

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN



**“EFECTO DEL HIDROLIZADO DE PESCADO SECADO POR
ASPERSIÓN EN REEMPLAZO DE PLASMA PORCINO EN DIETAS
DE PRE-INICIO DE LECHONES DESTETADOS”**

Presentada por:

JORGE LIANG TAY MAURTUA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima - Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN

**“EFECTO DEL HIDROLIZADO DE PESCADO SECADO POR
ASPERSIÓN EN REEMPLAZO DE PLASMA PORCINO EN DIETAS
DE PRE-INICIO DE LECHONES DESTETADOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentada por

JORGE LIANG TAY MAURTUA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado

Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín
PRESIDENTE

Ph. D. Carlos Vilchez Perales
PATROCINADOR

Ing. Mg. Sc. José Cadillo Castro
MIEMBRO

Ph. D. Víctor Guevara Carrasco
MIEMBRO

*A Sofía y Jorge, mis padres, por el sacrificio realizado,
los maravillosos momentos vividos, el gran papel de padres
desempeñado y ser un gran ejemplo a seguir.*

*A Georgina, Jorge “Chino-Chino” y Margarita, por ser
el gran motor en mi vida, imagen de fortaleza, papel
formativo desempeñado y gratificantes momentos
compartidos.*

AGRADECIMIENTO

- A mi familia, sobre todo a mis padres que a pesar de la distancia siempre me brindaron palabras de aliento, apoyo incondicional y motivación a la mejora continua.
- Al Dr. Carlos Vílchez Perales, por sus grandes enseñanzas, orientación académica, vasta consejería proporcionada, amistad brindada e innumerables momentos gratos.
- A la empresa Callizo Aromas, y al Ing. Mauricio Berrocal por la confianza depositada en mi persona y realizar el financiamiento para ejecutar la presente investigación.
- A la U.E.C, por la grata y cómoda acogida. A los ingenieros Carmen Álvarez y Julio Concha, por las enseñanzas, consejos brindados e incondicional apoyo en los últimos años de mi preparación académica. A los técnicos encargados, en especial al Sr. Joel Alvites, por el importante apoyo durante la realización de la parte experimental, intercambio de conocimientos y enseñanzas brindadas. A mis compañeros bolsistas por la amistad brindada en todo este tiempo.
- A Fabiola Caqui, por su comprensión, sinceridad, palabras de aliento e incalculable afecto. A Cristian Uculmana, por los gratos momentos compartidos, interminables pláticas y sincera amistad.
- A mis amigos, sobresalientes profesionales Elmer Rojas, Saira Carranza, Manuel Luna y Vanesa Quispe que me acompañaron y apoyaron durante gran parte de mi vida universitaria.
- A los doctores Daniel Zárate y Marco García por el apoyo incondicional mostrado, grandes enseñanzas y espontáneos momentos compartidos.
- A Freddy Horna, por tu paciencia, solidaridad y enseñanzas proporcionadas.
- A Carmen Villar, por tu amistad, amabilidad y valiosa ayuda en las coordinaciones académicas presentadas en mi desarrollo profesional. A Sonia Lazo, por su sincera amistad, preocupación por el desarrollo y formación de los estudiantes y encomiable labor.
- A mi hermosa y prestigiosa Universidad. A mi Zootecnia de corazón.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Hidrolizados proteico	4
2.1.1 Hidrolizado proteico de pescado (HPP)	5
a. Proceso de obtención del Hidrolizado Proteico de pescado	6
b. Propiedades funcionales y calidad nutricional del HPP	7
2.2 Nucleótidos	9
2.2.1 Definición	9
2.2.2 Biosíntesis	10
2.2.3 Funciones Metabólicas	11
2.2.4 Papel en la nutrición animal	11
2.3 Péptidos	12
2.4 El Destete	12
2.5 Modificaciones anatómicas y fisiológicas del tracto intestinal en el lechón destetado	13
2.5.1 Morfología intestinal en el lechón destetado	13
2.5.2 Modificaciones fisiológicas: Perfil enzimático y capacidad de absorción	15
2.6 Exigencias Nutricionales del lechón destetado	16
2.7 Efectos de las dietas de pre-inicio	17
2.8 El Plasma Porcino	18

III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Lugar de ejecución	21
3.2 Instalaciones y Equipos	21
3.3 Animales Experimentales	22
3.4 Producto evaluado	22
3.5 Tratamientos	25
3.6 Dietas Experimentales	25
3.7 Acondicionamiento de la sala de recría	25
3.8 Programa de Alimentación	27
3.8.1 Alimentación de transición en la fase de Lactación	27
3.8.2 Alimentación en la fase de Recría	27
3.9 Análisis químico	27
3.10 Programa Sanitario	27
3.11 Parámetros de evaluación	28
3.11.1 Parámetros Productivos	28
a. Peso vivo inicial	28
b. Peso vivo final	28
c. Ganancia Diaria de Peso (GDP)	28
d. Consumo Diario de Alimento (CDA)	29
e. Conversión Alimentaria	29
f. Incidencia de Disturbios Gastroentéricos (IDGE)	29
g. Índice de Diarreas (ID)	29
h. Retribución Económica del Alimento (REA)	30
3.12 Metodología de la Morfometría Intestinal	30
3.12.1 Sacrificio y toma de muestras	30
3.12.2 Procedimientos para la obtención de láminas histológicas	30

3.12.3	Lectura de láminas histológicas	31
3.12.4	Mediciones Morfométricas	32
a.	Altura de vellosidad	32
b.	Grosor de vellosidad	32
c.	Profundidad de cripta	32
d.	Relación vellosidad : Profundidad de cripta	33
e.	Área de vellosidad	33
3.13	Diseño Estadístico	33
3.13.1	Parámetros Productivos	33
3.13.2	Morfometría Intestinal	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1	Peso vivo y Ganancia Diaria de Peso	35
4.2	Consumo de alimento	37
4.3	Conversión Alimentaria	38
4.4	Incidencia de Disturbios Gastrointestinales e índice de diarreas	38
4.5	Retribución económica del alimento de Pre-Inicio	39
4.6	Morfometría de las vellosidades intestinales	41
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	45
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VIII.	ANEXO	54

ÍNDICE DE CUADROS

Número		Página
1.	Composición y valor nutricional del Hidrolizado de pescado secado por aspersión.	23
2.	Composición y valor nutricional del Plasma porcino secado por aspersión.	24
3.	Composición y valor nutricional calculado de las dietas de pre-inicio (21-31 días).	26
4.	Análisis proximal porcentual de las dietas experimentales.	28
5.	Efecto de diferentes niveles de un HPSA en reemplazo de SDPP en dietas de pre-inicio sobre la respuesta productiva de lechones destetados.	36
6.	Efecto del nivel del hidrolizado de pescado sobre la retribución económica del alimento durante el período de 21-31 días de edad de los cerdos.	40
7.	Efecto de diferentes niveles de un HPSA en reemplazo de SDPP en dietas de pre-inicio sobre la morfometría intestinal de duodeno de lechones.	41

ÍNDICE DE FIGURA

Número		Página
I.	Flujograma del proceso de producción de un Hidrolizado proteico de pescado.	8

ÍNDICE DE ANEXO

Número		Página
I.	Registro de los pesos vivos (kg) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	55
II.	Registro de la Ganancia diaria de peso (g/lechón/día) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	56
III.	Registro del Consumo diario de alimento (g/animal/día) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	57
IV.	Registro de la Conversión Alimentaria para cada tratamiento y sus respectivas repeticiones.	58
V.	Registro de la Incidencia de disturbios gastroentéricos (%) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	59
VI.	Registro del Índice de diarreas por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	60
VII.	Registro de la altura, grosor y área de la vellosidad por tratamiento y sus respectivas repeticiones.	61
VIII.	Registro de la profundidad de cripta y relación AV:PC por tratamientos y sus respectivas repeticiones.	62
IX.	Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 5% de SDPP (T1).	63
X.	Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP (T2).	64
XI.	Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 5% de HPSA (T3).	65
XII.	Resumen de incidencias durante la primera repetición.	66
XIII.	Resumen de incidencias durante la segunda repetición.	67
XIV.	Resumen de incidencias durante la tercera repetición.	68
XV.	Registro del control de temperatura (C°) durante la evaluación.	69

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de la inclusión de un hidrolizado de pescado secado por aspersión (HPSA), en reemplazo del plasma porcino secado por aspersión (SDPP), en dietas de pre-inicio sobre la respuesta productiva, retribución económica del alimento y morfometría intestinal durante los primeros diez días post-destete. Se emplearon 60 lechones (32 hembras y 28 machos) destetados, de 21 días de edad y con peso vivo promedio de 6.91 kg, los cuales fueron distribuidos al azar en tres tratamientos (20 lechones/tratamiento). Los tratamientos fueron: **T1**, Dieta con 5% SDPP (Control); **T2**, Dieta con 2.5% de HPSA y 2.5% de SDPP y **T3**, Dieta con 5% de HPSA. El peso vivo final y la ganancia diaria de peso mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) favorables para el Tratamiento 1 en comparación con el Tratamiento 3. El consumo diario de alimento fue mayor ($P < 0.05$) para el Tratamiento 1 en comparación a los otros dos tratamientos. La conversión alimentaria, incidencia de disturbios gastro entéricos, índice de diarreas y morfometría intestinal no fueron influenciadas ($P > 0.05$) por los tratamientos dietarios. En conclusión, la inclusión de HPSA en reemplazo de SDPP en las dietas de pre-inicio no mejoró el comportamiento productivo de los cerdos durante los diez días post-destete, pero sí generó una mejora numérica en los indicadores de morfometría intestinal. La mayor retribución económica del alimento correspondió al grupo de animales que recibió la dieta con SDPP.

Palabras clave: hidrolizado de pescado, plasma porcino, morfometría intestinal, lechón.

I. INTRODUCCIÓN

La industria porcina, a través de los avances en genética, en la actualidad cuenta con animales de mejores rendimientos productivos y rápida ganancia de tejido magro, por lo que las estrategias de crianza son suma importancia para que los animales expresen su potencial genético. Dentro de las fases de crianza, el destete es la etapa más crítica para el cerdo porque representa el reto de enfrentarse a un ambiente con serios desafíos como son la separación de la madre, cambio de una dieta líquida a una sólida, localización del bebedero, establecimiento de jerarquías y contar con un sistema digestivo inmaduro, entre otros. Estos factores influyen marcadamente en el limitado consumo de alimento por parte del lechón durante los primeros días post-destete.

La alimentación del cerdo destetado es crítica puesto que el alimento debe estar compuesto por ingredientes altamente digestibles y de buena calidad. La disponibilidad de algunos ingredientes tradicionalmente empleados en la formulación de las dietas de destete ha ido disminuyendo en los últimos años. La creciente demanda de ingredientes de calidad, la competencia del sector de alimentación humana y la producción de biocarburantes hacen necesario considerar ingredientes alternativos para la formulación de dietas a costos razonables, especialmente en las primeras fases donde son, de por sí, más altos que en el resto del ciclo productivo.

El plasma porcino es un ingrediente que ocupa un marcado protagonismo en la formulación de dietas pre-destete y destete de los cerdos, por sus propiedades de mejorar la respuesta productiva de cerdos destetados, particularmente por su efecto sobre el consumo de alimento y respuesta inmunológica; sin embargo, su inclusión representa un incremento significativo en el costo de la dieta, generando un interés por la búsqueda de ingredientes alternativos de alta digestibilidad, que favorezcan el desarrollo fisiológico y digestivo, y permitan la expresión del potencial de crecimiento de los cerdos, pero a menores costos y dentro de ellos se encuentra como nueva el hidrolizado de pescado seco por aspersión (HPSA).

El HPSA presenta las características deseables para reemplazar al plasma porcino. Dentro de los componentes se encuentran los péptidos bioactivos, nucleótidos y amino ácidos, entre otros; además, es un ingrediente de alta digestibilidad con potencial para ser utilizados en la alimentación de animales de jóvenes, como los cerdos recién destetados. Existen reportes del uso del HPSA en dietas pre-inicio de pollos de carne como un ingrediente adicional solamente; no existe información sobre el uso de HPSA en dietas de destete de lechones ni como ingrediente ni como reemplazo del plasma porcino.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del uso del HPSA en reemplazo del plasma porcino en dietas de pre-inicio sobre la respuesta productiva (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimentaria), morfometría intestinal y retribución económica del alimento de lechones destetados a los 21 días de edad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 HIDROLIZADO PROTEICO

El material de partida utilizado para la obtención de los hidrolizados proteicos puede ser de origen animal, vegetal o bacteriano. Entre los vegetales, los más usados son las proteínas de soja, trigo y arroz. De los sustratos de origen animal se emplea el pescado, principalmente en países orientales, como Japón o Corea (Benítez *et al.*, 2008).

Los subproductos de origen animal, al ser procesados muestran un atractivo potencial, como lo son los hidrolizados proteicos, ofreciendo interesantes aplicaciones en la alimentación animal. En su mayoría, estos subproductos son ricos en proteínas de alta calidad, pudiendo ser hidrolizados por acción de proteasas, generando así péptidos bioactivos con prometedoras aplicaciones funcionales y nutricionales (Martínez-Alvarez *et al.*, 2015).

La hidrólisis de proteínas, puede ser catalizada por agentes químicos o por enzimas (Kristinsson y Rasco, (2000a) citado por Belén *et al.*, 2007). La hidrólisis química puede afectar a los aminoácidos, disminuyendo la calidad de la proteína (Berge y Storebakken, 1996), según Guadix *et al.*, (2000) la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos arginina y cisteína, mientras que la hidrólisis ácida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos serina y treonina. Por otro lado, la hidrólisis enzimática consiste básicamente en la acción de las enzimas proteolíticas (endopeptidasas o exopeptidasas) sobre los enlaces peptídicos de la proteína, dando lugar a péptidos de menor peso molecular que el de la proteína inicial (Adler – Nissen, 1976 citado por Fernández, 2001); mostrando ventajas, tales como mayor selectividad de sustratos, realización de procesos en condiciones térmicas menos drásticas y fácilmente controlables, lo que minimiza el desarrollo de reacciones secundarias alterantes, manteniendo así el valor nutricional del producto (Guadix *et al.*, 2000).

