



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN PRODUCTIVO-ECONÓMICA DE DOS  
PROTOCOLOS ALIMENTARIOS EN BASE A DIFERENTES DIETAS  
INICIALES EN EL LECHÓN PORCINO DESTETADO**

**Alexis Francisco Pavez González**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**PROFESOR GUÍA: ÍÑIGO ALONSO DÍAZ CUEVAS**  
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE  
2014



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN PRODUCTIVO-ECONÓMICA DE DOS  
PROTOCOLOS ALIMENTARIOS EN BASE A DIFERENTES DIETAS  
INICIALES EN EL LECHÓN PORCINO DESTETADO**

**Alexis Francisco Pavez González**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**NOTA FINAL: .....**

**FIRMA**

**PROFESOR GUIA: Iñigo Alonso Díaz Cuevas**

.....

**PROFESOR CONSEJERO: María Sol Morales Silva**

.....

**PROFESOR CONSEJERO: Jaime Eduardo Figueroa Hamed**

.....

SANTIAGO, CHILE  
2014

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia, especialmente a mis padres y hermana, por su amor y apoyo incondicional.*

*A mis profesores y no profesores, que actuaron como guías dándome sus consejos y compartiendo su experiencia.*

*A mis amigos y amigas, especialmente a Claudia Molina que además ha sido mi pareja y me ha acompañado durante estos años.*

*A todos aquellos que han sido parte de mi formación profesional y personal, gracias por ser parte de mi vida.*

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | 2  |
| 2.1 Fisiología Digestiva del Lechón .....  | 2  |
| 2.2 Conducta alimentaria.....  | 3  |
| 2.3 Estrategias para mejorar la eficiencia en la alimentación de los lechones .....    | 5  |
| 2.4 La importancia de las dietas y los ingredientes utilizados en su formulación ..... | 6  |
| 2.5 Tecnologías de procesamiento de ingredientes.....                                  | 7  |
| <b>3. OBJETIVOS</b> .....  | 8  |
| 3.1 Objetivo general .....   | 8  |
| 3.2 Objetivos específicos.....   | 8  |
| <b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....   | 9  |
| 4.1 Animales y alojamiento.....  | 9  |
| 4.2 Dietas .....   | 9  |
| 4.3 Análisis estadístico .....   | 12 |
| 4.4 Evaluación económica.....  | 13 |
| <b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....   | 14 |
| 5.1 Peso Vivo (PV) .....   | 14 |
| 5.2 Ganancia Diaria de Peso (GDP).....   | 16 |
| 5.3 Eficiencia de Conversión Alimenticia (ECA).....                                    | 17 |
| 5.4 Consumo Diario de Alimento (CDA). .....  | 18 |
| 5.5 Comportamiento clínico-sanitario (eventos clínicos). .....                         | 19 |
| 5.6 Evaluación Económica .....   | 20 |
| <b>6. CONCLUSIONES</b> .....   | 22 |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 23 |
| <b>8. ANEXOS</b> .....   | 27 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Edad de los lechones y su relación con el ensayo. ....                                | 9  |
| <b>Tabla 2.</b> Composición porcentual dietas Etapa 1. ....   | 10 |
| <b>Tabla 3.</b> Composición porcentual dietas Etapa 2. ....   | 10 |
| <b>Tabla 4.</b> Composición porcentual dietas Etapa 3. ....   | 11 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis químico proximal dietas (% BMS). ....  | 11 |
| <b>Tabla 6.</b> Pesos Vivos promedios, según protocolo y edad (kg). ....                              | 14 |
| <b>Tabla 7.</b> Pesos Vivos promedios, según bloque y edad (kg). ....                                 | 15 |
| <b>Tabla 8.</b> Ganancia Diaria de Peso promedio, según tratamiento y etapa (kg). ....                | 17 |
| <b>Tabla 9.</b> Eficiencia de Conversión Alimenticia promedio, según tratamiento y etapa. .           | 18 |
| <b>Tabla 10.</b> Consumo promedio diario de alimento por animal (kg), según tratamiento y etapa. .... | 18 |
| <b>Tabla 12.</b> Eventos clínicos según signología, protocolo y fecha de ocurrencia ....              | 19 |
| <b>Tabla 13.</b> Precio kg de dieta según Protocolo y etapa. ....                                     | 20 |
| <b>Tabla 14.</b> Costo total del protocolo y según periodo de ensayo. ....                            | 20 |
| <b>Tabla 15.</b> Costo del kg de animal producido según protocolo y periodo de ensayo (\$/kg). ....   | 21 |

## **ABSTRACT**

One of the most important problems in swine production occurs during the early days after weaning. To optimize growth performance of post-weaned piglets, the present essay evaluated two initial feeding protocols in 240 post-weaned piglets (24d old castrated males and females, hybrid PIC). The trial lasted 27 days. The feeding protocols used were based in diets with extruded soybeans and corn, high quality ingredients (fat powder, blood plasma, probiotics) (Experimental Protocol; PrE) and diets with ground ingredients (Control protocol; PrC) (6 replicates of 20 animals each). Pigs body weight (BW) and feed intake were measured at days 8-9, 17 and 27 in order to estimate average daily gain (ADG) and feed:gain ratio (FGR). The influence of weight blocks (light or heavy piglets) and their interaction over productive parameters were also analyzed. Clinical events and mortality were recorded during the trial. Economic evaluation was performed at the end of the experiment in order to compare protocols costs.

The initial BW was  $7.27 \pm 0.95$  kg and  $7.25 \pm 0.88$ kg for PrC and PrE respectively without significant differences. Pigs exposed to the experimental feeding protocol presented a higher body weight ( $17.73 \pm 0.81$  vs.  $16.12 \pm 1.34$  kg,  $p=0.0077$ ) and ADG ( $0.383 \pm 0.02$  vs.  $0.325 \pm 0.01$  kg/d,  $p=0.0003$ ) at the end of the trial. The PrE ECA was better throughout the trial. However, starting from the second stage this differences were significantly different ( $p<0.01$ ). Feed intake was lower in piglets of PrE in the total trial.

The economic evaluation showed that the cost per kg of pig produced, obtained through the total cost of feed consumed related to kg of pork produced at the end of the trial was lower in the PrE (\$ 506) in relation to PrC (\$ 579.2).

In conclusion, the study demonstrated that the PrE, which incorporates extruded and high quality ingredients, has better productive economic response (GDP and ECA) than the control protocol (PrC).

## RESUMEN

Uno de los problemas más relevantes en producción porcina son los bajos consumos observados en los animales tras un destete precoz. Con el objeto de optimizar la respuesta productiva de lechones de recría, el presente ensayo evaluó dos protocolos de alimentación inicial, en 240 lechones destetados, machos castrados y hembras, híbridos comerciales PIC de 24 días de edad. El ensayo tuvo una duración total de 27 días en donde se les administró a los animales dietas a base de soya y maíz extruidos incluyendo ingredientes de alta calidad (grasa en polvo, plasma sanguíneo, probióticos) (Protocolo Experimental;PrE) y dietas con ingredientes molidos de uso habitual (Protocolo Control;PrC) (6 repeticiones de 20 cerdos cada una). Se evaluó el peso vivo de los lechones (8-9, 17 y 27 días) (PV), ganancia diaria de peso (8-9, 17 y 27 días) (GDP), eficiencia de conversión alimenticia (8-9, 17 y 27 días) (ECA) y consumo diario de alimento (CDA) entre los 0-8 días (primera etapa), 8-17 días (segunda etapa) y 17-27 días (tercera etapa). Se analizó la influencia los bloques de peso (livianos o pesados) y su interacción. Se registraron los eventos clínicos durante el ensayo y las pérdidas de animales por eliminación y mortalidad y, se realizó una evaluación económica de los costos asociados a cada protocolo.

El PV inicial fue de  $7,27 \pm 0,95$  kg y  $7,25 \pm 0,88$  kg para PrC y PrE, respectivamente sin presentar diferencias significativas. Los cerdos pertenecientes al grupo PrE presentaron un mayor peso ( $17,73 \pm 0,81$  vs  $16,12 \pm 1,34$  kg,  $p=0,0077$ ) y GDP ( $0,383 \pm 0,02$  vs  $0,325 \pm 0,01$  kg/d,  $p=0,0003$ ) en el periodo total del ensayo. El ECA del grupo PrE fue mejor durante todo el ensayo. Sin embargo, solo a partir de la segunda etapa (17días) las diferencias con respecto al grupo PrC fueron estadísticamente significativas ( $p<0,01$ ). En cuanto al consumo diario de alimento este fue menor en los lechones del grupo PrE durante todo el ensayo.

