grano de maiz en la alimentacion del cerdo . *Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina*, 32-35.

- Góngora, M., Sarmiento, F., Segura, J., & Santos, R. (2004). Evaluation of the pertinence of applying iron to piglets kept in an outdoor production system. *Revistas Médicas Latinoamericanas*, 287-293.
- González, H. C. (2005). MANUAL DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA. Tuluá: CENTRO LATINOAMERICANO.
- González, R. M., Figueroa, V. J., Vaquera, H. H., Sanchez Torres, M. T., Ortega, C. M., Cordero, M. J., . . . Narciso, G. C. (2014). Niveles de proteína para cerdos en fase starter: un meta-análisis. *Sci Cielo*.
- Hermes, R. G., Molist, F., Ywazaki, M., Nofrarías, M., Gomez de Segura, A., Gasa, J., & Pérez, J. F. (2009). Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. *Journal of Animal Science*, 3569-3577.
- Hernández, R. G. (Noviembre de 2015). Diseño de un manual de buenas prácticas de manejo porcícola en la granja Agua Tibia, Villa de San Francisco, Honduras. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,.
- Herrera, A. (2017). EFECTO DE CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE MAÍZ SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN GALLINAS PONEDORAS LOHMANN BROWN DE 64 SEMANAS DE EDAD. *Univesidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*.
- Hilscher, H., Bondurant, R., Harding, J., Klopfenstein, T., & Erickson, G. (2016). Effects of Protein Supplementation in Corn Silage Growing Diets Harvested at 37 or 43% DM on Cattle Growth. *Nebraska Beef Cattle Report*, 49-51.
- Hou, Z., Yin, Y.-L., Huang, R.-L., Li, T.-J., Hou, R., Liu, Y., . . . Tan, L.-x. (2008). Rice protein concentrate partially replaces dried whey in the diet for early-weaned piglets and improves their growth performance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1187-1193.
- Hu, L., Che, L., Luo, G., Su, G., Fei, H., Xuan, Y., . . . Wu, D. (2014). Effects of yeast-derived protein vs spray-dried porcine plasma supplementation on growth performance, metabolism and immune response of weanling piglets. *Italian Journal of Animal Science*, 163-168.

- Huguet, A., Le Dividich, J., & Le Huërou-Lur, L. (2012). Improvement of growth performance and sanitary status of weaned piglets fed a bovine colostrum-supplemented diet. *Journal Animal Science*, 1513-1520.
- INATEC. (2016). Manual de Nutricion animal . *Direccion general de formación del profesional* , 22-23.
- INEC. (2016). *ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN*. Recuperado el 9 de Marzo de 2017, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf
- INTA. (2012). *Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria*. Recuperado el 26 de Abril de 2016, de http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_porcinos_capviii.pdf
- Kansas State University. (2007). General Nutrition. *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*.
- 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*, 433-440.
- Khalaji, S., Manafi, M., Olfati, Z., Hedyati, M., & Veysi, A. (2015). Replacing soybean meal with gelatin extracted from cow skin and corn protein concentrate as a protein source in broiler diets. *Poultry Science*, 1-11.
- King, T., Bondurant, R., Harding, J., MacDonald, J., & Klopfenstein, T. (2016). Effect of Harvest Method on Residue Quality. *Nebraska Beef Cattle Reports* , 81-83.
- Leclercq, B. (2012). EL CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL Y EL USO DE AMINOÁCIDOS. *FEDNA*.
- Lohmann. (2007). *Guía de gestión para gallinas ponedoras: Lohmann White-Classic*. *Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven, Alemania* . .
- Lordelo, M., Gaspar, A., Le Bellego , L., & Freire, J. (2008). Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean meal-based diet for piglets: Growth performance and nitrogen balance. *Journal Animal Science*, 2936–2941.
- MAGAP. (2013). *Estudio de Cadenas Pecuarias del Ecuador*. Recuperado el 9 de Marzo de 2017, de

http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/mercados/carnes/_archivos//000002=Estudio%20del%20mercado%20c%C3%A1rnico%20de%20Ecuador/000008-Estudio%20del%20mercado%20c%C3%A1rnico%20de%20Ecuador.pdf