Las características que deben poseer los hidrolizados proteicos para formar parte de una dieta enteral son: no producir desequilibrios osmóticos ni alergias, presentar un alto valor nutritivo y tener un sabor aceptable (Benítez *et al.*, 2008). Según Martínez-Alvarez *et al.*, (2015) la utilización de hidrolizados proteicos de origen animal están siendo enfocados como estrategias que optimicen el bienestar de los animales y/o la producción de alimentos, por ejemplo, el aumento de la producción de leche en vacas lecheras, aumento de la supervivencia de especies de acuicultura, o el aumento de la ganancia de peso en los cerdos después del destete.

Para una adecuada elección de la fuente proteica debe tenerse en cuenta el uso que vaya a tener el hidrolizado, por ejemplo si será usado como fuente de nitrógeno en la alimentación animal, la recomendación es usar proteínas de pescado y microbianas (Benítez *et al.*, 2008).

2.1.1 Hidrolizado Proteico de Pescado (HPP)

En la actualidad, las industrias de procesamiento de pescado generan grandes cantidades de residuos, pudiendo ser representados en un 57% del peso total después del fileteado. En términos generales, el volumen actual de los subproductos generados por la industria animal supera los 84 mil millones de dólares (Meeker, 2009). Según Chalamaiah *et al.*, (2012) el hidrolizado proteico de pescado es obtenido del aprovechamiento de los subproductos generados por la industria de pescado (piel, cabeza, espinas, vísceras, huevos y musculo). A través de procesos que incluyen el uso de enzimas microbianas o vegetales que actúan como catalizadores biológicos, acelerando así la hidrólisis proteica (Furlan y Oetterer, 2002).

Este ingrediente ha llamado mucho la atención por parte de los biotecnólogos de alimentos, debido a la gran disponibilidad de materias primas para su proceso, la presencia de un alto contenido proteico con buen balance de aminoácidos y péptidos bioactivos (antioxidante, antihipertensivo, inmunomodulador péptidos antimicrobianos) disponibles para los seres humanos y animales (Chalamaiah *et al.*, 2012).

En cuanto a su utilización en la alimentación animal, Berge y Storebakken (1996), concluyeron que la inclusión de un Hidrolizado proteico de pescado (HPP) en la

alimentación de peces, generó un incremento significativo de la velocidad de crecimiento de alevines. Similar a lo afirmado por Tang *et al.*, (2008), donde su inclusión en la dieta de peces mejoró el rendimiento y la inmunidad de los mismos. Por otro lado, su inclusión en dietas de pre-inicio (1 a 10 días de edad) incrementa la ganancia de peso, reduce el consumo de alimento, mejora la conversión alimentaria y reduce la mortalidad en pollos de carne criados hasta los 42 días de edad (Zamora, 2013).

Norgaard *et al.*, (2012) concluyen que la inclusión de 12.3% de un hidrolizado proteico de salmón (HPS) en la dieta de lechones destetados resultó en un mayor consumo de alimento que los que contienen un concentrado proteico de soya, aunque no se encontraron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia entre tratamientos. De manera similar, la inclusión de hasta 3% de HPS en la primera semana post-destete no afecta el crecimiento de lechones (Tucker *et al.*, 2011), mientras que Sun *et al.*, (2009) observaron que la sustitución parcial de plasma porcino o harina de pescado por un hidrolizado proteico de camarón no mostró ningún efecto adverso en el rendimiento productivo y digestibilidad de nutrientes en lechones destetados.

Dentro del uso dado en otro campo, el HPP se ha utilizado como fuente de nitrógeno, carbono y minerales en formulaciones destinadas al cultivo de microorganismos, sin requerir de la adición de otros nutrientes (Mukhin *et al.*, 2001).

a. Proceso de obtención del Hidrolizado proteico de pescado

El sustrato (materia prima) es triturado, para luego ser disuelto en agua hasta que el pH y la temperatura se estabilicen, simulando las condiciones de digestión. Posteriormente se procede la adición de enzimas, dando inicio a la hidrólisis. En esta etapa se dará la división de las cadenas largas de péptidos y aminoácidos; a medida que ésta progresa se produce una disminución del pH, debido a la rotura de los enlaces peptídicos (Benítez *et al.*, 2008).

La suspensión obtenida es filtrada para eliminar huesos y pieles sin digerir. Para finalizar la hidrólisis proteica la enzima puede ser inactivada con calor, por lo que se somete a un proceso de pasteurización durante 15 minutos a 80 °C. La centrifugación posterior a la que es sometida permite extraer la proteína no hidrolizada y otros materiales no solubles. Por otro lado, los sólidos solubles siguen el proceso deshidratado, que consiste en la atomización y secado con aire caliente (secado por el método de aspersión) obteniendo un

producto en polvo. Este método de secado garantiza la calidad de la proteína (Furlan y Oetterer, 2002).

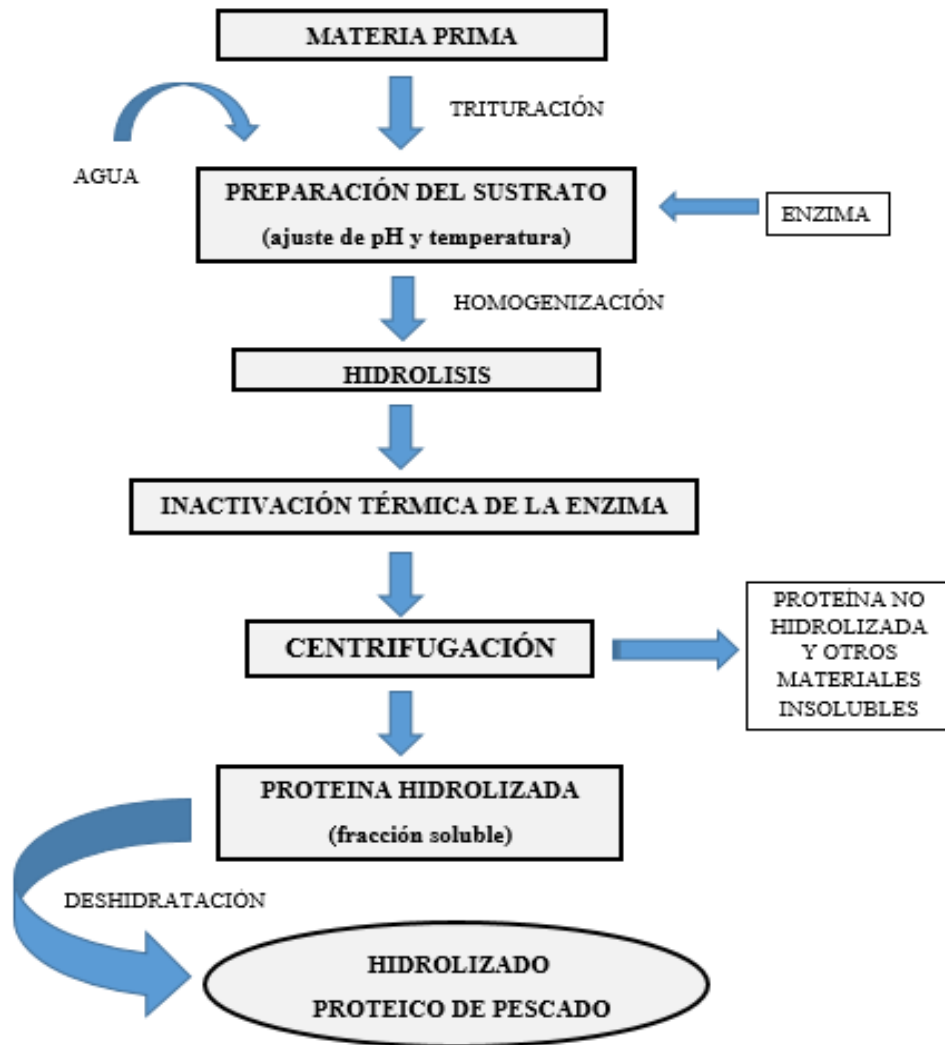
Cabe mencionar la conclusión a que llegaron Benítez *et al.*, (2008); la composición final y, por tanto, el uso de los hidrolizados dependerá principalmente de la fuente proteica, del tipo de enzima usada, de las condiciones de hidrólisis y del grado de hidrólisis alcanzado en la reacción. El diagrama de la obtención del hidrolizado de pescado se puede ver a continuación en la Figura 1.

b. Propiedades funcionales y calidad nutricional del HPP

El efecto positivo de los hidrolizados proteicos sobre el rendimiento de los animales y los principios de cómo trabajan se encuentran bien establecidos. Primero, los hidrolizados contienen péptidos cortos y ciertos aminoácidos (arginina, glicina, ácido glutámico y alanina) que estimulan el consumo y mejoran la palatabilidad de la dieta. Segundo, estos péptidos y aminoácidos son fácilmente absorbidos en el intestino delgado, mejorando el crecimiento y desarrollo animal. Tercero, la presencia de péptidos específicos similares a las hormonas podrían modular la motilidad gastrointestinal, el metabolismo endocrino y el consumo de alimento (Martínez-Alvarez *et al.*, 2015).

Chalamaiah *et al.*, (2012) al realizar la revisión de varios estudios mencionan que la composición química de un HPP contiene entre 60-90% de proteína cruda, alrededor de 5% de grasa cruda y entre 0.45-27% de cenizas, donde la gran variación del último depende generalmente de la adición de un ácido o base en el ajuste de pH del medio. Por otro lado, Belén *et al.*, (2007) obtuvo HPP con una composición química aceptable al contener 74-82% de proteína cruda, 6.5-11% de grasa cruda y 5.6-9.4% de ceniza total. Dentro de las características físicas del HPSA, se menciona que es un polvo de color marrón claro, con un olor como a camarón seco y de sabor similar a la salsa de pescado diluida (Nilsang *et al.*, (2005) citado por Zamora, 2013).

Figura 1. Flujograma del proceso de producción de un Hidrolizado proteico de pescado.



Fuente: Furlan y Oetterer, 2002

Al producir un hidrolizado proteico de pescado, este contenía no menos de 80% en aminoácidos libres y oligopéptidos. Donde predominaban el ácido aspártico, leucina, isoleucina, arginina y lisina (Mukhin *et al.*, 2001). Por lo que este ingrediente podría ser utilizado como fuente de aminoácidos esenciales y no esenciales, y agentes mejoradores de la palatabilidad en la formulación de alimentos de mascotas (Folador *et al.*, 2006).

Según Berge y Storebakken (1996) plantean que los efectos positivos de este ingrediente sobre la respuesta productiva, puede deberse al tratamiento enzimático recibido, iniciando así la degradación de proteínas, aumentando su digestibilidad. Por otro lado, la degradación de proteínas provee de péptidos cortos y aminoácidos libres; donde la absorción de los péptidos es considerada como una importante ruta de transporte en el intestino de los vertebrados, ya que los pequeños péptidos son absorbidos con mayor facilidad y rapidez que los aminoácidos libres (Tang *et al.*, 2008).

Martínez-Alvarez *et al.*, (2015) recomiendan que las dietas post-destete deben incluir fuentes de proteína altamente digestibles, ya que estimulan el consumo de alimento, satisfacen los requerimientos nutricionales y actúan sobre la respuesta inmune. Por tal motivo, la utilización del hidrolizado proteico de pescado en dietas de terneros, salmón y cerdos viene teniendo éxito (Berge y Storebakken, 1996).

2.2 NUCLEÓTIDOS

2.2.1 Definición

Los nucleótidos son compuestos intracelulares de bajo peso molecular presentes en todos los alimentos de origen animal y vegetal en forma libre o como ácidos nucleicos. Están formados por la unión de tres unidades: un monosacárido (pentosa o azúcar con 5 átomos de carbono que puede ser ribosa o desoxirribosa), una base nitrogenada que puede ser púrica (adenina, guanina) o pirimidínica (citosina, timina o uracilo) y uno o varios grupos fosfatos (Cortegano, 2012).

Cortegano, (2012) afirma que los nucleótidos pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que no serían considerados nutrientes esenciales. Sin embargo, algunos estudios han

indicado que bajo ciertas condiciones, como el estrés ambiental, el crecimiento, la deficiencia nutricional, el desafío a enfermedades o la recuperación de lesiones, provoca una demanda que excede a la capacidad de producción endógena (Carver and Walker, 1995; citado por Byoungyun, 2011). Sugiriendo que los nucleótidos son “semi” o “condicionalmente” nutrientes esenciales en los animales cuando el suministro endógeno es insuficiente.

La demanda de nucleótidos incrementa durante períodos de estrés y rápido crecimiento, como lo es el período post-destete, por lo que su suplementación en la dieta permitiría el desarrollo y mejora de la inmunidad, mantener la salud intestinal y preservar la energía. (Mateo y Stein, 2004).

2.2.2 Biosíntesis

Millán, (2005) afirma que la síntesis de nucleótidos puede producirse a través de 2 vías: A través de la “Síntesis de rescate” o “vía de recuperación”, en la luz intestinal las nucleoproteínas y los ácidos nucleicos de la dieta son degradados por las nucleasas y proteasas intestinales, que producen nucleótidos libres. Estos son metabolizados por otras enzimas, como fosfatasa alcalina y nucleotidasas, separando los grupos fosfatos y originando nucleósidos. Estos son absorbidos por la mucosa intestinal y, o bien son degradados hasta formar ácido úrico, o bien son reconvertidos de nuevo a nucleótidos.

A través de la “Síntesis de novo”, esta se produce en el hígado, usando como materias primas a la glucosa y algunos aminoácidos (Cortegano, 2012) como glutamina, glicina y aspartato. Es un proceso metabólico con un alto costo energético a diferencia de la síntesis de rescate, ya que sólo para la síntesis del monofosfato de inosina (IMP), precursor inicial, son necesarias 11 reacciones enzimáticas.