El costo del kg de lechón producido, obtenido a través del costo total de alimento consumido en relación a los kgs de cerdo producido para el periodo total fue menor en el PrE (\$ 506,0) en relación al PrC (\$ 579,2).

Se puede concluir que los animales alimentados con el PrE, que incorpora ingredientes extruidos y de alta calidad, presenta mejores respuestas productivas (GDP y ECA) y económicas que el protocolo de alimentación control (PrC).

## **1. INTRODUCCIÓN**

El sector porcino nacional ha venido creciendo de manera sostenida en las últimas décadas producto, entre otros factores, de los sistemas de producción implementados, de la gestión empresarial y de la elevada eficiencia productiva que alcanzan los animales. Bajo esta perspectiva, las estrategias productivas buscan por una parte, disminuir costos de producción relacionados mayoritariamente a los programas de alimentación y, por otra, maximizar los parámetros productivos de los cerdos destinados al mercado.

Durante los primeros estadios de vida, hasta aproximadamente los 70 días de edad (etapas de lactancia y recría), el lechón presenta altas tasas de crecimiento y eficiencias de conversión alimenticia (ECA). El desafío en estas etapas es disponer de dietas de alta concentración energético-proteica, elevadas digestibilidades y una adecuada palatabilidad, utilizando aditivos nutritivos y no nutritivos de elevada calidad. Por otra parte, el proceso de elaboración de estas dietas debe cumplir estrictos estándares, incorporando en lo posible, algunas tecnologías que mejoren sus propiedades nutritivas y organolépticas.

Al establecer manejos de destete precoz de alrededor de 21 días, se debe optimizar la respuesta del lechón al estrés post-destete entregándole las mejores condiciones para lograr un adecuado consumo y crecimiento. Una de las alternativas es establecer estrategias alimentarias que estimulen la ingesta y que permitan una adecuada utilización de los nutrientes por parte del lechón.

En este estudio se pretende evaluar la respuesta de lechones de recría frente a un protocolo de alimentación inicial en base a dietas de óptima calidad, utilizando ingredientes de alta digestibilidad (grasa en polvo, plasma sanguíneo), aditivos (probióticos) y tipos de procesamiento (extrusión) sobre los parámetros productivos de cerdos de recría.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Fisiología Digestiva del Lechón

El sistema digestivo del lechón sufre cambios a lo largo de su crecimiento que son importantes para el establecimiento de distintas estrategias alimentarias. Durante la gestación todos los nutrientes son entregados por la madre vía umbilical y tras el parto su alimentación se basa casi exclusivamente en leche materna. A partir del destete los animales inician la ingesta de alimentos exclusivamente sólidos (Quiles y Hevia, 2006).

El desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI) del cerdo depende de factores fisiológicos, ambientales y nutricionales. Durante la fase neonatal los órganos digestivos están morfofisiológicamente adaptados a una alimentación láctea y, a partir de la primera semana post-destete, el aparato digestivo sufre bruscos cambios que, como consecuencia, suelen ocasionar situaciones de subnutrición en el lechón (De Souza *et al.*, 2012). Entre los cambios más relevantes que ocurren tras el destete se encuentra el crecimiento del estómago en relación al peso corporal hasta en un 60%. La mucosa gástrica también presenta un aumento del peso relativo. El intestino delgado muestra un crecimiento relativo entre un 84-98% tras el destete, pero, su longitud relativa al peso vivo (PV) disminuye en la medida que avanza la edad. El crecimiento intestinal relativo se explica por un aumento en el diámetro y en su capacidad. Es importante destacar que las vellosidades intestinales sufren importantes cambios morfológicos al ingerir alimento sólido, disminuyendo su altura. El páncreas también aumenta su tamaño proporcional al PV posterior al destete. El lechón lactante produce bajas cantidades de amilasa, lipasa y bicarbonato a nivel de glándulas salivales, situación que se mantiene luego del destete a pesar de existir un crecimiento de estas glándulas (Jensen *et al.*, 1997; Quiles y Hevia, 2006).

La necesidad de ácido clorhídrico es baja durante la etapa de neonato lactante debido a la proliferación de *Lactobacillus*, quienes generan ácido láctico que disminuye el pH estomacal (Cranwell *et al.*, 1976). De esta manera la secreción de ácido clorhídrico al nacimiento es baja y va aumentando conforme pasa el tiempo, en parte por la hiperplasia e hipertrofia de las células parietales y por el consumo eventual de alimento sólido durante la lactancia (Quiles y Hevia, 2006).

La tripsina mantiene su nivel hasta la quinta semana, para luego aumentar, asociado al CA no lácteo rico en proteína. A su vez, la quimotripsina aumenta durante la lactancia, para disminuir al destete y recuperarse posterior a éste, influenciada por la dieta (Lindemann *et al.*, 1986).

Por otra parte, la actividad de lipasa gástrica, encargada de transformar cerca del 25% de la grasa láctea en diglicéridos, monoglicéridos y ácidos grasos libres, se ve aumentada con un mayor contenido de grasa en la dieta, observándose un aumento en su actividad al destete (Jensen *et al.*, 1997).

La actividad hidrolítica de las enzimas pancreáticas (carbohidrasas, proteasas, lipasas y nucleasas), se ve afectada por el destete. Las amilasas que aumentan durante la lactancia, caen alrededor del destete y se recuperan entre las 2 a 4 semanas post destete. Las lipasas también aumentan durante la lactancia, para tender a disminuir después del destete (Lindemann *et al.*, 1986).

En el intestino delgado se producen principalmente carbohidrasas (lactasa, trehalasa, isomaltasa, maltasa I, maltasa II y sacarasa) y peptidasas. Kelly *et al.*, (1991) reportan una elevada actividad hidrolítica de lactasa en los primeros días de vida del lechón, asociada al consumo de leche, la que tiende a disminuir posterior al destete. En relación a la sacarasa se observa una tendencia inversa, con niveles de actividad bajos al nacimiento, para aumentar a partir del destete.

## **2.2 Conducta alimentaria**

Durante el período de lactancia, los lechones consumen preferentemente leche materna y en la mayoría de los casos acceden también a “dietas sólidas no lácteas” (“creep feed”) el cual es administrado alrededor del día 5-10 de vida. Sin embargo, se ha observado en los lechones una ingesta relativamente baja y muy variable de este alimento (Torrallardona *et al.*, 2012a). A pesar de esto, se ha demostrado que los lechones que han tenido acceso a “creep feed” durante la lactancia, al momento de ser destetados, inician su consumo de alimento antes de las 4 horas post destete en comparación con aquellos lechones que no consumen “creep feed”, los que tardan aproximadamente 3 horas más en consumir alimento después del destete (Bruininx *et al.*, 2002).

Himmelberg *et al.*, (1985) demuestran que la conducta de ingesta de alimento post destete estaría asociada al peso del lechón destetado y al tipo de dieta en el período de recría o transición (21 – 49 días de edad). Los animales de mayor peso a los 21 días (edad de destete) consumieron más alimento, presentaron mayores ganancias de peso y mejores eficiencias de conversión que aquellos destetados con menor peso ( $p < 0,03$ ). Así también, reportan que dietas a base de maíz y soya complementadas con azúcar, leche descremada, solubles de pescado y levadura de cerveza (dieta compleja) son preferidas por los lechones ( $p < 0,01$ ), logrando mejores comportamientos productivos, al compararlos con lechones que consumían dietas simples (maíz-soya).

Por otra parte, Tokach *et al.*, (1995) señalan que lechones destetados a los 23 días de edad al consumir dietas altas en productos lácteos (40%) y niveles de grasa (10%), presentaban mejores niveles de consumo y GDP ( $p < 0,01$ ), en comparación con dietas a base de maíz y soya. En relación a lo anterior, uno de los problemas más frecuente, es la conocida la anorexia posterior al destete que sufren los lechones, que en algunos casos puede prolongarse hasta 15 horas. Este comportamiento alimentario puede provocar una serie de problemas en el lechón destetado, en especial aquellos de bajo peso, asociados a manejos de destetes precoces.