- Mariscal, G., Reis, T., & Parra, J. (2008). DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE DE LA PROTEINA Y AMINOÁCIDOS DE LA TORTA DE CANOLA EN LECHONES RECIÉN DESTETADOS. *MVZ Cordoba*, 1544-1553.
- Martínez, P. G. (2008). *Manual práctico de porcicultura intensivo*. Madrid: Junta de Castilla y León.
- Medel, P., Latorre, M., & Mateos, G. (2017). NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LECHONES. *FEDNA*.
- Montgé, P. D., & García, E. E. (2011). EFECTOS EN EL BALANCE DE ÁCIDOS GRASOS Y EL METABOLISMO LIPÍDICO EN EL CERDO. *Centro de Nuevas Tecnologías y Procesos Alimentarios (CENTA)*, 46-49.
- Mota, D., Roldán, S., Pérez, E., Martínez, R., Hernández, E., & Trujillo, M. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Veterinaria Mexico*, 52-55.
- NRC. (2012). *Nutrients Requiriments of Swine*. Washintong : National Academic Press.
- Pangeni, D., Jendza, J. A., Menon, D. R., Anil, L., Yang, X., & Baidoo, S. K. (2017). Effect of replacing conventional soybean meal with low oligosaccharide soybean meal fed to weanling piglets. *Journal Animal Science*, 320–326.
- Paramio, T., Manteca, X., Milan, J., Piedrafita, J., Izquierdo, D., Gasa, J., . . . Pares, R. (2008). “MANEJO Y PRODUCCIÓN DE PORCINO”. Barcelona, España: Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Unitat de Ciència Animal, Facultat de Veterinària.
- Paulino, J. A. (2004). MANEJO DE CERDITO DESTETADO PRECOZ Y. *Sitio Argentino de Producción Animal*.
- Pérez, F. (2009). Management practices for the piglet in maternity: strategies to improve the survival and to increase the productivity. *Revista electrónica de Veterinaria*.
- Pérez, J. (2013). Alimentación eficaz, la clave para el beneficio económico. *AND Nutrition*, 40-42.
- Pérez, N., Alonso de León, M., & Del Risco, S. (2007). El estómago del cerdo. *Departamento de Morfofisiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de*

- Camagüey, CUBA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/...estomago_del_cerdo/.../El-estomago-del-cerdo
- PIC. (2016). MANUAL DE ESPECIFICACIÓN DE NUTRIENTES .
- Pluske, J. R. (2009). Efecto del nivel de Proteína y la inclusión de la dieta de aditivos seleccionados sobre el rendimiento de los cerdos despues del destete. *Animal Research Institute* , 119-131.
- Ponce, C. (19 de Abril de 2014). Escala de medicion de Diarreas en lechones recientemente destetados. (M. B. Cajas, & A. V. Carrera, Entrevistadores)
- Queiroz , M., Carvalho Mello, H., Gimenez, A., Arnhold, E., Cunha , R., Andrade , K., . . . Martins , K. (2016). Performance, intestinal histomorphometry, and blood parameters of postweaning piglets receiving different levels of soy protein concentrate in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 295-301.
- Queiroz , M., Gimenez , A., De Carvalho, H., Arnhold, E., Andrade , K., Moura , L., & Da Cunha, R. (2017). Substitution of blood plasma with soy protein concentrate in piglet diet. *Brazilian Journal of Animal Science*, 324-330.
- Quiles. (2009). Castración de lechones: Ventajas e inconvenientes. *axonveterinaria*, 54-62.
- Quiles, A., & Evia, M. (2010). Manejo integral del lechón. Argentina: Ministerio de la producción, Gobierno de la Pampa.
- Quillupangui, R., & Morejon, P. (2017). Uso de diferentes niveles de concentrado de proteína de maiz, en pollos broiler en zonas de altura . *Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE*.
- Ramírez , A. H., & Buntinx Dio, S. (2014). METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS, LÍPIDOS Y PROTEÍNAS. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional*.
- Reis de Souza, T. C., Mariscal, G., Aguilera, A., & Cervantes, J. G. (2006). Protein and energy digestibility in diets for piglets,. *Veterinaria Mexico*, 141-151.
- Reis de Souza, T., Escobar, K., Aguilera, G., Ramírez, B., & Mariscal, R. (2017). Sesame meal as the first protein source in piglet starter diets and advantages of a phytase: a digestive study. *South African Journal of Animal Science* , 606-615.