2.2.3 Funciones metabólicas

Son numerosas las funciones atribuidas a los nucleótidos, pudiendo ser agrupadas en tres campos: inmunitarias, lipídicas y digestivas. La primera conduce a una disminución en los procesos infecciosos y una mejor respuesta a la inmunización activa. La acción sobre los lípidos mejora el perfil de ácidos grasos de cadena larga y por último, las digestivas hacen referencia a un incremento en la maduración del intestino delgado y desarrollo de la flora intestinal (Millán, 2005). Como es sabido, el sistema inmune es muy dinámico, sus células proliferan rápidamente en respuesta a antígenos capaces de eliminar al “enemigo”. Por este motivo la activación de los linfocitos conlleva una elevada síntesis de nucleótidos para atender la rápida división nuclear que ocurre en respuesta a la estimulación antigénica (Cortegano, 2012).

Según Rong *et al.*, (1998) el aporte de nucleótidos a través de la dieta es adecuado para que cumplan papeles fisiológicos como: monómeros para la construcción de ácidos nucleicos (ADN y ARN), reguladores fisiológicos (cAMP y cGMP), componentes de coenzimas (Co-A, NAD⁺, FAD) y transportadores de energía (ATP y GTP).

2.2.4 Papel en la nutrición animal

La administración de nucleótidos en las dietas de cerdos tiene efectos positivos en el rendimiento, el desarrollo fisiológico y morfológico del intestino, como también en la reducción de la incidencia de diarreas (Byoungyun, 2011). Según Caldas, (2007) al comparar diferentes fuentes comerciales de nucleótidos con una dieta control durante la etapa de recría de lechones destetados, reportó una mejor respuesta productiva para el grupo de animales que recibió las dietas experimentales. Además, los nucleótidos son capaces de prevenir enfermedades de forma natural al estimular el desarrollo de las vellosidades y criptas intestinales, según Uuay *et al* (1990), al suplementar nucleótidos en la dieta de ratas jóvenes, el tamaño de las vellosidades intestinales aumentó en 25%.; además, modifican el tipo y crecimiento de microflora intestinal, favoreciendo el desarrollo de la flora microbiana benéfica (bifidobacterias y lactobacilus) logrando disminuir el pH intraluminal y, de esta forma, inhibir el crecimiento y proliferación de las bacterias patógenas mediante la producción de ácido láctico, acético y butiratos (Cortegano, 2012).

2.3 PÉPTIDOS

Meisel, (1998) los define como secuencias de aminoácidos inactivos en el interior de la proteína precursora, que ejercen determinadas actividades biológicas tras su liberación mediante hidrólisis química o enzimática.

Los péptidos bioactivos o péptidos con actividad biológica producidos durante la digestión gastrointestinal o la elaboración de alimentos pueden ejercer un importante papel en la regulación y la modulación metabólica, que sugiere su uso potencial como nutracéuticos e ingredientes de alimentos funcionales para promoción de la salud y la reducción del riesgo de enfermedad (Mulero *et al.*, 2011).

La importancia de los transportadores de péptidos, se debe a su alta velocidad de absorción, bajo consumo de energía y una menor competencia por carriers en contraste con el sistema de transporte empleado por aminoácidos libres (Wang *et al.*, 2009). Los péptidos pueden atravesar el epitelio intestinal y llegar a tejidos periféricos vía circulación sistémica, pudiendo ejercer funciones específicas a nivel local, en el tracto gastrointestinal y a nivel sistémico. Dentro de estas actividades, los péptidos bioactivos podrían influir en el metabolismo celular y actuar como vasorreguladores, factores de crecimiento, inductores hormonales y neurotransmisores (Robert y Zaloga, 1994).

En todas las especies animales evaluadas hasta ahora, parece que hay una considerable capacidad en el intestino delgado para la absorción de los aminoácidos en la forma de pequeños péptidos. Por lo tanto, es razonable predecir que la incorporación de pequeños péptidos o proteínas hidrolizadas en la dieta podría aprovechar esta capacidad y, potencialmente, aumentar el crecimiento animal y el desarrollo.

2.4 EL DESTETE

El período alrededor del destete es un momento crítico en la vida del cerdo joven. El cambio de la leche por un alimento sólido, la ausencia de inmunoglobulinas maternas, y el estrés por el cambio de ambiente y de jerarquía social puede poner en peligro la salud intestinal del animal. Además, el sistema inmune del cerdo no está completamente desarrollado, lo que hace que el animal esté vulnerable a la actividad de los agentes

patógenos (Gebbinck *et al.*, 1999). Los cerdos durante este período se enfrentan con factores fisiológicos, psicológicos y medioambientales estresantes como el agotamiento de la inmunidad pasiva, un sistema enzimático poco desarrollado, la separación de la madre, el establecimiento de una nueva jerarquía, entre otros (Pluske *et al.*, 1997).

Por lo antes mencionado, Reis de Souza *et al.*, (2012) afirman que durante este período se interrumpe bruscamente la armonía alcanzada en la lactancia y, el aparato digestivo, sufre un revés en su desarrollo durante la primera semana post-destete. Afectando así la microbiota digestiva, la conformación histológica del intestino, las funciones digestivas, inmunológicas, inflamatorias y de barrera; asociándose a estas el bajo y variable consumo de alimento y agua presentado por los lechones (Lallés *et al.*, 2007). Los retos inmunológicos (fuentes de estrés) podrían conducir a la producción de citoquinas por los macrófagos, causando así la reducción del consumo de alimento por parte de los lechones (Abreu *et al.*, 2010).

Una consecuencia típica de estos cambios es que una gran parte de los animales sufre un período denominado “*post-weaning lag period*” (retraso en el crecimiento post-destete) en el que se constata ayuno, pérdida de peso, diarrea y, en última consecuencia, muerte de los animales en los días inmediatos al destete (Canibe, 2007). Por lo que, el destete probablemente induce a cambios agudos transitorios que se encuentran relacionados con el ayuno post-destete y el período de maduración intestinal correspondiente con la reanudación del consumo voluntario (Lallés *et al.*, 2007).

2.5 MODIFICACIONES ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS DEL TRACTO INTESTINAL EN EL LECHÓN DESTETADO

2.5.1 Morfología intestinal en el lechón destetado

Al destete, el cambio de la leche materna a una dieta sólida basada en almidón y proteínas de origen vegetal, hace que el Tracto Gastrointestinal (TGI) pase por un largo proceso de adaptación, debido a que no está preparado para digerir dichos nutrientes. (Dirkzwager *et al.*, 2005). Esta situación genera cambios morfológicos y funcionales en el TGI que pueden causar trastornos en el consumo de alimento y alteraciones en el proceso digestivo,

impidiendo que el animal cubra sus requerimientos de proteína y energía, lo que dificulta su crecimiento inicial (Le Dividich *et al.*, 2000).

Makkink *et al.*, (1994) mencionan que el páncreas del lechón al destete es generalmente del mismo tamaño o mayor que al nacimiento; sin embargo, en los primeros días después del destete, el ayuno o el bajo consumo de alimento provocan un descenso en los pesos absoluto y relativo del mismo, observando que entre el 3 y 6 día hay incremento en ellos.

A nivel intestinal, el bajo consumo impide que el animal alcance satisfacer los requerimientos necesarios de energía y proteína, afectando así la proliferación, diferenciación y migración de las células del epitelio intestinal, alterando de esta manera la integridad del epitelio. Manifestándose con la atrofia de las vellosidades y la hiperplasia de las criptas, disminuyendo la capacidad de digestión y absorción (Pluske *et al.*, 1997).

Hampson y Kidder, (1986) citado por Pluske *et al.*, (1997) mencionan que la atrofia de las vellosidades después del destete puede ser causada por un incremento de la tasa de pérdida celular del ápice de la vellosidad o por la reducción de la tasa de renovación celular en la cripta. Si el acortamiento de las vellosidades se produce a través de un aumento de la tasa de pérdida celular, esto se asocia con el incremento de la producción celular de la cripta, generando una mayor profundidad de las criptas (Por ejemplo: Reto microbiano, componentes antigénicos del alimento). Sin embargo, en un estado de ayunas lo que ocurre es la atrofia de la vellosidad por una reducción en la tasa de renovación celular en las criptas.

Además, Pluske *et al.*, (1997) mencionan que los cambios generados en la altura de las vellosidades y profundidad de las criptas después del destete, reduce notablemente la relación vellosidad:cripta al compararlos con cerdos no destetados. Sin embargo, la recuperación del crecimiento de las vellosidades ocurre entre los días cinco y ocho post-destete (Vente-Spreuwenberg *et al.*, 2004a), mientras que entre los días 9 y 14 días se regresan a los valores observados al momento del destete (Vente-Spreuwenberg *et al.*, 2004b).

Una vez que los animales empiezan a consumir alimento sólido, el organismo pasa por un proceso de adaptación, de esta manera los animales comienzan a recuperar el crecimiento del TGI y con ello sus funciones digestivas (Reis de Souza et al., 2012).

2.5.2 Modificaciones fisiológicas: Perfil enzimático y capacidad de absorción

Los cambios generados post-destete a nivel del tracto gastrointestinal como los detallados en el punto anterior que involucra cambios a nivel de la arquitectura de vellosidades y criptas, se suma la depresión de la actividad enzimática, baja absorción de los nutrientes, entre otros.

Hampson y Kidder (1986) citado por Pluske et al., (1997) informaron grandes reducciones en la actividad específica de la lactasa y sacarasa, las cuales alcanzaron valores mínimos a los cuatro a cinco días post-destete y se produjeron independientemente del alimento ofrecido o no antes destete. La actividad de la lactasa disminuye debido a la presencia de enterocitos inmaduros en las vellosidades acortadas, los cuales no pueden expresar su máxima capacidad de síntesis de enzimas (Miller *et al.*, 1986). Sin embargo, Wang *et al.*, (2005) no encontraron diferencias en la actividad de la sacarasa entre las diversas regiones del intestino delgado, por lo que sugieren que su actividad es relativamente estable.

A nivel intestinal se muestran varias funciones que incluyen la absorción de nutrientes, la absorción y secreción de electrolitos (y agua), la secreción de mucina e inmunoglobulinas y una barrera de protección contra antígenos y patógenos dañinos (Lallés *et al.*, 2004). Sin embargo, se observan reducciones en la actividad específica de enzimas como la lactasa; dicha actividad disminuye por la ausencia de sustrato (leche materna), lo que conlleva a una disminución en la capacidad de digestión y absorción (Miller *et al.*, 1986; Kelly *et al.*, 1991). Por lo tanto, el bajo consumo de alimento observado durante los primeros días post-destete, provoca así una menor cantidad de sustratos en la luz intestinal que estimulen la producción de enzimas (Makkink *et al.*, 1994).

A nivel del páncreas, el ayuno provoca un aumento en la concentración de enzimas en su tejido, lo que se refleja en una reducción de la secreción del jugo pancreático (Reis de Souza *et al.*, 2012). Del mismo modo, Lallés *et al.*, (2004) mencionan que los niveles de ARN mensajero (ARNm) en el páncreas son bajos inmediatamente después del destete; lo

que origina una disminución en la síntesis de las enzimas pancreáticas en este periodo, y la digestión de proteína se ve aún más afectada (Toplis, 1994 citado por Zegarra, 2000). Sin embargo, pocos días después, los niveles pancreáticos de ARNm son restaurados y con ellos la actividad enzimática es restaurada, a excepción de la actividad de la lipasa.

Muchos de estos cambios se producen durante las 2 primeras semanas post-destete. Se ha presentado un aumento transitorio del transporte de iones a nivel de yeyuno y colon, y la capacidad de absorción de la glucosa en el yeyuno dos días después del destete (Boudry *et al.* 2004). Esto se traduce en la disminución del nivel de consumo voluntario total, trayendo como consecuencia que el animal no alcance los requerimientos necesarios de energía y proteína, por lo que es lógico observar un pobre crecimiento inicial, pérdida de peso y, en algunos casos diarrea, morbilidad y muerte (Kelly *et al.*, 1991).

2.6 EXIGENCIAS NUTRICIONALES DEL LECHÓN DESTETADO

La capacidad de ingestión del lechón es muy limitada, por lo que, para conseguir buenas tasas de retención de nutrientes, es necesario que las dietas pre-iniciadoras estén compuestas de ingredientes de palatabilidad adecuada, digestibilidades muy altas (Medel *et al.*, 1999), adecuado balance de aminoácidos, una alta densidad de nutrientes y alguna protección inmunológica (Thacker, 1999).

Medel *et al.*, (1999) mencionan que el lechón al destete no dispone de un mecanismo eficaz para su termorregulación, debido al escaso espesor de su tejido adiposo subcutáneo, la delgadez de su piel y la escasez de pelos. Este hecho, sumado al limitado consumo en los primeros días post-destete con relación a sus altas necesidades basales, provoca un déficit energético. Le Dividich y Séve (2000) concluyeron que los lechones no consiguen consumir las necesidades de energía metabolizable (EM) para mantenimiento en los primeros cinco días post-destete, y sólo en la segunda semana, presentan un consumo de energía similar al consumido durante el período en que eran lactantes.

Las dietas para lechones antes y después del destete tradicionalmente han sido formuladas para contener entre 220-240 gramos de proteína bruta por kg para mantener su velocidad de deposición potencial de tejido magro, aunque la baja y errática ingesta de alimentos en lechones en el período post-destete en ocasiones impide que esto ocurra. Por lo que, la

alimentación con dietas bajas en proteína después del destete ha sido sugerida como estrategia para reducir la diarrea y mejorar la salud intestinal de los lechones. No obstante, si los aminoácidos de la dieta son reducidos por debajo de los requerimientos de los lechones, el rendimiento se verá afectado (Pluske, 2009). El principal aminoácido limitante en el rendimiento de los cerdos destetados es la lisina. Los otros aminoácidos deben mantenerse en una proporción adecuada a la lisina para lograr un rendimiento óptimo (Thacker, 1999).