La mayoría de los mamíferos, incluido el cerdo, son capaces de preferir de manera innata alimentos ricos en energía (sabores dulces), proteína (sabores Umami), electrolitos (sabor salado) e incluso ácidos grasos (Pérez *et al.*, 1995; Figueroa *et al.*, 2013a). Sin embargo, sabores y aromas desconocidos dentro de las dietas son identificados como un desafío o incertidumbre sobre sus consecuencias, lo que se traduciría en la disminución del consumo o en períodos prolongados de rechazo. Este fenómeno se denomina neofobia o “temor a lo nuevo” (Miller y Holzman, 1981). Durante el destete, la neofobia se suma a diversos factores estresantes provocando un bajo nivel de consumo de alimento de los lechones (Madec *et al.*, 1998). No obstante, los animales son capaces de aprender y establecer relaciones entre los nuevos sabores o aromas y las consecuencias hedónicas o post-ingestivas de la ingesta de un alimento. De esta manera, las reacciones neofóbicas podrían disminuirse si los lechones pudieran expresar su capacidad de aprendizaje de forma temprana (Figueroa *et al.*, 2013a).

Otra manera en que los lechones pueden aprender asociar claves volátiles con consecuencias positivas es a través de su madre. El aprendizaje materno puede comenzar antes del nacimiento. Las hembras al consumir alimentos durante la gestación,

pueden transmitir ciertas claves aromáticas al líquido amniótico en forma pasiva, creando un efecto de condicionamiento en el feto que afecta su futura preferencia y aceptabilidad. Así también, después del nacimiento, el aprendizaje materno puede continuar y las mismas claves aromáticas de la dieta materna se transmiten a través de la leche (Figuroa *et al.*, 2013a). En un ensayo fueron asignadas un total de 20 hembras Large White x Landrace a tres dietas en las últimas dos semanas de gestación. Dos de ellas aromatizadas (anís y leche-queso) y una dieta control, sin aroma. Se concluye que las aromas vía materna, influyen significativamente las preferencias del lechón durante la lactancia ( $p < 0,001$ ), a los 14 y 21 días, y a los 26 días de edad (dos días después del destete), no observándose diferencias entre las aromas (Figuroa *et al.*, 2013b). Lo anterior es importante al momento de establecer los ingredientes de las dietas iniciales, tanto “creep feed” como post destete, en relación al eventual efecto sobre el consumo de alimento de los lechones.

### **2.3 Estrategias para mejorar la eficiencia en la alimentación de los lechones**

Entre las acciones para optimizar el comportamiento productivo del lechón lactante, se ha evaluado incentivar el consumo temprano de “creep feed”, a través de comederos giratorios (Sulabo *et al.*, 2010). Otra alternativa utilizada ha sido la incorporación de enzimas “pancreatic-like” de origen microbiano, que administradas tempranamente en el periodo neonatal, mejoran el desarrollo del TGI y pueden ser usadas para permitir un aprovechamiento más eficiente de la leche materna por el lechón y mejorar su respuesta al destete (Slupecka *et al.*, 2012). Por otra parte, incorporación de proteasas en la dieta de lechones destetados incrementaría la digestibilidad ileal aparente de la proteína y especialmente, de algunos aminoácidos (Guggenbuhl *et al.*, 2012).

Huygelen *et al.*, (2012), reportan que la utilización de dietas que incorporan aditivos nutritivos y no nutritivos (dietas complejas), son una buena alternativa para optimizar la respuesta del animal, observándose menores síntomas de disfunción gastrointestinal y mejor salud del TGI que los alimentados exclusivamente con leche materna. Sin embargo, estos animales pueden presentar una menor capacidad de absorción debido a que presentan unas vellosidades de menor longitud. En relación a lo anterior, una suplementación oral de glutamato mejoraría la morfología de la mucosa intestinal. La combinación de glutamato con N-carbamilglutamato puede ejercer un efecto favorable en

la proliferación celular del epitelio intestinal que en relación con el uso de glutamato sólo (Wu *et al.*, 2012).

Por otra parte, Rist *et al.*, (2012), indican que en lechones destetados, el desarrollo y la composición de la flora microbiana es influenciada por factores dietarios. Estos autores reportan que la reducción en el CA posterior al destete, puede asociarse a cuadros de diarrea. A su vez, niveles adecuados de CA durante el destete estimularían la proliferación de flora microbiana benéfica, contribuyendo a la salud intestinal.

Un alto consumo de polisacáridos insolubles no almidonados afecta la colonización microbiana (*E. coli*) sin reducir la actividad enzimática o la ganancia de cerdos destetados (performance) comparado con una dieta de destete estándar (Gerritsen *et al.*, 2012).

#### **2.4 La importancia de las dietas y los ingredientes utilizados en su formulación**

Es importante considerar la calidad de ciertos ingredientes tales como los cereales (maíz, avena, arroz, cebada), ya que influyen en la composición microbiana y en la morfología de la mucosa intestinal en cerdos recién destetados (Torrallardona *et al.*, 2012b). Por otra parte, la incorporación de subproductos lácteos (suero) (Tokach, *et al.*, 1989), harina de sangre (Kats *et al.*, 1994a), plasma sanguíneo o la mezcla de ambos ingredientes (Kats *et al.*, 1994b), mejoran la respuesta productiva del lechón destetado.

Por otra parte, dietas desbalanceadas en su relación Energía:Proteína (E:P) generan respuestas productivas alteradas por parte del lechón. De acuerdo a lo reportado por Guzmán-pino *et al.* (2012), lechones alimentados con dietas isoprotéicas y distintos niveles de energía obtienen pesos más elevados y mejores ECAs en aquellos alimentados con dietas hipoenergéticas en comparación con las dietas de mayores niveles de energía. En relación a lo anterior, es importante establecer relaciones E:P adecuadas en esta etapa de alimentación inicial. De acuerdo a NRC (2012), para lechones de 7 a 11 y de 11 a 25 kg de PV, se deberían lograr niveles de energía metabolizable de 3,40 y 3,35 Mcal/kg, respectivamente. Los niveles de proteína total y de lisina deberían ser de 17,5% y 16,0% y, de 1,35% y 1,23%, respectivamente.

## 2.5 Tecnologías de procesamiento de ingredientes

Las tecnologías de procesamiento de los alimentos en la elaboración de las dietas iniciales son fundamentales para optimizar la eficiencia de estas etapas de la producción porcina. Se deben considerar factores relacionados con el animal, los insumos, la flora gastrointestinal, el tipo de explotación y sus interacciones. Así por ejemplo, el tamaño de partícula resulta esencial, en este tipo de dietas reportándose un tamaño óptimo de entre 600 y 900 micras. A su vez, procesos físicos tales como el peletizado, presenta un aumento promedio en la ECA de 6% a 7% (Den Hartog y Sijtsma, 2009).

Diversas investigaciones reportan efectos favorables del pre acondicionamiento de ingredientes o dietas mediante su tratamiento con bajas o altas temperaturas y humedad, tal como ocurre en los procesos de expansión o de extrusión previos a la peletización. Lundblad *et al.* (2011) evaluaron el efecto del acondicionamiento con vapor de agua a 47 y 90°C, de expansión (77 °C por 20 segundos) y de extrusión (92°C por 150 segundos), en dietas iniciales de lechones destetados. Todos estos procesos, en especial la extrusión, ocasionaron mejores ganancia diaria de peso (GDP) y ECA, en relación al alimento solo molido (dieta no acondicionada), debido a que los tratamientos evaluados produjeron una mejora en la digestibilidad de la proteína, materia seca, materia orgánica y energía.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia productiva y el desempeño de dos protocolos de alimentación inicial, en base a diferentes dietas, en lechones porcinos destetados.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Evaluar GDP, CA y ECA de lechones entre el destete y los 51 días de edad, sometidos a dos protocolos de alimentación estructurados en base a diferentes tipos de dietas.

Evaluar el comportamiento clínico-sanitario de los lechones sometidos a estos protocolos de alimentación.

Evaluar económicamente ambos protocolos de alimentación inicial.

#### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el sitio 2 (recría, crianza y engorda) de un criadero industrial, ubicado en la VII Región del Maule con una existencia total de animales, de alrededor de 5.000 cerdos. La duración del estudio fue de 27 días.

##### 4.1 Animales y alojamiento

Se utilizaron 240 lechones destetados, machos castrados y hembras, de 24 días de edad, seleccionados de una población de aproximadamente 1.000 animales, híbridos comerciales de la empresa genética “Pig Improvement Company” (PIC). Los lechones fueron pesados individualmente (pesaje 1 o pesaje inicial), obteniendo un peso promedio de  $7,3 \pm 1,0$  kg, e identificados mediante autocrotales numerados en la oreja izquierda.

La edad de los animales y relación con el ensayo se presenta en la Tabla 1:

**Tabla 1. Edad de los lechones y su relación con el ensayo.**

|                      | Edad           | Duración ensayo (días) |           |
|----------------------|----------------|------------------------|-----------|
|                      |                | PrC                    | PrE       |
| <b>Periodo 1</b>     | <b>24 – 33</b> | <b>9</b>               | <b>8</b>  |
| <b>Periodo 2</b>     | <b>33 – 41</b> | <b>8</b>               | <b>9</b>  |
| <b>Periodo 3</b>     | <b>41 – 51</b> | <b>10</b>              | <b>10</b> |
| <b>Periodo Total</b> | <b>24 – 51</b> | <b>27</b>              | <b>27</b> |

Los animales fueron alojados en 12 corrales de recría (20 cerdos/corral) con piso de plástico expandido y ranurado los cuales poseían un comedero de tolva de 4 bocas, dos bebederos de chupete y calefacción administrada mediante lámparas infrarrojas. Las dimensiones de los corrales fueron de 2,5 m de largo y 2,5 m de ancho. Los animales fueron pesados con una balanza tipo reloj.

##### 4.2 Dietas

Los animales fueron separados según el protocolo de alimentación inicial correspondiente. Para cada uno de los tres periodos o etapas del ensayo se utilizaron dos tipos de dietas, dietas controles (120 cerdos; 6 corrales) y dietas experimentales (120 cerdos; 6 corrales), de acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados en el NRC (2012).

Las dietas experimentales fueron elaboradas en una fábrica comercial donde se realizó la extrusión del maíz y soya que luego se molieron y mezclaron con el resto de los ingredientes, logrando un tamaño de partícula de alrededor de 700 micrómetros (PrE). Las dietas control se procesaron en la fábrica del criadero donde se realizó el ensayo, obteniéndose a un tamaño de partícula de aproximadamente 1.100 micrómetros.

La composición porcentual de las dietas utilizadas en ambos protocolos durante el periodo 1, 2 y 3, se presentan en las Tablas 2, 3 y 4 respectivamente:

**Tabla 2. Composición porcentual dietas Etapa 1.**

| Dietas           |         |           |
|------------------|---------|-----------|
| Ingrediente      | PrC-1   | PrE-1     |
| Maíz             | 56,08   | 45,91     |
| Trigo Afrechillo | 2,50    |           |
| Grasa polvo      |         | 5,70      |
| Soya Afrecho     |         | 12,00     |
| Soya Harina      | 14,99   |           |
| Soya Aceite      | 2,60    |           |
| Pescado Harina   | 9,00    | 1,80      |
| Lactosa Permeato | 7,50    | 7,50      |
| Bigolac*         | 2,30    |           |
| Plasma           |         | 6,00      |
| Suero Dulce      |         | 14,00     |
| Lisina           |         | 0,57      |
| Metionina        | 0,08    | 0,35      |
| Triptófano       |         | 0,06      |
| Treonina         | 0,08    | 0,27      |
| Valina           |         | 0,22      |
| Probiótico       |         | 1,00      |
| Calcio Carbonato |         | 0,63      |
| Sal Común        |         | 0,20      |
| Aditivos         | 0,42**  | 0,79****  |
| Premix           | 4,00*** | 3,00***** |

\* Sustituto de leche en polvo  
 \*\* Denagard 85%: 0,02%; Colistina: 0,40%  
 \*\*\* Ingaso p-140®  
 \*\*\*\* Saborizantes, antioxidante, Tiamulina 10% y Florfenicol

**Tabla 3. Composición porcentual dietas Etapa 2.**

| Dietas           |        |          |
|------------------|--------|----------|
| Ingrediente      | PrC-2  | PrE-2    |
| Maíz             | 58,67  | 65,81    |
| Trigo Afrechillo | 2,50   |          |
| Grasa polvo      |        | 2,30     |
| Soya Afrecho     |        | 17,00    |
| Soya Harina      | 20,49  |          |
| Soya Aceite      | 3,25   |          |
| Pescado Harina   | 5,00   |          |
| Lactosa Permeato | 5,00   | 2,50     |
| Plasma           |        | 3,00     |
| Lisina           | 0,16   | 0,60     |
| Metionina        | 0,09   | 0,24     |
| Triptófano       |        | 0,05     |
| Treonina         | 0,08   | 0,25     |
| Valina           |        | 0,015    |
| Probiótico       |        | 1,00     |
| Calcio Carbonato |        | 0,87     |
| Sal Común        |        | 0,30     |
| Aditivos         | 0,76*  | 0,565*** |
| Premix           | 4,00** | 3,00**** |

\* Denagard 85%: 0,02%; Colistina: 0,40%; Óxido de Zinc: 0,34%  
 \*\* Ingaso p-140®  
 \*\*\* Saborizantes, antioxidante, Tiamulina 10% y Florfenicol  
 \*\*\*\* Kansas®  
 \*\*\*\*\* Kansas®

**Tabla 4. Composición porcentual dietas Etapa 3.**

| Ingrediente       | Dietas |         |
|-------------------|--------|---------|
|                   | PrC-3  | PrE-3   |
| Maíz              | 70,40  | 70,41   |
| Trigo Afrechillo  | 2,50   |         |
| Soya Afrecho      |        | 20,00   |
| Soya Harina       | 17,00  |         |
| Pescado Harina    | 3,80   | 3,50    |
| Lactosa Permeato  | 1,50   |         |
| Lisina            | 0,48   | 0,55    |
| Metionina         | 0,20   | 0,18    |
| Triptófano        |        | 0,04    |
| Treonina          | 0,20   | 0,20    |
| Valina            |        | 0,008   |
| Calcio Carbonato  | 0,89   | 0,85    |
| Fosfato Bicálcico | 1,47   | 0,35    |
| Sal Común         | 0,42   | 0,40    |
| Aditivos          | 1,09 * | 0,515** |
| Premix            |        | 3,00*** |

\* *Colistina: 0,40%; Óxido de Zinc: 0,4%; Vit. 2: 0,25%; Veterin 20%: 0,04%*

\*\* *Saborizantes, antioxidante, Tiamulina 10% y Florfenicol*

\*\*\* *Kansas®*

Las dietas se evaluaron mediante Análisis Químico Proximal (AQP), en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, con el objetivo de comprobar su composición nutricional (Tabla 5):

**Tabla 5. Análisis químico proximal dietas (% BMS).**

|                         | Protocolos |       |       |       |       |       |
|-------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | PrC-1      | PrE-1 | PrC-2 | PrE-2 | PrC-3 | PrE-3 |
| Materia Seca            | 90,2       | 94,6  | 88,2  | 94,2  | 88,4  | 94,4  |
| Proteína Total          | 21,3       | 22,2  | 21,3  | 21,8  | 20,9  | 20,4  |
| Fibra Cruda             | 2,9        | 2,2   | 2,7   | 3,1   | 3,8   | 3,1   |
| Extracto Etéreo         | 8,4        | 4,9   | 6,5   | 4,9   | 3,3   | 3,6   |
| E.N.N.                  | 61,2       | 62,5  | 63,5  | 62,6  | 65,7  | 67,2  |
| Cenizas                 | 6,2        | 8,2   | 6,0   | 7,6   | 6,3   | 5,7   |
| Calcio                  | 0,86       | 0,88  | 0,69  | 0,89  | 0,87  | 0,67  |
| Fósforo                 | 0,84       | 0,77  | 0,78  | 0,77  | 0,76  | 0,70  |
| E. Digestible (Kcal/kg) | 3,969      | 3,723 | 3,866 | 3,692 | 3,569 | 3,653 |

Se establecieron dos tratamientos: (i) Protocolo Control y (ii) Protocolo Experimental, con 120 lechones cada uno. Cada protocolo estuvo constituido por tres dietas, según el siguiente esquema:

- **Protocolo Control (PrC):** Dieta etapa 1 (**PrC-1**) (a partir del destete, 2,0 kg de consumo/lechón), Dieta etapa 2 (**PrC-2**) (4,5 kg de consumo/lechón) y Dieta etapa 3 (**PrC-3**), hasta el término del ensayo (momento en que se logró un consumo aproximado de 9 kg/lechón).
- **Protocolo Experimental (PrE):** Dieta etapa 1 (**PrE-1**) (a partir del destete, 2,0 kg de consumo/lechón), Dieta etapa 2 (**PrE-2**) (4,5 kg de consumo/lechón) y Dieta etapa 3 (**PrE-3**) (9,0 kg de consumo/lechón aproximadamente).