- Reis de Souza, T., Mariscal, G., Escobarr, K., Aguilera, A., & Magné, A. (2011). Nutritional changes in piglets and morphophysiological development of their digestive tract. *Veterinaria México*, 155-173.
- Riopérez, J., & Rodríguez. (2005). Nutrición y patología digestiva del lechón y del cerdo en crecimiento-cebo. *Facultad de Veterinaria de Madrid*.
- Rodríguez, D. (2016). CONSIDERACIONES SOBRE EL DESTETE EN LECHONES. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*.
- Rodríguez, J., Allaway, C., Alvarez, M., & Alzina, A. (1996). Identificación de los factores asociados a la mortalidad de lechones lactantes en una granja porcina en el estado de Yucatán, México. *Biomed*, 147-152.
- Rodríguez, M. (2005). *Producción Animal e Higiene Veterinaria*. Recuperado el 30 de 05 de 2017, de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/14_17_34_Temas_44_y_46.pdf
- Rouge, M. (09 de Abril de 2018). *VIVO Pathophysiology*. Obtenido de <http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/pregastric/pigpage.html>
- Rowan, J., Durrance, K., & Combs, G. (2015). *The Digestive Tract of the Pig*. *University of Florida*.
- Sobalvarro, J. L. (2008). Guía Práctica: Manejos del Lechón Recién Nacido. *Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal, Módulo Práctico Porcino*.
- Souza, T., Aguilera, M., Aguilera, A., Marisca, G., & Guerrero, M. (2007). Digestive tract morphology of piglets fed diets with isolated or concentrate soy protein. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 134-140.
- Świąch, E., Barszcz, M., Tuśnio, A., & Taciak, M. (2016). Gut morphology of young pigs fed diets differing in standardized ileal digestible threonine and wheat gluten used as a source of non-essential amino acids. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 226–234.
- UNNE, F. d. (09 de Abril de 2018). *Introducción a la Producción Animal*. Obtenido de <https://ipafcv.files.wordpress.com/2014/04/8-cronometrc3ada-dentaria-de-bovino-ovinos-caprinos-y-porcinos.pdf>
- Vallecilla, C. A. (2014). Fisiología digestiva de monogástricos. *Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia*.

- Veloza Rodríguez, A. S. (2017). Expert support system for the diagnosis and treatment of pneumonia in pigs. *Scientia et Technica*, 69-72.
- Vergara, D., Argote, F., & Gomez, A. (2008). THE EFFECT OF THE DIET AND THE AGE OF THE WEANING. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 33-40.
- Wellock, I. (1 de Octubre de 2008). *3tres3.com Comunidad Profesional Porcina*. Obtenido de https://www.3tres3.com/nutricion/proteina-bruta-en-la-dieta-de-lechones_2424/
- Yang, C., Ferket, P., Hong, Q., Zhou, J., & Chen, A. (2012). Effect of chito-oligosaccharide on growth performance, intestinal barrier function, intestinal morphology and cecal microflora in weaned pigs. *Journal Animal Science*, 2671–2676.
- Yun, J. H., Yong, J. S., & Chae, B. J. (2005). Effects of Feeding Rice Protein Concentrate on Growth Performance and Ileal Digestibility in Early-weaned Pigs. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 384-389.
- Zamudio, N. H. (2015). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/1336.pdf>
- Zangeronimo, M. G., Fialho, E. T., Freitas Lima, J. A., Rodrigues, P. B., & Solis Murgas, L. D. (2006). Effects of reducing dietary crude protein levels for piglets supplemented. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 849-856.