2.7 EFECTOS DE LAS DIETAS DE PRE-INICIO

En las últimas décadas, la industria ha desarrollado alimentos pre-iniciadores e iniciadores que asemejan la composición y digestibilidad de la leche materna, con el objetivo de minimizar las alteraciones causadas por el alimento al aparato digestivo poco desarrollado del lechón, así mismo su utilización sea la más eficiente posible (Partridge, 2001).

Al momento del destete, la mayoría de lechones ha consumido muy poco alimento sólido, esto porque no están familiarizados con la dieta de destete, impidiendo así atender las necesidades nutricionales requeridas (Le Dividich y Séve, 2000). Kelly *et al.*, (1991) concluyen que el consumo continuo de alimento post-destete, al compararlos con el ayuno o alimentación restringida, mejora la anatomía y morfología del TGI, la actividad enzimática, la absorción de nutrientes en el intestino y reduce la incidencia de diarreas. Del mismo modo, Pluske *et al.*, (1997) describen que existe una relación entre el consumo de alimento post-destete y la altura de las vellosidades, ya que esta relación puede afectar de manera eficiente la captura y utilización de nutrientes.

Por otro lado, se ha demostrado que restablecer el consumo de alimento inmediatamente al destete maximiza el peso a la saca de los animales a mercado. La variación en la tasa de crecimiento en las tres semanas siguientes al destete resulta en diferencias significativas en el peso final de los gorrinos a la saca (Castillo y Da Trinidad, 2007; Mahan y Lepine, 1991). En otras palabras, este período es crítico para la ganancia de peso subsiguiente y el incremento en el número de cerdos para la venta (Wellock, 2014). De manera similar, Tokach *et al.*, (1992); Lawlor *et al.*, (2002) y Kim *et al.*, (2001) han demostrado el efecto positivo de los rendimientos en la fase de transición o recría, observando que en promedio

cada aumento de 1 kg a la salida de la transición equivale a una reducción de 4 días para alcanzar el peso de sacrificio o bien un incremento de 3 kg en el peso final.

Por lo que la composición del alimento iniciador, en términos de calidad y palatabilidad, tiene un papel importante en los cambios morfofisiológicos del TGI con la finalidad de estimular el consumo de alimento y mantener la integridad intestinal (Reis de Souza *et al.*, 2012).

2.8 EL PLASMA PORCINO

Hoy en día el plasma porcino secado por aspersión (SDPP) es una fuente proteica común en las dietas de iniciación de lechones destetados precozmente, ya que estimula el consumo de alimento durante los primeros días post-destete y atenúa el retraso del crecimiento que ocurre comúnmente en la misma (Kats *et al.*, 1994; Coffey and Cromwell, 2001).

Es un subproducto de la industria de envasado de carne y es fabricado a partir de la sangre obtenida de los mataderos de porcinos, a esta se le añade un anticoagulante, para luego someterlo a centrifugación, con el fin de obtener el plasma propiamente dicho en estado líquido. Finalmente el plasma pasa por un proceso de secado por aspersión, obteniendo un producto de color blanquecino y con una textura de polvo fino (Coffey y Cromwell, 2001). Siendo la materia prima con un mayor impacto en la alimentación de lechones de los últimos años. Pudiendo ser considerada por muchos nutricionistas como una fuente proteica esencial en la dieta de lechones destetados precozmente (Gatnau *et al.*, (1995); Coffey y Cromwell, 2001).

El nivel óptimo de inclusión de SDPP ha sido investigado en pocos estudios. Gatnau *et al.*, (1995) concluyeron que la inclusión de entre el 2 y el 6% de SDPP mejora el rendimiento de los cerdos durante el primer período post-destete; pasados los 7 kg de peso no se justifica su uso (Nelssen, 1996 citado por Zegarra, 2000). Sin embargo, Grinstead *et al.*, (2000) llegaron a la conclusión que para obtener el máximo rendimiento en el período de 0-14 días post-destete, el nivel debe ser de 5%. En la búsqueda de una nutrición de precisión, se recomienda su inclusión a un nivel de 4.3%, 2.5% y 1.3% para la primera, segunda y tercera semana post-destete, respectivamente (Barbosa *et al.*, 2007).

El plasma porcino está constituido casi exclusivamente por proteínas, minerales y agua; donde la fracción proteica se divide en una fracción de alto peso molecular, compuesta principalmente por inmunoglobulinas (Ig), especialmente IgG; una fracción intermedia (albúmina); y una fracción de bajo peso molecular (Medel *et al.*, 1999).

Se desconoce exactamente su modo de acción (Gatnau *et al.*, 1995; Rodas *et al.*, 1995; Pierce *et al.*, 2005). Sin embargo, Ermer *et al.*, (1994) sugirió que podría deberse a un estimulador del apetito contenido en el SDPP. Otros han sugerido que las respuestas positivas podrían ser resultado de inmunoglobulinas específicas que contiene, mejorando el rendimiento de crecimiento (Gatnau *et al.*, 1995). Mientras que Pierce *et al.*, (2005) concluyeron que existe una asociación entre la respuesta de crecimiento que ofrece el SDPP con la contribución de la fracción rica en IgG y no con la fracción rica en albúmina o las fracciones de bajo peso molecular del mismo.

La activación del sistema inmune se encuentra asociado con una reducción del consumo de alimento y el crecimiento (Coffey y Cromwell, 2001). Indican que habría dos posibles mecanismos por los cuales el SDPP podría prevenir la estimulación del sistema inmune en la primera semana post-destete. El primero, por un efecto directo del SDPP en la prevención del crecimiento o colonización de antígenos en el intestino delgado. Mientras que el segundo, por un efecto indirecto ayudaría en la integridad de la mucosa intestinal del cerdo (Touchette *et al.*, 2002). Provocando así una baja respuesta inflamatoria y secreción de citoquinas inflamatorias; por lo que mejora el consumo de alimento de los lechones (Abreu *et al.*, 2010).

Weaver *et al.*, (1995) en un resumen de 25 trabajos estimaron que la inclusión de SDPP supuso un incremento del 39% en el crecimiento, del 32% en el consumo y del 5,4% en la conversión del alimento en la fase post-destete. Asimismo, Gatnau *et al.*, (1995) señalan en un resumen de 23 pruebas que la inclusión de SDPP mejoraba el crecimiento y el consumo en un 40 y un 29%, respectivamente. El efecto positivo que muestra en la conservación de las estructuras intestinales, al mejorar la altura de las vellosidades y la relación altura de vellosidad:profundidad de cripta, podrían explicar parte de las mejoras obtenidas (Spencer *et al.*, 1997).

En cualquier caso, su inclusión viene limitado por su alto costo y su eficacia dependerá de la edad de destete, del estado sanitario de los animales, del tiempo de aplicación y de la composición de la dieta (Medel *et al.*, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El experimento de la presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Experimental en Cerdos (UEC), perteneciente al Programa de Investigación y Proyección Social de Cerdos de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de abril y junio del año 2015. La lectura de las láminas histológicas fue realizada en el Laboratorio de Patología de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

3.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Se emplearon 03 salas del galpón de recría, cada una equipada con 06 jaulas metálicas con piso emparrillado de plástico (slats) y con un área de 2.4 m² por jaula. Las jaulas contaron con un comedero circular, un comedero lineal de 7 bocas tipo tolva y un bebedero tipo tetina.

Se utilizó una balanza de 30 kg con aproximación de 5 g para el registro de alimento suministrado, consumido y desperdiciado; mientras que para el control de peso de los animales se utilizó una balanza de 50 kg con 100 g de aproximación. La temperatura ambiente fue medida con un termómetro-higrómetro, siendo la temperatura promedio de 25.97 °C.

Para la toma de muestra de la primera porción intestinal (duodeno) se utilizaron recipientes asépticos de 100 ml, solución de bouin, tijeras, hojas de afeitar, pabilo y guantes quirúrgicos. Mientras que para la fijación de vellosidades intestinales en láminas se utilizó alcohol al 70%, 95% y 100%, xilol, parafina, un micrótopo, colorantes (hematoxilina y eosina), láminas porta y cubre objetos.

3.3 ANIMALES EXPERIMENTALES

Se emplearon 60 lechones (32 hembras y 28 machos) destetados, de 21 días de edad y 6.91 kg de peso promedio, provenientes de un cruce materno, los cuales fueron distribuidos al azar en tres (3) tratamientos con tres (3) repeticiones, obteniendo 9 unidades experimentales (jaulas). Los animales permanecieron en evaluación en la fase de recría hasta los 31 días de edad.

Al momento del destete los animales fueron pesados individualmente, para luego realizar la formación de 03 lotes homogéneos de acuerdo al peso, con la finalidad de obtener un peso similar para cada tratamiento al inicio de la prueba; se realizó la distribución al azar de los tratamientos y las jaulas, finalmente se realizó el traslado de los animales al galpón de recría. Cada grupo experimental del mismo lote de destete estuvo conformado por un mismo número de animales; así como por una proporción equivalente de machos y hembras.

3.4 PRODUCTO EVALUADO

El producto en evaluación fue un hidrolizado de pescado secado por aspersión (HPSA) que se comercializa bajo el nombre de ZOAPROT®. El producto es elaborado en el país a partir del procesamiento íntegro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*); contiene nucleótidos, péptidos y aminoácidos. La composición química y valor nutricional del HPSA y SDPP se muestran en el **Cuadro 1 y 2**, respectivamente.

Cuadro 1. Composición y valor nutricional del Hidrolizado proteico de pescado secado por aspersión.

Componente	Contenido
Energía Metabolizable, Kcal/Kg	2570
Proteína mín., %	60.00
Grasa máx., %	0.50
Cenizas máx., %	32.00
Humedad máx., %	5.00
Fibra máx., %	0.05
Calcio mín., %	7.00
Fósforo Disponible, %	1.18
Lisina, %	5.16
Metionina, %	0.99
Met + Cis, %	1.54
Triptofano, %	0.33
Treonina, %	2.39
Arginina, %	3.20
Leucina, %	3.46
Isoleucina, %	2.15
Valina, %	2.80
Fenilalanina, %	1.54
Histidina, %	4.91
Cistina, %	0.55
Gli + Ser, %	5.16

Fuente: Zoaprot®

Cuadro 2. Composición y valor nutricional del Plasma Porcino seco por aspersión.

Componente	Contenido
Energía Metabolizable, Kcal/Kg	3906
Proteína mín., %	78.00
Grasa máx., %	0.30
Cenizas máx., %	10.00
Humedad máx., %	8.00
Fibra máx., %	0.50
Calcio mín., %	0.15
Fósforo, %	1.30
Sodio, %	2.20
Lisina, %	6.80
Metionina, %	0.70
Triptofano, %	1.40
Treonina, %	4.80
Arginina, %	4.70
Leucina, %	7.80
Isoleucina, %	2.90
Valina, %	5.30
Alanina, %	4.20
Fenilalanina, %	4.60
Histidina, %	2.80
Cistina, %	2.80
Glicina, %	3.00
Serina, %	4.70
Prolina, %	4.50
Ácido Glutámico, %	11.70

Fuente: AP920™

3.5 TRATAMIENTOS

Se evaluaron 3 tratamientos con tres niveles del hidrolizado de pescado:

- **Tratamiento 1:** Dieta Control; 5% Plasma Porcino secado por aspersión (SDPP)
- **Tratamiento 2:** Dieta con 2.5% de HPSA y 2.5% SDPP.
- **Tratamiento 3:** Dieta con 5% de HPSA.

3.6 DIETAS EXPERIMENTALES

La formulación de las dietas se ajustan a los requerimientos nutricionales sugeridos por el National Research Council para cerdos en fase pre-inicial (NRC, 2012), la preparación de las mismas se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia. La presentación del alimento fue en harina y su suministro *ad libitum*.

Las dietas experimentales fueron administradas únicamente durante la fase de pre-inicio (21-31 días de edad). La composición y valor nutricional calculado se presentan en el **Cuadro 3**.

3.7 ACONDICIONAMIENTO DE LA SALA DE RECRÍA

Días previos al destete programado se realizó la limpieza y desinfección de sala de recría, seguido del descanso de la misma. Se realizó el acondicionamiento de la sala, con la instalación de un microclima que permitió recibir a los lechones destetados a una temperatura promedio de 25.97 °C.

Cuadro 3. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas de Pre-inicio (21 – 31 días).

INGREDIENTES, %	TRATAMIENTOS*		
	1	2	3
Maíz	47.46	46.86	45.61
Suero de Leche ¹	18.00	18.00	18.00
Torta de Soya	13.00	13.00	13.00
Aceite Soya	5.18	5.44	5.92
Plasma Porcino ²	5.00	2.50	0.00
Hidrolizado de Pescado ³	0.00	2.50	5.00
Harina de Pescado	1.70	2.49	3.36
Delac ⁴	5.00	5.00	5.00
Fosfato dicálcico	1.74	1.63	1.51
Carbonato de Calcio	0.60	0.12	0.00
Óxido de Zinc	0.35	0.35	0.35
L - Lisina HCL	0.42	0.43	0.43
DL - Metionina	0.17	0.20	0.24
L - Treonina	0.19	0.23	0.27
L - Triptófano	0.02	0.05	0.07
Sal Común	0.52	0.56	0.61
Premezcla de vitaminas y minerales ⁵	0.12	0.12	0.12
Cloruro de Colina 60%	0.10	0.10	0.10
Saborizante ⁶	0.10	0.10	0.10
Complejo Enzimático ⁷	0.10	0.10	0.10
Antibiótico ⁸	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Cobre	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.05	0.05	0.05
Micosecuestante	0.05	0.05	0.05
TOTAL, %	100.00	100.00	100.00
Contenido Nutricional Calculado			
EM cerdos, Kcal/Kg	3,520	3,520	3,520
Proteína Cruda, %	20.00	20.00	20.00
Lisina Total, %	1.60	1.60	1.60
Metionina Total, %	0.49	0.54	0.60
Met + Cis Total, %	0.91	0.91	0.91
Treonina Total, %	1.04	1.04	1.04
Triptófano Total, %	0.27	0.27	0.27
Fibra, %	1.79	1.77	1.73
Calcio, %	0.90	0.90	1.04
Fosforo Disponible, %	0.59	0.59	0.59

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

¹Star Lacto Premium, ²APC 920, ³Zoaprot®, ⁴Sustituto Lácteo, ⁵Proapack 13, ⁶Zoaroma, ⁷Allzyme Vegpro, ⁸Starsure (Amoxicilina y Norfloxacin).