Las dietas PrC-1 y PrE-1 se entregaron hasta que los cerdos consumieran lo asignado (2 kg/lechón). Finalizada esta etapa, los lechones fueron pesados individualmente (Pesaje 2), el cual se realizó el día 8 para los lechones PrE y el día 9 para los lechones PrC. Inmediatamente después del pesaje, se entregaron las dietas PrC-2 y PrE-2, nuevamente hasta lograr el consumo asignado (4,5 kg/lechón). Finalizado el consumo de estas dietas, se realizó el pesaje individual de los animales (Pesaje 3), el cual se realizó el día 17 para ambos tratamientos. La entrega de las dietas PrC-3 y PrE-3, para cada protocolo, se realizó luego del pesaje 3, hasta que al menos un corral de cerdos de PrE logró el consumo asignado (9,0 kg/lechón). En ese momento se realizó el pesaje individual de todos los animales (Pesaje 4) el día 27 del ensayo. Así el ensayo finalizó día 27. En ese momento, se registró el alimento que no fue consumido (rechazo) en los demás corrales.

#### **4.3 Análisis estadístico**

Para un mejor análisis de los datos y de acuerdo a los pesos iniciales de los cerdos, estos se clasificaron en 2 bloques: livianos y pesados. De esta manera se establecieron 3 corrales de cerdos livianos y 3 corrales de cerdos pesados para cada protocolo.

Los datos de PV, GDP por corral e individual, ECA y CA fueron analizados con el paquete estadístico SAS® usando el procedimiento GLM, utilizando un modelo de regresión lineal, el cual se presenta a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + (B_j \times T_i) + E_{ijkl}$$

**Donde:**

$Y_{ijkl}$  : **corresponde a la observación *l*-ésima de los parámetros**

$\mu$  : **media poblacional**

$T_i$  : **efecto de *i*-ésimo tratamiento (1 y 2)**

$B_j$  : **efecto de la *j*-ésimo bloque (1 y 2)**

$B_j \times T_i$  : **efecto de la interacción *Bloque x Tratamiento***

$E_{ijkl}$  : **error experimental**

#### **4.4 Evaluación económica**

Se realizó una evaluación económica en términos de gastos de alimentación, incluyendo los costos de los ingredientes, tipo de procesamiento y elaboración, puesto que las demás variables económicas son iguales para ambos protocolos (PrC y PrE). Se utilizó el precio del kg de alimento entregado por la empresa encargada de elaborar las dietas experimentales y el precio del kg de alimento obtenido por la fábrica perteneciente al criadero. Para ambos protocolos se calculó el costo total para cada etapa del ensayo, el costo total de cada protocolo y el costo del kg de animal producido.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Peso Vivo (PV)

Los pesos de los animales al destete fueron de  $7,27 \pm 0,95$  y  $7,25 \pm 0,88$  kg, para los lechones del PrC y PrE, respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre ambos grupos ( $p=0,9614$ ). Al segundo pesaje (32 o 33 días), tampoco se presentaron diferencias entre el grupo PrC y PrE ( $8,59 \pm 0,73$  vs.  $8,78 \pm 0,84$  kg;  $p=0,5015$ ) respectivamente. Sin embargo, en el tercer y cuarto pesajes se observaron diferencias entre los grupos PrC y PrE ( $11,09 \pm 0,81$  vs.  $12,43 \pm 0,76$  kg;  $p=0,0006$  y de  $16,12 \pm 1,34$  y  $17,73 \pm 0,81$  kg;  $p=0,0077$ ), al tercer y cuarto pesaje, respectivamente (Tabla 6).

Estos resultados demuestran que los lechones alimentados en base a las dietas del PrE, logran obtener mejores pesos, GDP y ECA (Amornthewaphat y Attamangkune, 2008).

**Tabla 6. Pesos Vivos promedios, según protocolo y edad (kg)\*.**

| Edad al Pesaje                           | Protocolo                  |                            | Valor de p |
|--|----------------------------|----------------------------|------------|
|  | PrC                        | PrE                        |            |
| 24 días<br>(1 <sup>er</sup> Pesaje)      | $7,27 \pm 0,95$<br>(13,1%) | $7,25 \pm 0,88$<br>(12,1%) | 0,9614     |
| 32 – 33 días<br>(2 <sup>do</sup> Pesaje) | $8,59 \pm 0,73$<br>(8,5%)  | $8,78 \pm 0,84$<br>(9,5%)  | 0,5015     |
| 41 días<br>(3 <sup>er</sup> Pesaje)      | $11,09 \pm 0,81$<br>(7,3%) | $12,43 \pm 0,76$<br>(6,1%) | 0,0006     |
| 51 días<br>(4 <sup>to</sup> Pesaje)      | $16,12 \pm 1,34$<br>(8,3%) | $17,73 \pm 0,81$<br>(4,6%) | 0,0077     |

\* Promedio  $\pm$  Desviación estándar.

Valores en paréntesis corresponden a Coeficiente de Variación

Al analizar los pesos por bloques, es decir, animales livianos y pesados, se observa que durante todo el ensayo se conservan las diferencias observadas en el peso inicial (Tabla 7):

**Tabla 7. Pesos Vivos promedios, según bloque y edad (kg)\*.**

| Edad al Pesaje                           | Bloque                 |                        | Valor de p |
|--|------------------------|------------------------|------------|
|  | Livianos               | Pesados                |            |
| 24 días<br>(1 <sup>er</sup> Pesaje)      | 6,64 ± 0,56<br>(8,5%)  | 7,88 ± 0,66<br>(8,4%)  | 0,0134     |
| 32 – 33 días<br>(2 <sup>do</sup> Pesaje) | 8,08 ± 0,42<br>(5,2%)  | 9,29 ± 0,47<br>(5,0%)  | 0,0025     |
| 41 días<br>(3 <sup>er</sup> Pesaje)      | 11,13 ± 0,85<br>(7,7%) | 12,39 ± 0,80<br>(6,4%) | 0,0008     |
| 51 días<br>(4 <sup>to</sup> Pesaje)      | 16,19 ± 1,34<br>(8,3%) | 17,66 ± 0,97<br>(5,5%) | 0,0124     |

\* Promedio ± Desviación estándar.

Valores en paréntesis corresponden a Coeficiente de Variación

Sin embargo, la diferencia entre lechones livianos y lechones pesados se va haciendo menor en el tiempo.

Los efectos productivos de situaciones de estrés alimenticios, en animales de edad y peso comparables con los utilizados en el presente ensayo, son descritos por Taylor *et al.* (2013), que indican que los animales restringidos presentaban menores pesos a las 7 semanas de vida en comparación con los controles, situación que se empezaba a revertir solo hacia edades mayores.

Por otra parte, la disminución de las diferencias de peso entre el grupo de lechones pesados y livianos se podría explicar por un eventual mayor consumo precoz de alimento complementario por parte de estos últimos durante la etapa de lactancia, lo que implicaría un menor periodo de anorexia post destete en los lechones livianos (Bruininx *et al.*, 2002). A lo anterior se puede agregar que dicho consumo de alimento no lácteo produce una mayor inducción de la enzimática digestiva lo que capacitaría de mejor forma a los lechones para aprovechar los nutrientes entregados por la nueva alimentación (Pluske *et al.*, 2003; Adeleye *et al.*, 2014).