3.8 PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN

3.8.1 Alimentación de transición en la fase de Lactación

Todos los animales fueron alimentados *ad libitum* 5 días pre-destete, con la dieta de las Marranas Lactantes utilizada por la UEC, a la cual se le adicionó un saborizante comercial.

3.8.2 Alimentación en la fase de Recría

Cada jaula de recría estuvo equipada con dos tipos de comederos (tolva y circular) y un bebedero tipo chupón que proveían de alimento y agua, respectivamente, *ad libitum*. El suministro de alimento durante los primeros días del ensayo fue sobre un comedero circular para luego realizar el cambio progresivo sobre el comedero lineal tipo tolva. En cuanto al suministro de agua se realizó diariamente la verificación de un correcto flujo de agua. Se respetó el programa de la UEC en cuanto a la adición de un complejo electrolítico (Starforte®) sobre el agua de bebida durante los primeros 7 días post-destete.

3.9 ANÁLISIS QUÍMICO

Se realizaron los análisis proximales para determinar el contenido nutricional de cada una de las dietas evaluadas, las que se muestran en el **Cuadro 4**. Los mismos que se llevaron a cabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

3.10 PROGRAMA SANITARIO

Los animales en evaluación fueron vacunados contra el virus del Cólera Porcino Clásica a los 45 días de edad con el producto comercial ROSENBUSCH®, la cual es una vacuna liofilizada, elaborada de virus vivo modificado Cepa China y adyuvante a base de hidróxido de aluminio. Durante los primeros días del ensayo se presentaron disturbios gastroentéricos en todas las repeticiones y tratamientos, los mismos que fueron controlados con un antibiótico de suministro oral (Bismu-far®).

Cuadro 4. Análisis proximal porcentual de las dietas experimentales

CONTENIDO (%)	Tratamiento*	T1	T2	T3
	Nivel de HPSA	0%	2.5%	5%
Humedad		9.30	9.13	8.73
Materia Seca		90.70	90.87	91.27
Proteína		20.64	21.21	22.10
Fibra Cruda		1.71	1.67	1.76
Extracto Etéreo		8.02	8.35	8.66
Ceniza		6.08	6.44	6.71
ELN		54.25	53.20	52.04

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

3.11 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

3.11.1 Parámetros Productivos

a. Peso Vivo Inicial

Se tomaron los pesos de los lechones a los 21 días de edad (edad promedio al destete), de cada una de las repeticiones de los tratamientos a evaluar.

b. Peso Vivo Final

Se tomaron los pesos de los lechones a los 31 días de edad, de cada una de las repeticiones de los tratamientos a evaluar.

c. Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Se obtuvo a partir de la diferencia entre el peso final y el peso inicial de cada fase, dividido entre el número de días que comprendió cada fase.

La ganancia de peso a presentar en el estudio serán expresadas en gramos por animal por día (g/animal/día).

d. Consumo Diario de Alimento (CDA)

Se registraron datos conducentes a determinar el consumo diario promedio por animal en la etapa (21 a 31 días de edad) en cada tratamiento y repetición. Se tomó el peso de los residuos de alimento contenido en los comederos, el desperdicio diario de alimento bajo las jaulas y por diferencia con el total de alimento suministrado se obtuvo el consumo neto durante los 10 días de evaluación.

$$\text{CDA (g)} = \frac{\text{Peso alimento ofrecido} - \text{Peso del residuo}}{(\text{No Días} \times \text{No Animales})}$$

e. Conversión Alimentaria

La conversión alimentaria es el cociente entre el consumo de alimento y la ganancia de peso de la fase evaluada.

$$\text{C. A} = \frac{\text{Consumo de alimento por fase}}{\text{Ganancia de peso por fase}}$$

f. Incidencia de disturbios gastroentéricos (IDGE)

Se verificó y cuantificó diariamente la presencia de disturbios gastroentéricos en cada tratamiento y repetición. Obteniendo así el número de animales que presentaron disturbios gastroentéricos durante la etapa experimental, para luego ser expresada en porcentaje (%) al relacionarlo con el total de animales por tratamiento.

Se realizó una conversión a los datos porcentuales antes de realizar el análisis de varianza usando la siguiente fórmula:

$$\text{Arcoseno } (\sqrt{\%})$$

g. Índice de Diarreas (ID)

Se verificó y cuantificó diariamente la duración de los disturbios gastroentéricos presentados en cada tratamiento y repetición. Este índice hace referencia a la proporción de días con diarreas con respecto al total de días de la etapa experimental (10 días).

h. Retribución Económica del Alimento (REA)

La retribución económica del alimento es un estimador de bondad económica de la prueba experimental. La REA de cada tratamiento se obtuvo de la diferencia entre el ingreso bruto total y el costo de las dietas experimentales en base a los precios de los ingredientes usados y el consumo promedio del alimento durante los 10 días de evaluación. Los valores monetarios fueron considerados en nuevos soles (S/).

3.12 METODOLOGÍA DE LA MORFOMETRÍA INTESTINAL

3.12.1 Sacrificio y toma de muestras

Al final del período experimental (última repetición o bloque) se sometió a un ayuno de 12 horas a todos los animales, para luego tomar al azar 3 animales por cada tratamiento. Los animales tenían un tamaño promedio y se encontraban en perfectas condiciones sanitarias. Fueron sacrificados, desangrados, escaldados, depilados manualmente y eviscerados; se procedió con la separación del tracto digestivo y la localización del asa duodenal, finalmente se realizó la toma de muestra. Se tomó un segmento de duodeno de aproximadamente 1.5 cm de longitud por animal, sin realizar el corte longitudinal para mantener las vellosidades intactas, inmediatamente después fue sumergido en la solución de Bouin, contenida en cada frasco adecuadamente identificado.

3.12.2 Procedimientos para la obtención de láminas histológicas

Las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Histología, Embriología y Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El procedimiento del laboratorio fue el mismo que el empleado por Eusebio (2007), la muestra se retiró del fijador y se lavó con agua corriente por lo menos 12 horas para proseguir con la deshidratación, la cual se llevó a cabo en 4 pasos:

- Dos baños con alcohol de 70° por 1 hora cada uno.
- Dos baños con alcohol de 95° por 3 horas cada uno, hasta 21 horas con alcohol de 100° cambiándolo luego por alcohol-xilol, mezcla de ambas sustancias en proporciones iguales por media hora.

- Dos baños con xilol puro, de media hora cada uno, hasta que las muestras se vean transparentes.

Posteriormente, las muestras fueron pasadas por parafina por media hora, dándose así, el primer baño. Para el segundo baño se dejó las piezas por media hora más, seguidamente se llevó a cabo la inclusión en los moldes de parafina respectivos.

Los tacos de parafina obtenidos se llevaron al micrótopo y se realizaron cortes seriados de 5 micras de espesor. Estos cortes se extendieron en gelatina, se colectaron en láminas portaobjetos y se llevaron a la plancha al secar por 24 horas.

Finalmente se realizó la colocación de hematoxilina-eosina para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

1. Desparafinado en xilol por 5 minutos.
2. Desparafinado en alcohol por 5 minutos.
3. Desparafinado en alcohol de 95° por 5 minutos.
4. Desparafinado en alcohol de 70° por 5 minutos.
5. Desparafinado en agua destilada por 5 minutos.
6. Coloreado con hematoxilina por 2 a 3 minutos.
7. Lavado con alcohol de 95° por 1 minuto.
8. Deshidratación en alcohol absoluto por 5 minutos.
9. Aclaración en xilol mediante 3 cambios por 5 minutos cada uno.
10. Montaje de lámina en una laminilla con una gota de Per Mount.

3.12.3 Lectura de láminas histológicas

Una vez preparadas las láminas histológicas, con 4 campos histológicos cada una, perteneciente a los lechones muestreados por tratamiento, se procedió a realizar las mediciones siguiendo una adaptación del protocolo de evaluación utilizado por Batista de Olivera et al., (2000) y Zhang et al., (2002).

En cada campo, se procedió a medir la totalidad de vellosidades íntegras (por consiguiente estas vellosidades contienen sus criptas también en estado íntegro); entiéndase por

“íntegras” a aquellas vellosidades y criptas cuyo epitelio se encuentre completo y continuo sin descamaciones ni fallas de montaje.

Se realizaron como mínimo “15” mediciones en cada lámina histológica para la altura y grosor de vellosidad y profundidad de cripta. Las mediciones se realizaron usando un microscopio óptico LEICA DM L52 conectado a un computador, que cuenta con el programa LAS EZ SOFTWARE. Para tomar las mediciones de altura y ancho de vellosidad y profundidad de cripta se usó el objetivo de 10x. Dándonos el valor en micrómetros (μm).

Todas las medidas obtenidas fueron anotadas y agrupadas por tratamiento, posteriormente fueron analizadas y promediadas para obtener un único valor correspondiente a cada tratamiento.

3.12.4 Mediciones Morfométricas

a. Altura de vellosidad

Se seleccionaron vellosidades íntegras y perpendiculares a la pared intestinal, midiéndose desde el ápice de la vellosidad hasta el ápice de la entrada a la cripta de Lieberkühn. El promedio de las alturas de vellosidades de las 3 láminas histológicas, fue el promedio de la altura de vellosidades de cada tratamiento.

b. Grosor de vellosidad

El grosor de las vellosidades fue medido en el punto medio vertical de la vellosidad de cada lámina histológica. El promedio del grosor de vellosidad de las 3 láminas histológicas, fue el promedio del grosor de vellosidad de cada tratamiento.

c. Profundidad de cripta

Se midieron las profundidades de criptas de Lieberkühn comprometidas entre las vellosidades seleccionadas para la medición de la altura de vellosidad, en cada lámina histológica. La medición va desde la entrada a la cripta de Lieberkühn hasta la zonal basal de la misma. El promedio de la profundidad de cripta de las láminas 3 histológicas fue el promedio de la profundidad de cripta de cada tratamiento.

d. Relación entre la altura de vellosidad y la profundidad de cripta

Esta relación resultó de la división del promedio de la altura de vellosidad y el promedio de la profundidad de cripta de cada lámina histológica de cada tratamiento.

$$\text{Relación} = \frac{\text{Altura de vellosidad intestinal}}{\text{Profundidad de cripta de Lieberkühn}}$$

e. Área de vellosidad

El área de la vellosidad fue hallada asumiendo que la vellosidad tiene una forma rectangular, siguiendo un protocolo de evaluación modificado al usado por Zhang et al., (2002) citado por Eusebio (2007). Se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Área de vellosidad} = \text{altura de la vellosidad} * \text{grosor de la vellosidad} *$$

(*Promedio de medición de cada lámina histológica o unidad experimental)

3.13 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.13.1 Parámetros Productivos

En el ensayo se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y tres repeticiones; tomando como bloque cada lote de destete. Cada bloque tuvo diferente cantidad de animales (9, 6, 5 para 1°, 2° y 3° bloque, respectivamente) y cada jaula se tomó como unidad experimental.

El Modelo Aditivo Lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

Donde:

Y_{ij} = es la respuesta observada bajo el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general del experimento.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

t = Número de tratamientos

b = Número de bloques

El análisis de varianza de los datos registrados se llevó acabo utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS, 1999). La comparación de medias entre los tratamientos se realizó a través de la prueba de Tukey.

3.13.2 Morfometría Intestinal

En el ensayo se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y una repetición. Cada animal muestreado fue tomado como unidad experimental.

El Modelo Aditivo Lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la respuesta observada bajo el i-ésimo tratamiento

μ = Efecto de la media general del experimento.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento

El análisis de varianza de los datos registrados se llevó acabo utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS, 1999). La comparación de medias entre los tratamientos se realizó a través de la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la performance productiva de los lechones de 31 días de edad, que fueron alimentados con diferentes niveles de hidrolizado de pescado seco por aspersión (HPSA) durante la fase de pre-inicio (21-31 días de edad), se muestran en el **Cuadro 5**.

4.1 PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA DE PESO

Los resultados de peso y ganancia diaria de peso obtenidos en el presente trabajo se detallan en el **Cuadro 5** y en los **ANEXOS I y II**, respectivamente. Al inicio del ensayo el promedio de peso vivo de los lechones destetados fue similar para todos los tratamientos, no encontrándose diferencias significativas ($P>0.05$) entre ellos; sin embargo, al término del ensayo (31 días) se observaron mayores pesos ($P<0.05$) en los cerdos que recibieron las dietas de pre-inicio que contenía 5% de SDPP (T1) en comparación con aquellos que recibieron la dieta de pre-inicio con 5% de HPSA (T3). Obteniendo un valor intermedio que correspondió a la dieta con 2.5% de HPSA.

Se encontró una ganancia diaria de peso mayor ($P<0.05$) en el grupo de animales alimentados con la dieta T1, en comparación con los que recibieron la dieta T3; resultados que concuerdan con Kim *et al.*, (2000), quienes encontraron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso al evaluar el reemplazo total del SDPP por un hidrolizado intestinal porcino seco por aspersión (SDPI). Mientras que la ganancia diaria de peso de los animales que recibieron la dieta T2 fue de valor intermedio entre el T1 y T3, evidenciando así una menor ganancia diaria para los grupos de animales que recibieron las dietas que contenían HPSA, pudiendo deberse a una menor disponibilidad de nutrientes por el menor consumo de alimento presentado.

Cuadro 5. Efecto de diferentes niveles de un HPSA en reemplazo de SDPP en dietas de pre-inicio sobre la respuesta productiva de lechones destetados.

Variables	Tratamientos*			Probabilidad
	1	2	3	P>F
Peso Inicial (21d), kg	6.967	6.957	6.980	0.4322
Peso Final (31d), kg	8.847 ^a	8.260 ^{ab}	7.923 ^b	0.0130
GDP ¹ , g/d	188 ^a	131 ^{ab}	95 ^b	0.0132
CDA ² , g/d	252 ^a	204 ^b	170 ^b	0.0038
C.A ³	1.350	1.603	1.873	0.1448
% I.D.G.E ⁴	38.86	58.55	55.80	0.1233
Ind. Diarreas	1.33	1.49	1.80	0.5940

* T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

¹Ganancia diaria de peso, ²Consumo diario de alimento, ³Conversión Alimentaria, ⁴Incidencia de disturbios gastroentéricos.

Las dietas fueron proporcionadas a los animales durante los primeros diez días post-destete.

^{a, b}: Valores con letra distinta como superíndice en una misma fila difieren significativamente (P>0.05)

Tucker *et al.*, (2011) reportaron ganancias de peso de 172 y 151 g/día ($P>0.05$) para tratamientos similares al T1 y T2 empleados en el presente estudio, respectivamente. En el presente estudio, los cerdos alimentados con una dieta con mayor inclusión de SDPP en su composición, presentaron un mejor rendimiento en lo que se refiere a ganancia diaria de peso, reafirmando lo reportado por Hansen *et al.*, (1993) y Kats *et al.*, (1994) donde los cerdos alimentados con dietas que contienen SDPP muestran una mayor ganancia de peso que los alimentados con otra fuente proteica, atribuyendo este resultado a la presencia de proteínas plasmáticas biológicamente activas.

4.2 CONSUMO DE ALIMENTO

Los resultados del efecto de los diferentes niveles de HPSA en dietas de pre-inicio sobre el consumo diario de alimento obtenidos en el presente trabajo se detallan en el **Cuadro 5** y en el **ANEXO III**.

Se obtuvieron consumos de alimento significativamente menores ($P<0.05$) para los grupos de animales que recibieron las dietas de pre-inicio que contenían HPSA, en comparación al grupo de animales que recibió la dieta T1; mostrando resultados diferentes a los obtenidos por Sun *et al.*, (2009) y Tucker *et al.*, (2011) quienes no reportan diferencias ($P<0.05$) al incluir un hidrolizado de camarón (SSPH) y un hidrolizado de salmón (SPH) respectivamente, durante los primeros días post-destete. Sin embargo, se presenta cierta similitud a los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los grupos que recibieron dietas que contenían HPSA, obteniendo un mayor consumo para el grupo que recibió 2.5% de HPSA (T2).

Tanto en los ensayos citados como en el presente estudio se muestran una constante; es decir, los animales que recibieron una dieta con mayor cantidad de SDPP muestran un mayor consumo de alimento, reafirmando lo reportado por Hansen *et al.*, (1993), Kats *et al.*, (1994) y Ermer *et al.*, (1994) quienes afirman que la suplementación de dietas con SDPP mejora considerablemente el consumo de alimento en cerdos muy jóvenes. Si bien es cierto se desconoce exactamente su modo de acción Pierce *et al.*, (2005) demostraron que la fracción rica en IgG estaría asociado con el estímulo de consumo y su posterior mejora en el rendimiento de crecimiento.

Por otro lado, el menor consumo presentado en las dietas que contienen HPSA concuerda con Zamora (2013), quien al incluir un HPSA en la etapa de pre-inicio de pollos de carne obtuvo un menor consumo de alimento para los tratamientos que contenían precisamente este ingrediente. Esto puede ser atribuido a lo que Benítez et al., (2008) considera como un efecto secundario negativo importante en la hidrólisis de la proteína, donde la presencia de péptidos solubles con un alto contenido de aminoácidos con grupos funcionales hidrofóbicos le confiere un sabor amargo al HPP (Refstie *et al.*, 2004), pudiendo influir sobre la palatabilidad de la dieta y con ello la no obtención de un parámetro similar a las investigaciones mencionadas.

4.3 CONVERSIÓN ALIMENTARIA

Los resultados de conversión alimentaria logradas en el presente ensayo se presentan en el **Cuadro 5** y en el **ANEXO IV**. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la conversión alimentaria entre los tratamientos, pero si una diferencia numérica que favorece al grupo de animales que recibieron la dieta T1 (0% HPSA); afirmación que concuerda con la investigación de Sun *et al.*, (2009), quienes no evidenciaron diferencias ($P < 0.05$) entre los grupos de animales que recibieron SDPP en la dieta y los que recibieron SSPH como parte de reemplazo parcial de SDPP (1.02 vs. 1.17 g/g, respectivamente), cabe mencionar que los valores presentados por el autor se encuentran muy por debajo a los obtenidos en el presente estudio; lo mismo que ocurre con la información obtenida por Abreu *et al.*, (2010).

El resultado obtenido para el T1 (0% HPSA) pudo deberse al mayor consumo de alimento y ganancia de peso presentado por los animales de dicho tratamiento en el presente estudio, lo cual está muy ligado a los efectos positivos generados por la inclusión de SDPP en las dietas, como la depresión del retraso de crecimiento presentado en los cerdos en el período post-destete (Pierce *et al.*, 2005).

4.4 Incidencia de Disturbios Gastrointestinales e índice de diarreas

El efecto de los tratamientos sobre la incidencia de disturbios gastroentéricos y el índice de diarreas se muestran en el **Cuadro 5** y en los **ANEXOS V y VI**, respectivamente.

No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para la incidencia de disturbios gastroentéricos entre los tres tratamientos, pero sí un mayor valor numérico para el grupo de animales que recibieron la dieta con 2.5% HPSA (T2); lo que se asemeja a lo reportado por Sun *et al.*, (2009), quienes muestran la no presencia de diferencias ($P<0.05$) en la incidencia de disturbios gastroentéricos durante los primeros 10 días post-destete entre tratamientos. La reducción en el consumo de alimento asociado con el destete afecta a la integridad de la mucosa intestinal y facilita la aparición de trastornos patológicos como las diarreas (Pluske *et al.*, 1997). Según Vente-Spreuwenberg *et al.*, (2004a) la consistencia de las heces en los cerdos alimentados con hidrolizados proteicos disminuyen en comparación de los animales alimentados con proteínas intactas; confirmándose lo obtenido en el presente estudio; es decir, animales que recibieron dietas que contenían HPSA presentaron numéricamente una mayor incidencia de diarreas.

Del mismo modo, no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para el índice de diarreas entre los tres tratamientos, donde el mayor valor numérico se presentó en el grupo de animales que recibieron la dieta con 5% de HPSA (T3). Peace *et al.*, (2011) concluyen que dietas que contienen 2.5% y 5% de SDPP presentaron un menor índice de diarreas ($P<0.05$) frente a una dieta sin SDPP; es decir, la duración de la presencia de diarreas fue menor y esto gracias a la mejora presentada en la barrera intestinal, confirmando lo sustentado por Torrallardona *et al.*, (2003), quienes consideran al SDPP como una alternativa a los antibióticos, ya que faculta de un nivel de protección contra el desafío con *E. coli* K99 similar al obtenido con la colistina. Por lo tanto, en el presente estudio la presencia de SDPP en la dieta actúa como un protector a desafíos como la diarrea, expresándolo en una menor duración de los disturbios gastroentéricos presentados en los primeros días post-destete.

4.5 RETRIBUCIÓN ECONÓMICA DEL ALIMENTO DE PRE-INICIO

La retribución económica del alimento (REA) de las dietas de pre-inicio empleadas en la evaluación, se muestran en el **Cuadro 6**. Para su determinación, los costos de alimentación y el costo por kilogramo ganado fueron obtenidos a partir del precio de los ingredientes durante el mes de Abril del 2015 y el precio de venta establecido por la UEC, respectivamente. El beneficio por animal para cada uno de los tratamientos evaluados, se obtuvo a partir de la diferencia del ingreso bruto por cerdo menos el costo total por cerdo.

Cuadro 6. Efecto del nivel del hidrolizado de pescado sobre la retribución económica del alimento durante el período de 21-31 días de edad de los cerdos.

	TRATAMIENTO		
	T1	T2	T3
INGRESOS			
Ganancia de Peso a 31 días (Kg)	1.880	1.303	0.943
Precio/Kg PV (S/.)*	16.00	16.00	16.00
Ingreso Bruto Animal (S./Kg)	30.08	20.85	15.09
EGRESOS			
Consumo de alimento (Kg/Lechón)			
Pre inicio harina 21-31 días	2.52	2.04	1.70
Costo/Kg alimento			
Pre inicio (S/.)	4.605	4.419	4.242
Costo de alimento (S./lechón)			
Pre inicio	11.605	9.015	7.211
Costo total de alimento por lechón (S/.)			
	11.60	9.01	7.21
Retribución económica del alimento por cerdo (S/.)			
	18.48	11.84	7.88
Porcentaje relativo			
	100.00	64.06	42.62

*Precio por Kg de peso vivo: S/. 16.00 (junio 2015)

Se observa que los tratamientos que contienen en su composición HPSA, presentaron un menor mérito económico comparados con el tratamiento 1 (5% SDPP). Por otro lado, el tratamiento 2 (2.5% SDPP + 2.5% HPSA) resultó tener un mejor mérito económico en comparación con el obtenido en el T3 (5% HPSA), esta mayor retribución del T2, podría deberse a que los cerdos de este tratamiento presentaron un mayor peso final y un mayor consumo de alimento.

4.6 Morfometría de las vellosidades intestinales

Los resultados morfológicos obtenidos a partir de la lectura histológica (altura, grosor y área de vellosidad, profundidad de cripta y relación vellosidad:cripta) de la porción duodeno de lechones de 32 días de edad, que fueron alimentados con diferentes niveles de HPSA durante la fase de pre-inicio (21 – 31 días de edad), se muestran en el **Cuadro 7** y en los **ANEXOS VII y VIII**.

Los resultados de las medidas estudiadas del duodeno no fueron influenciadas significativamente ($P > 0.05$) por los tratamientos. Sin embargo, cada variable estudiada presentó algunas variantes en términos numéricos. Los animales que recibieron la dieta con 5% de HPSA (T3) obtuvieron un mayor valor numérico en lo que respecta a la altura y al área de la vellosidad, al compararlo con los otros tratamientos; en cuanto a la relación altura de vellosidad: profundidad de cripta (AV : PC), los animales que recibieron dietas que contienen HPSA mostraron un mayor valor al compararlo con la dieta T1 (5% SDPP); Lo que concuerda con lo encontrado por Abreu *et al.*, (2010) quienes al incluir nucleótidos como reemplazo parcial y total de SDPP no obtienen diferencias ($P < 0.05$) sobre la morfología intestinal de lechones de 35 días de edad, pero sí un mayor valor numérico en la altura de vellosidad (641 vs. 597 μm) y relación vellosidad:cripta (2.05 vs. 1.95) para la dieta que contiene únicamente nucleótidos al compararla con SDPP, respectivamente.

De manera similar, en el presente estudio los animales que recibieron la dieta que contiene 5% de SDPP (T1) mostraron los valores más altos en lo que respecta a ancho de vellosidad y profundidad de cripta al compararlos con los otros dos tratamientos; Pluske *et al.*, (1997), concluyen que la presencia de criptas más profundas puede ser considerada como un indicador del aumento de la tasa de producción celular en la cripta, lo que podría conducir en una mayor tasa de recuperación. Por otro lado, Jiang *et al.*, (2000) indicaron que a

Cuadro 7. Efecto de diferentes niveles de un HPSA en reemplazo de SDPP en dietas de pre-inicio sobre la morfometría intestinal de duodeno de lechones destetados

Variables	Tratamientos*			Probabilidad P>F
	1	2	3	
Altura de Vellosidad, μm	446	439	499	0.5544
Grosor de Vellosidad, μm	132	125	123	0.8473
Área de Vellosidad, μm^2	59,346	54,932	61,757	0.8487
Profundidad de Cripta, μm	308	307	282	0.5777
Relación AV : PC	1.47	1.50	1.79	0.3238

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

^{a, b}: Valores con letra distinta como superíndice en una misma fila difieren significativamente (P>0.05).

niveles de 10% de SDPP en la dieta, se obtiene una mejora en la morfología intestinal, generando vellosidades más largas, criptas menos profundas y una mayor relación AV: PC; cantidad que difiere a la utilizada en el presente estudio (5% y 2.5% de SDPP).