La interacción analizada (Tratamiento x Bloque) no presentó diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ).

## 5.2 Ganancia Diaria de Peso (GDP)

En general, los lechones asignados a las dietas del PrE mostraron durante todo el ensayo una tendencia a presentar mayores GDP que los lechones del grupo PrC (Tabla 8). Esta tendencia se hace significativa en la segunda etapa (17 días post-destete), con lechones de 41 días de edad donde se observan GDP de  $0,404 \pm 0,03$  y  $0,312 \pm 0,02$  kg/d, ( $p=0,0002$ ) para PrE y PrC respectivamente. En el periodo total del ensayo los lechones del PrE presentaron una GDP de  $0,383 \pm 0,02$  kg/d en comparación a los del PrC que alcanzaron  $0,325 \pm 0,01$  g/d ( $p=0,0003$ ), alcanzando en promedio un diferencial de más de 58 g/d para el grupo PrE, respuesta que es relevante en esta fase de recría, debido a lo importante que resulta lograr mayores pesos vivos en lechones en el periodo post destete temprano. El peso vivo final de los lechones fue de  $16,12 \pm 1,34$  y  $17,73 \pm 0,81$  kg para el PrC y PrE, respectivamente (Tabla 6) lo que significa 1,61 kg más en animales de 51 días de edad.

Los resultados de GDP obtenidos en el presente ensayo serían esperables puesto que las dietas con ingredientes extruidos, incorporadas en el PrE, presentarían una mayor digestibilidad y su consecuente mejor utilización de los nutrientes dietarios (Al-Rabadi *et al.*, 2011), en comparación con las dietas PrC. Lo anterior también podría atribuirse a diversos factores entre los cuales se pueden mencionar la calidad de los insumos utilizados (Hancock y Behnke, 2001), la palatabilidad de los ingredientes (Figuroa *et al.*, 2013a), el pre tratamiento de extrusión (Al-Rabadi *et al.*, 2011; Czech *et al.*, 2014), el tamaño de partícula (Wondra *et al.*, 1995; Svihus *et al.*, 2004) y los procesos industrializados de elaboración de las dietas (Lahaye *et al.*, 2004). Por otra parte, al analizar la GDP según bloque (lechones livianos y pesados) no se aprecian diferencias significativas para ninguna de las etapas, como tampoco, para el período total ( $0,350 \pm 0,04$  y  $0,359 \pm 0,03$  kg/d, para los lechones livianos y pesados, respectivamente;  $p=0,3812$ ) (Anexo 1).

En cuanto a la interacción Bloque x Tratamiento no se observó diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en ninguno de los periodos anteriormente señalados.

En la Tabla 8 se presenta un resumen de las GDP de cada periodo según protocolo:

**Tabla 8. Ganancia Diaria de Peso promedio, según tratamiento y etapa (kg)\*.**

|                  | Tratamiento             |                         | Valor de p |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
|                  | PrC                     | PrE                     |            |
| <b>Etapa 1</b>   | 0,146 ± 0,03<br>(20,9%) | 0,182 ± 0,04<br>(23,0%) | 0,1462     |
| <b>Etapa 2</b>   | 0,312 ± 0,02<br>(5,6%)  | 0,404 ± 0,03<br>(6,8%)  | 0,0002     |
| <b>Etapa 3</b>   | 0,475 ± 0,04<br>(9,2%)  | 0,515 ± 0,05<br>(9,5%)  | 0,1366     |
| <b>GDP Total</b> | 0,325 ± 0,01<br>(4,3%)  | 0,383 ± 0,02<br>(4,9%)  | 0,0003     |

\* Promedio ± Desviación estándar.

Valores en paréntesis corresponden a Coeficiente de Variación.

### 5.3 Eficiencia de Conversión Alimenticia (ECA)

En la primera etapa, ambos protocolos no mostraron diferencias significativas ( $1,57 \pm 0,31$  y  $1,43 \pm 0,30$ ;  $p=0,4561$ ) para PrC y PrE, respectivamente. Sin embargo, a partir de la segunda etapa estas diferencias se hicieron significativas ( $1,81 \pm 0,10$  y  $1,24 \pm 0,08$ ;  $p<0,0001$ ) para PrC y PrE y  $1,88 \pm 0,15$  y  $1,60 \pm 0,09$  ( $p=0,0008$ ) durante la tercera etapa, para PrC y PrE respectivamente (Tabla 9). Las ECAs en el periodo total del ensayo fueron  $1,80 \pm 0,045$  y  $1,44 \pm 0,05$  para el PrC y PrE, respectivamente ( $p<0,0001$ ), situación que se confirma con las diferencias en PV de los lechones y la velocidad de crecimiento observada.

En general, los dos protocolos alimentarios evaluados, presentan comportamientos productivos de acuerdo a lo indicado para la etapa y especie (NRC, 2012), con una mejor eficiencia en la respuesta para PrE. A su vez, los resultados alcanzados en el presente ensayo, concuerdan con los obtenidos por Lundblad *et al.*, (2011).

Los resultados de ECA para cada etapa y periodo total se presentan en la Tabla 9:

**Tabla 9. Eficiencia de Conversión Alimenticia promedio, según tratamiento y etapa\*.**

|                  | Tratamiento            |                        | Valor de p |
|------------------|------------------------|------------------------|------------|
|                  | PrC                    | PrE                    |            |
| <b>Etapa 1</b>   | 1,57 ± 0,31<br>(19,5%) | 1,43 ± 0,30<br>(19,3%) | 0,4561     |
| <b>Etapa 2</b>   | 1,81 ± 0,1<br>(5,5%)   | 1,24 ± 0,08<br>(6,6%)  | <0,0001    |
| <b>Etapa 3</b>   | 1,88 ± 0,154<br>(8,2%) | 1,60 ± 0,09<br>(5,4%)  | 0,0008     |
| <b>ECA Total</b> | 1,80 ± 0,045<br>(2,5%) | 1,44 ± 0,05<br>(3,1%)  | <0,0001    |

\* Promedio ± Desviación estándar.

Valores en paréntesis corresponden a Coeficiente de Variación.

#### 5.4 Consumo Diario de Alimento (CDA).

De acuerdo al diseño del ensayo, se estableció un consumo total de alimento para cada una de las tres etapas en ambos protocolos.

El consumo diario de alimento por lechón se muestra en las Tablas 10:

**Tabla 10. Consumo promedio diario de alimento por animal (kg), según tratamiento y etapa.**

|                      | Tratamiento |       |
|----------------------|-------------|-------|
|                      | PrC         | PrE   |
| <b>Etapa 1</b>       | 0,222       | 0,250 |
| <b>Etapa 2</b>       | 0,563       | 0,500 |
| <b>Etapa 3</b>       | 0,904       | 0,825 |
| <b>Período Total</b> | 0,573       | 0,546 |

Al analizar el consumo promedio diario se observa que los lechones asignados al PrE consumieron menos alimento, con la excepción de la etapa 1. Este comportamiento de consumo podría atribuirse al contenido energético de las dietas, la dieta de la primera etapa del PrE muestra un menor contenido de ED (Kcal/kg) que la del PrC (Tabla 5) lo que explicaría el leve mayor consumo observado en dicha etapa. Sin embargo, debido a

que los contenidos energéticos de las dietas de ambos protocolos para las etapas 2 y 3, pueden considerarse como isoenergéticos (diferencias menores a 5%, tabla 5), las pequeñas diferencias en el CDA observadas, pueden ser atribuidas a otros factores dietarios, tales como, tipo de ingrediente, calidad aminoacídica y extrusión de maíz y soya en todo caso, estos niveles de consumo se consideran normales y dentro de lo esperado para este tipo de animales (NRC, 2012).

### 5.5 Comportamiento clínico-sanitario (eventos clínicos).

Durante el ensayo se presentaron 31 eventos clínicos, 16 de los cuales fueron en animales asignados al PrC y 15 casos en el PrE (Tabla 12).

En la primera etapa, entre el 3<sup>er</sup> y el 8<sup>vo</sup> día de ensayo, se presentó el 80,7% de los casos (25 eventos) y los restantes 6 cuadros aparecieron sólo en el PrC, entre el día 9 y el día 13.