Makkink *et al.*, (1994), reportan que el consumo de alimento durante el período post-destete puede estimular el desarrollo y la adaptación del sistema digestivo; de manera similar Pluske *et al.*, (1997), afirman que la mucosa intestinal responde directamente al nivel del consumo de energía, siendo probable, que la estructura y la función del intestino delgado dependan del nivel de consumo; estas observaciones no son similares a las obtenidas en el presente estudio, ya que los animales que consumieron menos alimento (T2 y T3) presentaron una mejor integridad intestinal en términos numéricos. Probablemente, este evento pueda deberse a los péptidos, aminoácidos y nucleótidos presentes en el HPSA, los cuales son fácilmente absorbidos en el intestino delgado (Martínez-Álvarez *et al.*, 2015), aumentando así la disponibilidad de aminoácidos a nivel intestinal, contrarrestando la depresión de la integridad intestinal presentada post-destete (Vente-Spreewenbergh *et al.*, 2004a y Sun *et al.*, 2009) y posiblemente capacitando al intestino con una mayor absorción o aprovechamiento de los nutrientes en las siguientes fases de alimentación.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se llevó a cabo el presente estudio se concluye:

1. Mayor respuesta productiva (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimentaria) se observó en el grupo de lechones que recibieron la dieta que contenía plasma porcino en comparación a los grupos que recibieron dietas con hidrolizado de pescado seco por aspersión.
2. La morfometría intestinal a nivel de duodeno de lechones de 32 días de edad, no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, para altura, ancho y área de vellosidad, profundidad de cripta y relación altura de vellosidad:profundidad de cripta.
3. La retribución económica del alimento fue menor para las dietas de pre-inicio que contenían hidrolizado de pescado seco por aspersión en reemplazo de plasma porcino.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones establecidas en esta investigación se recomienda tomar las siguientes sugerencias:

1. Realizar estudios que incluyan la respuesta productiva de cerdos alimentados con dietas de pre-inicio que contengan hidrolizado de pescado, hasta el término de la fase de recría (65-70 días) y peso de salida a mercado.
2. Realizar estudios que involucren la actividad enzimática a nivel intestinal y respuesta inmunológica en cerdos alimentados con dietas de pre-inicio que contengan hidrolizado de pescado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M; LOPES, J; SARAIVA, A; MIRANDA DE OLIVEIRA, R; LANINO, E. Y LORA, G. 2010. Glutamina, nucleotídeos e plasma suino em rações para leitões desmamados. R. Bras. Zootec., v. 39, n. 3, p. 520-525.
- BARBOSA, F. F.; FERREIRA, A. S.; GATTÁS, G., DE OLIVEIRA SILVA, F. C., DONZELE, J. L.; BRUSTOLINI, P. C.; LOPES, D. C. 2007. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. R. Bras. Zootec., v.36, n.4, p.1052-1060 (supl.).
- BATISTA DE OLIVEIRA, P.; MURAKAMI, A. E.; DE MORAES, E. R.; MACARI, M.; SCAPINELLO, C. 2000. Influência de Fatores Antinutricionais da Leucena (*Leucaena leucocephala* e *Leucaena cunningham*) e do Feijão Guandu (*Cajanus cajan*) Sobre o Epitélio Intestinal e o Desempenho de Frangos de Corte. Rev. bras. zootec., 29(6):1759-1769.
- BELÉN, D; MORENO, M; GARCÍA, D; MEDINA, C. Y SIDOROVAS, A. 2007. Caracterización de un Hidrolizado proteico enzimático obtenido de pez caribe colorado (*Pygocentrus cariba*). Rev. Injerencia Vol. 32 N°3.
- BENITEZ, R.; IBARZ, A. y PAGAN, J. 2008. Protein hydrolysates: processes and applications. Acta Bioquím Clín Latinoam; 42 (2): 227-3.
- BERGE, G.M. y STOREBAKKEN, T. 1996. Fish protein hydrolyzate in starter diets for atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Aquaculture (Elsevier Science) 145: 205-212.
- BOUDRY, G.; PÉRON, V.; LE HUËROU-LURON, I.; LALLÉS, J. P.; Y SÉVE, B. 2004. Weaning Induces Both Transient and Long-Lasting Modifications of Absorptive, Secretory, and Barrier Properties of Piglet Intestine. J. Nutr. 134: 2256–2262.
- BYOUNGYUN, J. 2011. Evaluation of dietary nucleotides for broilers. Tesis Ph. D. University of Georgia, Athens. 167p. (En línea) Consultado el 21 de Agosto del 2015:https://getd.libs.uga.edu/pdfs/jung_byoungyun_201105_phd.pdf

- CALDAS, J. 2007. Evaluación de tres productos de levadura en lechones durante la etapa de recría. Tesis Ing. Zootecnista, UNALM, Lima. 85p.
- CANIBE, N. 2007. Alimentación de lechones: Sistemas y aditivos en piensos. XXIII Curso de Especialización FEDNA. 179-212.
- CASTILLO, W.; DA TRINDADE, M.A. 2007. Alimentación de lechones destetados precozmente y efectos en el subsecuente desempeño en el acabado. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1). 145-154.
- CHALAMAIAH, M; DINESH KUMAR, B; HEMALATHA, R. Y JYOTHIRMAYI, T. 2012. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. Food Chemistry 135: 3020-3038.
- COFFEY, R.D. Y CROMWELL, G.L. 2001. Use of spray-dried animal plasma in diets for weanling pigs. PigNews and Information. Vol. 22, N° 2, 39-48N.
- CORTEGANO, I. 2012. Los nucleótidos en la alimentación animal. Aplicaciones biológicas a la nutrición. 5p.
- DIRKZWAGER, A.; VELDMAN, B.; BIKKER, P. 2005. A nutritional approach for the prevention of Post Weaning Syndrome in piglets. Anim. Res. 54: 231–236.
- EUSEBIO, P. 2007. Evaluación de la suplementación de extracto de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la dieta de pre-inicio sobre el comportamiento productivo y la morfometría intestinal en pollos de carne. Tesis Zootecnia. Lima. Perú. UNALM. 117pp.
- ERMER, P. M.; MILLER, P. S. Y LEWIS, A. J. 1994. Diet Preference and Meal Patterns of Weanling Pigs Offered Diets Containing Either Spray-Dried Porcine Plasma or Dried Skim Milk. J. Anim. Sci. 72:1548-1554.
- FERNANDEZ, A. 2001. Elaboración de un hidrolizado de residuos de pescado por fermentación en sustrato sólido con hongos filamentosos. Tesis Mg. Sc. Tecnología de alimentos, UNALM, Lima. 143p.
- FOLADOR, J. F; KARR-LILIENTHAL, L. K; PARSONS, C. M; BAUER, L. L; UTTERBACK, P. L; SCHASTEEN, C. S; BECHTEL, P. J. Y FAHEY, G. C. 2006. Fish meals, fish components, and fish protein hydrolysates as potential ingredients in pet foods. J. Anim. Sci. 2006. 84:2752–2765.
- FURLAN E.F., OETTERER, M. 2002. Hidrolizado Proteico de Pescado. Revista de Ciencia & Tecnología. 10: 79-89.

- GATNAU, R.; MATEOS, G. y LÁZARO, R. 1995. Utilización de proteínas plasmáticas de origen porcino en dietas para lechones. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. Barcelona, España. 169- 187p.
- GEBBINK, G.A.R.; SUTTON, A.L.; RICHERT, B.T.; PATTERSON, J.A.; NIELSEN, J.; KELLY, D.T.; VERSTEGEN, M.W.A.; WILLIAMS, B.A.; BOSCH, M.; COBB, M.; KENDALL, D.C.; DECAMP, S. y BOWERS, K. 1999. Effects of Addition of Fructooligosaccharide (FOS) and Sugar Beet Pulp to Weanling Pig Diets on Performance, Microflora and Intestinal Health.
- GRINSTEAD, G. S.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; NELSSSEN, J. L.; WOODWORTH, J. C. Y MOLITOR, M. 2000. Effects of a whey protein product and spray-dried animal plasma on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 78:647–657.
- GUADIX, A.; GUADIX, E.M.; PAEZDUEÑAS, M.P.; GONZALEZ-TELLO, P. y CAMACHO, F. 2000. Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharm.* 41: 79-89.
- HANSEN, J.A, NELSSSEN, J.L., GOODBAND, R.D. Y WEEDED, T.L. 1993. Evaluation of Animal Protein Supplements in Diets of Early-Weaned Pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853-1862
- JIANG, R.; CHANG, X.; STOLL, B.; FAN, M. Z.; ARTHINGTON, J.; WEAVER, E.; CAMPBELL, J. Y BURRIN, D. G. 2000. Dietary Plasma Protein Reduces Small Intestinal Growth and Lamina Propria Cell Density in Early Weaned Pigs. *J. Nutr.* 130: 21–26.
- KATS, L. J.; NELSSSEN, J. L.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; HANSEN, J. A. Y LAURIN, J. L. 1994. The Effect of Spray-Dried Porcine Plasma on Growth Performance in the Early-Weaned Pig. *J. Anim. Sci.* 72:2075-2081.
- KELLY, D.; SMYTH, J.A. y MCCRACKEN, K.J. 1991. Digestive development of the early-weaned pig. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. *Br. J. Nutr.* 65:181-188.
- KIM, J. H.; CHAE, B. J.; KIM, Y. G. 2000. Effects of replacing spray dried plasma protein with spray dried porcine intestine hydrolysate on ileal digestibility of amino acids and growth performance in early-weaned pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* Vol. 13, No. 12: 1738-1742.

- KIM, J.H.; HEO, K.N.; ODLE, J.; HAN, I.H. y HARRELL, R.J. 2001. Liquid diets accelerate the growth of early-weaned pigs and the effects are maintained to market weight. *J. Anim. Sci*, 79, 427-434.
- LALLÉS, J. P.; BOUNDRY, G.; FAVIER, C.; LE FLOC'H, N.; LURON, I.; MONTAGNE, L.; OSWALD, I. P.; PIÉ, S.; PIEL, C. Y SÈVE, B. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Anim Res* 2004; 53:301-316.
- LALLÉS, J. P.; BOSI, P; SMIDT, H. Y STOKES, C. R. 2007. Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proceedings of the Nutrition Society (2007)*, 66, 260–268.
- LAWLOR, P.G.; LYNCH, P.B.; CAFFREY, P.J. y O'DOHERTY, J.V. 2002. Effect of pre- and post-weaning management on subsequent pig performance to slaughter and carcass quality. *J. Anim. Sci*, 75, 245-256.
- LE DIVIDICH, J.; SÈVE, B. 2000. Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domest Anim Endocrinol*; 19:63-74.
- MAHAN, D.C.; LEPINE, A.J. 1991. The effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programme on subsequent performance to 105 kg. *J. Anim. Sci*. 69: 1370-1378.
- MAKKINK, C.A.; BERNTSEN, P.J.M.; OP DEN KAMP, B.M.L.; KEMP, B; VERSTEGEN M.W.A. 1994. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. *J Anim Sci*; 72:2843-2850.
- MARTÍNEZ-ALVAREZ, O; CHAMORRO, S. Y BRENES, A. 2015. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review, *Food Research International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.005>.
- MATEO, C. D. Y STEIN, H. H. 2004. Nucleotides and young animal health: Can we enhance intestinal tract development and immune function? In: ANNUAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL BIOTECHNOLOGY IN THE FEED AND FOOD INDUSTRIES, 2004, Lexington; ANNUAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL BIOTECHNOLOGY IN THE FEED AND FOOD INDUSTRIES. *Proceedings*. Lexington: Alltech, p.159-168. (suppl. 1).

- MEDEL, P., LATORRE, M. A. Y MATEOS, G. G. 1999. Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. XV Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 145-196p.
- MEEKER, D.L. 2009. North American Rendering - processing high quality protein and fats for feed. R. Bras. Zootec., v.38, p.432-440 (supl. especial).
- MEISEL H. 1998. Overview on milk protein-derived peptides. *Int Dairy J.* 8:363-73.
- MILLAN, A. 2005. Papel de los nucleótidos en la alimentación del lactante. *An Pediatr, Monogr.* 3(1):34-42.
- MILLER BG, JAMES PS, SMITH MW, BOURNE FJ. 1986. Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villi to digest and absorb nutrients. *J Agric Sci Camb;* 107:579-58 (ABSTRAC).
- MUKHIN VA, NOVIKOV VY, RYZHIKOVA LS (2001) A protein hydrolysate enzymatically produced from the industrial waste of processing Icelandic scallop *Chlamys islandica*. *Appl. Biochem. Microbiol.* 37: 292-296 (ABSTRAC).
- MULERO, J.; ZAFRILLA, P.; MARTÍNEZ-CACHÁ, A.; LEAL, M. Y ABELLÁN, J. 2011. Péptidos bioactivos. *Clin Invest Arterioscl;* 23(5):219-227.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11th Revised Edition. Press at: <http://www.nap.edu/catalog/13298/nutrient-requirements-of-swine-eleventh-revised-editioncatalog>
- NORGAARD, J.; BLAABJERG, K. y POULSEN, H. 2012. Salmon protein hydrolysate as a protein source in feed for young pigs. *Animal Feed Science and Technology* 177: 124-129.
- PARTRIDGE, G. 2001. The weaner pig – enzyme and biotechnology for the future. In: Varley M.A., Wiseman. J., editors. NY. CABI. Publ. p. 123-152. (En línea) Consultado el 13 de Marzo del 2015: <https://books.google.com.pe/books/PARTRIDGE,+G.+2001.The+weaner+pig+enzyme+and+biotechnology+for+the+future>.
- PEACE, R. M.; CAMPBELL, J.; POLO, J.; CRENSHAW, J.; RUSSELL, L. Y MOESER, A. 2011. Spray-Dried Porcine Plasma Influences Intestinal Barrier Function, Inflammation, and Diarrhea in Weaned Pigs. *J. Nutr.* 141: 1312–1317.
- PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIAM, I.H. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaning pig: a review. *Livest Prod Sci* 1997; 51: 215-236.

- PLUSKE, J. 2009. Efecto del nivel de proteína y la inclusión en la dieta de aditivos seleccionados sobre el rendimiento de los cerdos después del destete. XXV Curso de especialización FEDNA. 119-131p.
- PIERCE, J. L.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D.; RUSSELL, L. E. Y WEAVER, E. M. 2005. Effects of spray-dried animal plasma and immunoglobulins on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 83:2876–2885.
- REFSTIE, S; OLLI, J. Y STANDA, H. 2004. Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish proteinhydrolysate in the diet. *Aquaculture* 239: 331-349.
- REIS DE SOUZA, T.C; MARISCAL, G; ESCOBAR, K; AGUILERA, A; MAGNÉ, A. 2012. Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Vet. Méx.*, 43(2), 155-173.
- ROBERT, P.R.; ZALOGA, G.P. 1994. Dietary bioactive peptides. *New Horizons.* 2:237-43 (ABSTRAC).
- RODAS, B., SOHN, C. y SPICER, L.J. 1995. Plasma protein for pigs weaned at 19 to 24 days of age: effect on performance and plasma insulin-like growth hormone, insulin, and glucose concentrations. *J. Anim. Sci.* 73: 3657.
- RONG, Q.; UTEVSKAYA, O.; RAMILO, M.; CHOW, D.C. y FORTE, J.G. 1998. Nucleotide metabolism by gastric glands and H-K-ATPase-enriched membranes. *Am. J. Physiol.* 274 (Gastrointest. Liver Physiol. 37):G103-G110.
- SAS INSTITUTE. 1999. Statistical Analysis System, User's Guide Statistics, version 8. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina USA.
- SPENCER, J. D.; TOUCHETTE, K. J.; LIU, H.; ALLEE, G. L.; NEWCOMB, M. D.; KERLEY, M. S. Y PACE, L. W. 1997. Effect of spray-dried plasma and fructooligosaccharide on nursery performance and small intestinal morphology of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 75(Suppl. 1):249 (Abstr.).
- SUN, Z.; MA, Q.; LI, Z. Y JI, C. 2009. Effect of Partial Substitution of Dietary Spray-dried Porcine Plasma or Fishmeal with Soybean and Shrimp Protein Hydrolysate on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Serum Biochemical Parameters of Weanling Piglets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 22, No. 7: 1032 – 1037.