Del total de eventos clínicos 24 de ellos (77,4%) respondían a signología atribuible a enfermedad respiratoria, un 16% a cuadros clínicos con sintomatología digestiva (5 casos), solo en el PrC. En lechones del PrE se presentaron 2 casos de cojeras (6,5%).

El % de animales afectados fue del 12,9% de la masa experimental, prevalencia que puede ser considerada como aceptable para un período post destete de 15 días (Taylor et al., 2013).

**Tabla 12. Eventos clínicos según signología, protocolo y fecha de ocurrencia**

| <i>Días post destete</i> | <i>PrC</i>                  |                                |              | <i>PrE</i>                     |             |              |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------|--------------|
|                          | <i>Signología Digestiva</i> | <i>Signología Respiratoria</i> | <i>Total</i> | <i>Signología Respiratoria</i> | <i>Otro</i> | <i>Total</i> |
| <b>3</b>                 | <b>1</b>                    | <b>4</b>                       | <b>5</b>     | <b>6</b>                       | <b>2</b>    | <b>8</b>     |
| <b>5</b>                 |                             | <b>5</b>                       | <b>5</b>     | <b>6</b>                       |             | <b>6</b>     |
| <b>8</b>                 |                             |                                |              | <b>1</b>                       |             | <b>1</b>     |
| <b>9</b>                 |                             | <b>2</b>                       | <b>2</b>     |                                |             |              |
| <b>11</b>                | <b>3</b>                    |                                | <b>3</b>     |                                |             |              |
| <b>13</b>                | <b>1</b>                    |                                | <b>1</b>     |                                |             |              |
| <b>Total</b>             | <b>5</b>                    | <b>11</b>                      | <b>16</b>    | <b>13</b>                      | <b>2</b>    | <b>15</b>    |

Durante el transcurso del ensayo se eliminaron dos lechones del PrC (pérdida de condición) y se murió un lechón asignado al PrE, con diagnóstico de enfermedad respiratoria.

## 5.6 Evaluación Económica

La evaluación económica se realizó en términos de los costos directos por insumos de alimentación. Los precios de las dietas del PrC y del PrE fueron entregados por el criadero y por la empresa elaboradora y, se presentan en la Tabla 13:

**Tabla 13. Precio kg de dieta según Protocolo y etapa.**

|                  | <i>\$/kg dieta</i> |              |
|------------------|--------------------|--------------|
|                  | <i>PrC</i>         | <i>PrE</i>   |
| <i>Dieta 1</i>   | <i>476,0</i>       | <i>699,0</i> |
| <i>Dieta 2</i>   | <i>429,0</i>       | <i>401,0</i> |
| <i>Dieta 3</i>   | <i>234,0</i>       | <i>242,0</i> |
| <i>Promedio*</i> | <i>322,5</i>       | <i>336,2</i> |

*\*Promedio Ponderado*

Con esta información se calculó para ambos protocolos el costo directo para cada etapa del ensayo de acuerdo a los consumos asignados para cada etapa (Tabla 14):

**Tabla 14. Costo total del protocolo y según periodo de ensayo.**

|                  | <i>Costo total (\$)</i> |                     |
|------------------|-------------------------|---------------------|
|                  | <i>Control</i>          | <i>Experimental</i> |
| <i>Período 1</i> | <i>952,00</i>           | <i>1.398,00</i>     |
| <i>Período 2</i> | <i>1.930,50</i>         | <i>1.804,50</i>     |
| <i>Período 3</i> | <i>2.116,06</i>         | <i>2.008,84</i>     |
| <i>Total</i>     | <i>4.998,56</i>         | <i>5.211,34</i>     |

Se puede apreciar que el costo promedio ponderado del kg de dieta es mayor en el tratamiento que incluye insumos extruidos (PrE) con un valor de \$ 336,2/kg de dieta en comparación con el costo de la dieta del grupo PrC de \$ 322,5/kg. La misma situación se observa al comparar los costos totales de cada protocolo, donde el PrC tiene un costo de \$ 4.998,56 en relación a los \$ 5.211,34 del PrE.

Finalmente, al calcular el costo del kg de animal producido, a través del costo total de alimento consumido para cada etapa en relación a los kgs de cerdo producido en la etapa respectiva, se aprecia que producir un kg de animal con las dietas del PrE, tiene un menor costo de \$ 73,2/kg producido (Tabla 15):

**Tabla 15. Costo del kg de animal producido según protocolo y periodo de ensayo (\$/kg).**

| <b>Costo kg. Animal Producido</b> |              |              |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
|                                   | <b>PrC</b>   | <b>PrE</b>   |
| <b>Período 1</b>                  | <b>723,5</b> | <b>958,6</b> |
| <b>Período 2</b>                  | <b>772,5</b> | <b>495,2</b> |
| <b>Período 3</b>                  | <b>437,7</b> | <b>385,8</b> |
| <b>Total</b>                      | <b>579,2</b> | <b>506,0</b> |

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente ensayo se puede concluir que:

1. La incorporación de un protocolo de alimentación inicial incluyendo soya (harina y afrecho) y maíz extruidos, en conjunto con ingredientes de elevada calidad (PrE) (Plasma sanguíneo, grasas refinadas), mejora la respuesta de GDP y ECA en lechones destetados y además logra mejores pesos en comparación con las dietas del PrC.
2. El mayor costo del protocolo experimental, que incorporó ingredientes de alta calidad (grasa en polvo, plasma sanguíneo, probióticos), maíz y soya extruidos, granulometría de 700 micrómetros y altos niveles tecnológicos de elaboración es compensado por la mayor respuesta productiva de los lechones, haciéndolo más rentable en la fase de alimentación inicial.
3. Se deben realizar nuevos estudios que evalúen los efectos de la extrusión y la incorporación de algunos ingredientes de manera separada, en los parámetros productivos de lechones destetados y que a su vez evalúen su conveniencia en cuanto al costo de alimentación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**ADELEYE, O.O.; GUY, J.H.; EDWARDS, S.A.** 2014. Exploratory behaviour and performance of piglets fed novel flavoured creep in two housing systems. *Anim. Feed Sci. Tech.* 191:91-97.

**AL-RABADI, G.J.; TORLEY, P.J.; WILLIAMS, B.A.; BRYDEN, W.L.; GIDLEY, M.J.** 2011. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. *Anim. Feed Sci. Tech.* 168:267-279.

**AMORNTHAWAPHAT, N.; ATTAMANGKUNE, S.** 2008. Extrusion and animal performance effects of extruded maize quality on digestibility and growth performance in rats and nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 144: 292–305

**BRUININX, E.M.A.M.; BINNENDIJK, G.P.; VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C.; SCHRAMA, J.W.; DEN HARTOG, L.A.; EVERTS, H.; BEYNEN, A.C.** 2002. Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 80:1413-1418

**CRANWELL, P.D.; NOAKES, D.E.; HILL, K.J.** 1976. Gastric secretion and fermentation in the suckling pig. *Br. J. Nutr.* 36(1):71-86.

**CZECH, A.; PASTUSZAK, J.; KUSIOR, G.** 2014. Effect of increased content of animal protein in feed mixtures based on extruded rice on rearing performance and blood parameters of piglets. *Ann. Anim. Sci.* 14(1):117–126

**DEN HARTOG, L.; SIJTSMA, S.** 2009. Influence of feed processing technology on pig performance. *In: Garnsworthy, P.; Wiseman, J. (Eds). Recent Advances in Animal Nutrition.* Nottingham Univ. Press. UK. pp. 227-244.

**DE SOUZA, T.; LANDÍN, G.; GARCÍA, K.; BARREYRO, A.; BARRÓN, A.** 2012. Nutritional changes in piglets and morphophysiological development of their digestive tract. *Vet. Méx.* 43(2):155-173.

**FIGUEROA, J.; SOLÀ-ORIO, D.; PÉREZ, J.F.** 2013a. Aprendizaje de la conducta alimentaria en lechones: cómo aprender a comer un pienso sólido tras el destete. *Av. Technol. Porc.* 10(99):39-45.

**FIGUEROA, J.; SOLÀ-ORIO, D.; VINOKUROVAS, L.; MANTECA, X.; PÉREZ, J.F.** 2013b. Prenatal flavour exposure through maternal diets influences flavour preference in piglets before and after weaning. *Anim. Feed Sci. Tech.* 183(3-4):160-167

**GERRITSEN, R.; VAN DER AAR, P.; MOLIST, F.** 2012. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 90:318-320.

**GUGGENBUHL, P.; WACHÉ, Y.; WILSON, J.** 2012. Effects of dietary supplementation with a protease on the apparent ileal digestibility of the weaned piglet. *J. Anim. Sci.* 90:152-154.

**GUZMÁN-PINO, S.; SOLÀ-ORIO, D.; FIGUEROA, J.; BORDA, E.; PÉREZ, J.** 2012. Dietary energy density affects the preference for protein or carbohydrate solutions and piglet performance after weaning. *J. Anim. Sci.* 90:71-73.

**HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.** 2001. Use of ingredient and diet processing technologies (grinding, mixing, pelleting, and extruding) to produce quality feeds for pigs. *In:* Lewis, A.J.; Southern L.L. (Eds.). *Swine Nutrition*. 2<sup>da</sup> ed. CRC. Florida, US. pp. 469-497.

**HIMMELBERG, L.V.; PEO Jr, E.R.; LEWIS, A.J.; CRENSHAW, J.D.** 1985. Weaning weight response of pigs to simple and complex diets. *J. Anim. Sci.* 61:18-26.

**HUYGELEN, V.; DE VOS, M.; WILLEMEN, S.; TAMBUYZER, B.; CASTELEYN, C.; KNAPEN, D.; VAN CRUCHTEN, S.; VAN GINNEKEN, C.** 2012. Increased intestinal barrier function in the small intestine of formula-fed neonatal piglets. *J. Anim. Sci.* 90:315-317.

**JENSEN, M.S.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K.** 1997. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *J. Anim. Sci.* 75(2): 437-445.

**KATS, L.J.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; WEEDEN, T.L.; DRITZ, S.S.; FRIESEN, K.G.** 1994a. The effects of spray-dried blood meal on growth performance of the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 72(11): 2860-2869.

**KATS, L.J.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; HANSEN, J.A.; LAURIN, J.L.** 1994b. The effect of spray-dried porcine plasma on growth performance in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 72(8): 2075-2081.

**KELLY, D.; SMYTH, J.A.; MCCRAKEN, K.J.** 1991. Digestive development in the early-weaning pig. *Br. J. Nutr.* 65:169-180.

**LAHAYE, L.; GANIER, P.; THIBAUT, J.N.; SÈVE, B.** 2004. Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 113:141-156.

**LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; EL KANDELGY, S.M.; MOSER, R.L.; PETTIGREW, J.E.** 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62(5):1298-1307.

**LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; MCKINNEY, L.J.; ALAVI, S.; PRESTLØKKEN, E.; FLEDDERUS, J.; SØRENSEN, M.** 2011. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 169:208–217.

**MADEC, F.; BRIDOUX, N.; BOUNAIX, S.; JESTIN, A.** 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Prev. Vet. Med.* 35:53-72.

**MILLER, R.R.; HOLZMAN, A.D.** 1981. Neophobia: generality and function. *Behav. Neural Biol.* 33:17-44.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 2012. Nutrient requirements of swine. 11<sup>th</sup> rev. ed. NAS. Washington DC.USA. 400 p.

**PÉREZ, C.; LUCAS, F.; SCLAFANI, A.** 1995. Carbohydrate, fat, and protein condition similar flavor preferences in rats using an oral-delay procedure. *Physiol. Behav.* 57:549-554.

**PLUSKE, J.R.; KERTON, D.K.; CRANWELL, P.D.; CAMPBELL, R.G.; MULLAN, B.P.; KING, R.H.; POWER, G.N.; PIERZYNOWSKI, S.G.; WESTROM, B.; RIPPE, C.; PEULEN, O.; DUNSHEA, F.R.** 2003. Age, sex, and weight at weaning influence organ weight and gastrointestinal development of weanling pigs. *Aust. J. Agr. Res.* 54: 515–527.

**QUILES, A.; HEVIA, M.** 2006. Cría y manejo del lechón. *Acalanthis. Comunicación y estrategias.* S.L.U. Madrid, España. 255 p.

**RIST, V.; EKLUND, M.; BAUER, E.; SAUER, N.; MOSENTHIN, R.** 2012. Effect of feeding level on the composition of the intestinal microbiota in weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 90:19-21

**SKINNER, D.; WEY, D.; RUDAR, M.; LEVESQUE, C.; DE RIDDER, K.; ZHU, C.H.; DE LANGE, C. F.** 2012. Impact of starter pig feeding on subsequent growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 90(E-Suppl. 2):24

**SŁUPECKA, M.; WOLIŃSKI, J.; PRYKHODKO, O.; OCHNIEWICZ, P.; GRUIJC, D.; FEDKIV, O.; WESTRÖM, B.; PIERZYNOWSKI, S.** 2012. Stimulating effect of pancreatic-like enzymes on the development of the gastrointestinal tract in piglets. *J. Anim. Sci.* 90:311-314.

**SULABO, RC.; TOKACH, MD.; DEROUCHÉY, JM.; DRITZ, S.; GOODBAND, R.; NELSEN, J.** 2010. Effects of creep feeder design and feed accessibility on preweaning pig performance and the proportion of pigs consuming creep feed. *J. Swine Health Prod.* 18(4):174–181.

**SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K.H.; PEREZ, V.; ZIMONJA, O.; SAHLSTRÖM, S.; SCHÜLLER, R.B.; PRESTLØKKEN, E.** 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim. Feed Sci. Tech.* 117:281-293.

**TAYLOR, A.E.; JAGGER, S.; TOPLIS, P.; WELLOCK, I.J.; MILLER, H.M.** 2013. Are compensatory live weight gains observed in pigs following lysine restriction during the weaner phase?. *Livest. Sci.* 157:200-209.

**TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L.; ALLEE, G.L.** 1989. Effect of protein and (or) carbohydrate fractions of dried whey on performance and nutrient digestibility of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 67(5):1307-1312.

**TOKACH, M.D.; PETTIGREW, J.E.; JOHNSTON, L.J.; OVERLAND, M.; RUST, J.W.; CORNELIUS, S.G.** 1995. Effect of adding fat and (or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J. Anim. Sci.* 73(11):3358-3368.

**TORRALLARDONA, D.; ANDRÉS-ELIAS, N.; LÓPEZ-SORIA, S.; BADIOLA, I.; CERDÀ-CUÉLLAR, M.** 2012a. Effect of feeding different cereal-based diets on the performance and gut health of weaned piglets with or without previous access to creep feed during lactation. *J. Anim. Sci.* 90:31–33.

**TORRALLARDONA, D.; ANDRÉS-ELIAS, N.; LÓPEZ-SORIA, S.; BADIOLA, I.; CERDÀ-CUÉLLAR, M.** 2012b. Effect of feeding piglets with different extruded and nonextruded cereals on the gut mucosa and microbiota during the first postweaning week. *J. Anim. Sci.* 90:7-9.

**WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; HINES, R.H.; STARK, C.R.** 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73:757-763.

**WU, X.; ZHANG, Y.; LIU, Z.; LI, T.; YIN, Y.** 2012. Effects of oral supplementation with glutamate or combination of glutamate and N-carbamylglutamate on intestinal mucosa morphology and epithelium cell proliferation in weanling piglets. *J. Anim. Sci.* 90:337-339.

## **8. ANEXOS**

## ANEXO 1

### Ganancia Diaria de Peso promedio, según bloque y etapa\*.

|                  | Bloque                  |                         | Valor de p |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
|                  | Livianos                | Pesados                 |            |
| <b>Etapa 1</b>   | 0,163 ± 0,03<br>(17,6%) | 0,166 ± 0,05<br>(31,6%) | 0,9060     |
| <b>Etapa 2</b>   | 0,355 ± 0,06<br>(16,7%) | 0,362 ± 0,05<br>(14,2%) | 0,6535     |
| <b>Etapa 3</b>   | 0,479 ± 0,05<br>(11,3%) | 0,512 ± 0,04<br>(8,1%)  | 0,2160     |
| <b>GDP Total</b> | 0,350 ± 0,04<br>(11,0%) | 0,359 ± 0,03<br>(8,9%)  | 0,3812     |

\* Promedio ± Desviación estándar.

Valores en paréntesis corresponden a Coeficiente de Variación.