- TANG, H.G.; WU, T.X.; ZHAO, Z.Y. y PAN, X.D. 2008. Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 9 (9): 684-690.
- THACKER, P. A. 1999. Nutritional requirements of early weaned pigs: a review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 12, N° 6: 976-987.
- TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J.L. y KEESECKER, D.R. 1992. Influence of weaning weight and growth during the first week post-weaning on subsequent pig performance. In *Proceedings of the American Association of Swine Practitioners*, University of Minnesota, pp 409.
- TOUCHETTE, K. J.; CARROLL, J. A.; ALLEE, G. L.; MATTERI, R. L.; DYER, C. J.; BEAUSANG, L. A. Y ZANNELLI, M. E. 2002. Effect of spray-dried plasma and lipopolysaccharide exposure on weaned pigs: I. Effects on the immune axis of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 80:494–501.
- TORRALLARDONA, D.; CONDE, M.R.; BADIOLA, I.; POLO, J. Y BRUFAU, J. 2003. Effect of fishmeal replacement with spray-dried animal plasma and colistin on intestinal structure, intestinal microbiology, and performance of weanling pigs challenged with *Escherichia coli* K99. *J. Anim. Sci.* 81:1220–1226.
- TUCKER, J. L.; NARANJO, V.D.; BIDNER, T.D. Y SOUTHERN, L.L. 2011. Effect of salmon protein hydrolysate and spray-dried plasma protein on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 89:1466–1473.
- UAUY, R.; STRINGEL, G.; THOMAS, R. Y QUAN, R. 1990. Effect of dietary nucleosides on growth and maturation of the developing gut in rats. 10(4): 497-503. (ABSTRAC).
- VENTE-SPREEUWENBERG, M.A.M, VERDONK, J.M.A.J, KONINKX, J.F.J.C, BEYNEN, A.C. Y VERSTEGEN, M.W.A. 2004a. Dietary protein hydroliysates vs. The intact proteins do not enhance mucosal integrity and growth performance in weaned piglets. *Livest. Prod. Sci.* 85: 151-164.
- VENTE-SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; BAKKER, G.C.M.; BEYNEN, A.C.; VERSTEGEN, M.W.A. 2004b. Effect of dietary protein source on feed intake and small intestine morphology in newly weaned piglets. *Livest Prod Sci.* 86:169-177.

- WANG, J. F.; LUNDH, T.; WESTRÖM, B. Y LINDBERG, J. E. 2005. The Effect of Complementary Access to Milk Replacer to Piglets on the Activity of Brush Border Enzymes in the Piglet Small Intestine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 18, No. 11 : 1617-1622.
- WANG, Z.; CERRATE, S.; COTO, C.; SAKAKLI, P.; YAN, V.; COSTA, F. G. P. Y WALDROUP, P. W. 2009. Evaluation of Nupro[®] yeast product in diets for broilers. *International Journal of Poultry Science.* 8: 515-520.
- WEAVER, E.M.; RUSSELL, L.E. y DREW, M.D. 1995. The effect of spray-dried animal plasma fractions on performance of newly weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 81.
- WELLOCK, I.; ALMOND, K.; TOPLIS, P. y WILCOCK, P. 2014. Nuevos avances en la nutrición y alimentación de lechones-el punto de vista del nutricionista del norte de Europa. XXX Curso de especialización FEDNA. 127-142p.
- ZAMORA, Y. 2013. Evaluación de tres niveles de hidrolizado proteico de pescado en la fase pre-inicio sobre la respuesta productiva de pollos de carne. Tesis Ing. Zootecnista, UNALM, Lima. 82p.
- ZEGARRA, V. 2000. Evaluación de diferentes fuentes proteicas de origen animal en la alimentación de cerdos en la etapa post-destete. Tesis Mag. Sc. Nutrición Animal, UNALM, Lima. 121p.
- ZHANG, X.; LI, J.; LI, N. 2002. Growth hormone improves graft mucosal structure and recipient protein metabolism in rat small bowel transplantation. *Chin. Med. J.* 115(5): 732-735.

VIII. ANEXO

ANEXO I. Registro de los pesos vivos (kg/cerdo) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Repetición	Peso Vivo	
		21 días	31 días
T-1	1	6.63	8.27
	2	7.09	9.23
	3	7.18	9.04
	Promedio	6.967	8.847
T-2	1	6.61	7.70
	2	7.11	8.28
	3	7.15	8.8
	Promedio	6.957	8.260
T-3	1	6.61	7.24
	2	7.14	8.33
	3	7.19	8.22
	Promedio	6.980	7.930

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO II. Registro de la Ganancia diaria de peso (g/lechón/día) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Repetición	Ganancia Diaria de Peso
		21 - 31 días
T-1	1	164
	2	214
	3	186
	Promedio	188
T-2	1	109
	2	118
	3	165
	Promedio	131
T-3	1	64
	2	119
	3	101
	Promedio	95

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO III. Registro del Consumo diario de alimento (g/animal/día) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repetición	Consumo Diario de Alimento
		21 - 31 días
T-1	1	245
	2	276
	3	236
	Promedio	252
T-2	1	180
	2	216
	3	215
	Promedio	204
T-3	1	152
	2	197
	3	160
	Promedio	170

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO IV. Registro de la Conversión Alimentaria para cada tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repeticón	Conversión Alimentaria
		21 - 31 días
T-1	1	1.49
	2	1.29
	3	1.27
	Promedio	1.35
T-2	1	1.66
	2	1.84
	3	1.31
	Promedio	1.60
T-3	1	2.38
	2	1.65
	3	1.59
	Promedio	1.87

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO V. Registro de la Incidencia de disturbios gastroentéricos (%) por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repetición	% I.D.G.E
		21 - 31 días
T-1	1	35.26
	2	54.74
	3	26.57
	Promedio	38.86
T-2	1	70.53
	2	65.90
	3	39.23
	Promedio	58.55
T-3	1	61.88
	2	54.74
	3	50.77
	Promedio	55.80

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO VI. Registro del Índice de diarreas por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repetición	Índice de Diarrea
		21 - 31 días
T-1	1	2.00
	2	1.00
	3	1.00
	Promedio	1.33
T-2	1	1.63
	2	1.33
	3	1.50
	Promedio	1.49
T-3	1	1.57
	2	2.50
	3	1.33
	Promedio	1.80

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO VII. Registro de la altura, grosor y área de la vellosidad por tratamiento y sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repetición	VELLOSIDAD		
		Altura	Grosor	Área
T-1	1	479.34	163.68	78460.28
	2	428.46	109.41	46876.82
	3	429.40	122.73	52702.31
	Promedio	445.73	131.94	59346.47
T-2	1	482.18	138.32	66693.48
	2	424.83	106.52	45253.53
	3	408.67	129.32	52849.22
	Promedio	438.56	124.72	54932.08
T-3	1	581.21	118.73	69005.05
	2	370.24	118.90	44019.90
	3	545.85	132.35	72245.34
	Promedio	499.10	123.33	61756.76

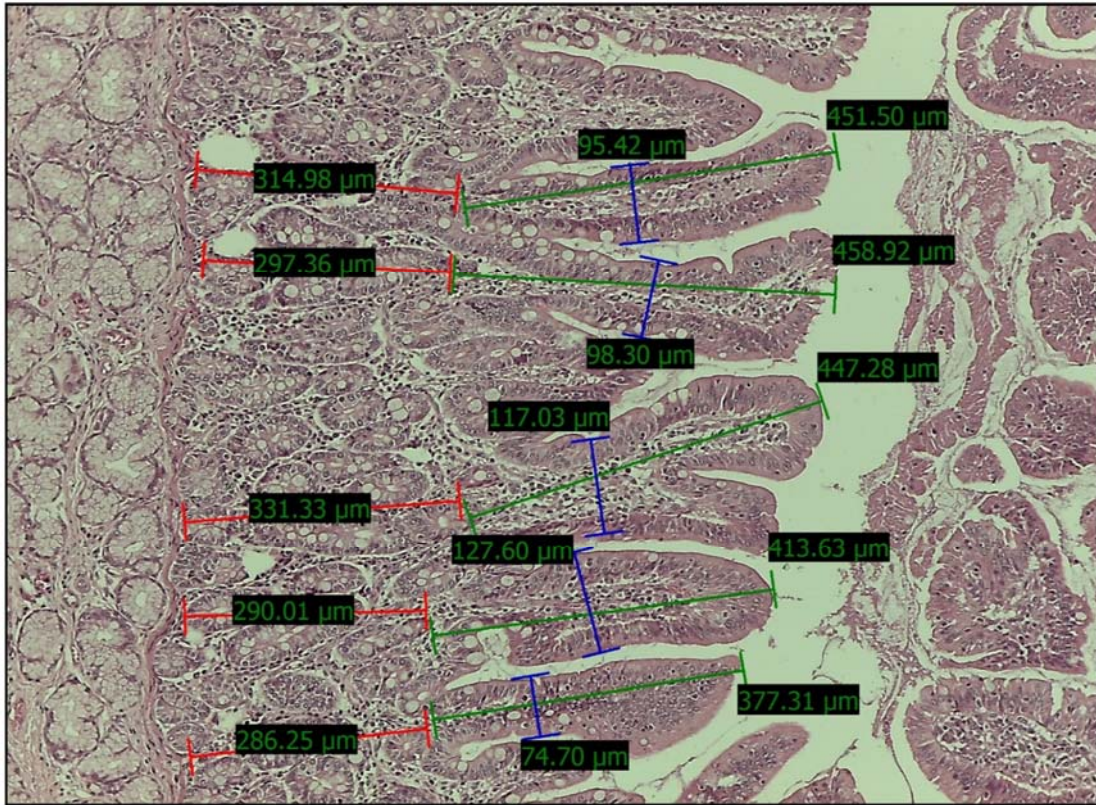
*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

ANEXO VIII. Registro de la profundidad de cripta y relación AV:PC por tratamientos y sus respectivas repeticiones.

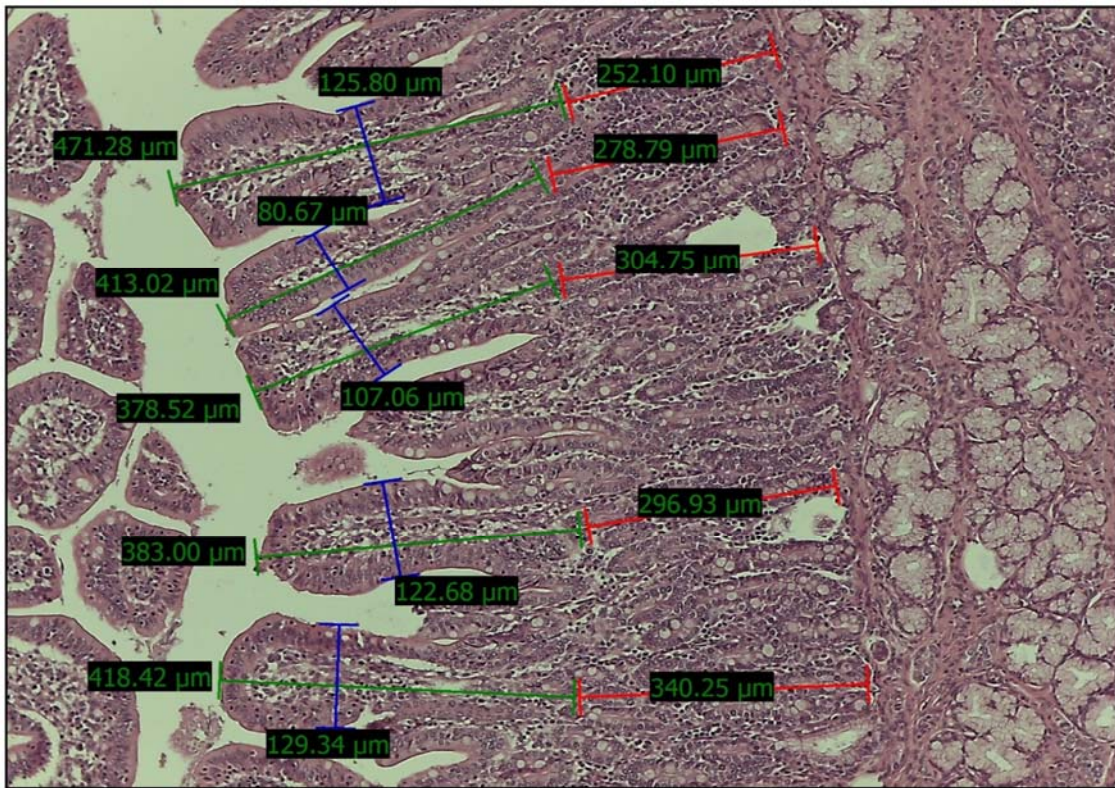
Tratamiento	Repetición	Profundidad de Cripta	Relación AV:PC
T-1	1	322.98	1.50
	2	329.78	1.31
	3	272.19	1.60
	Promedio	308.31	1.47
T-2	1	266.61	1.87
	2	309.79	1.40
	3	345.07	1.21
	Promedio	307.16	1.50
T-3	1	288.08	2.05
	2	250.15	1.50
	3	306.99	1.83
	Promedio	281.74	1.79

*T1, Dieta con 5% SDPP; T2, Dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP; T3, Dieta con 5% HPSA.

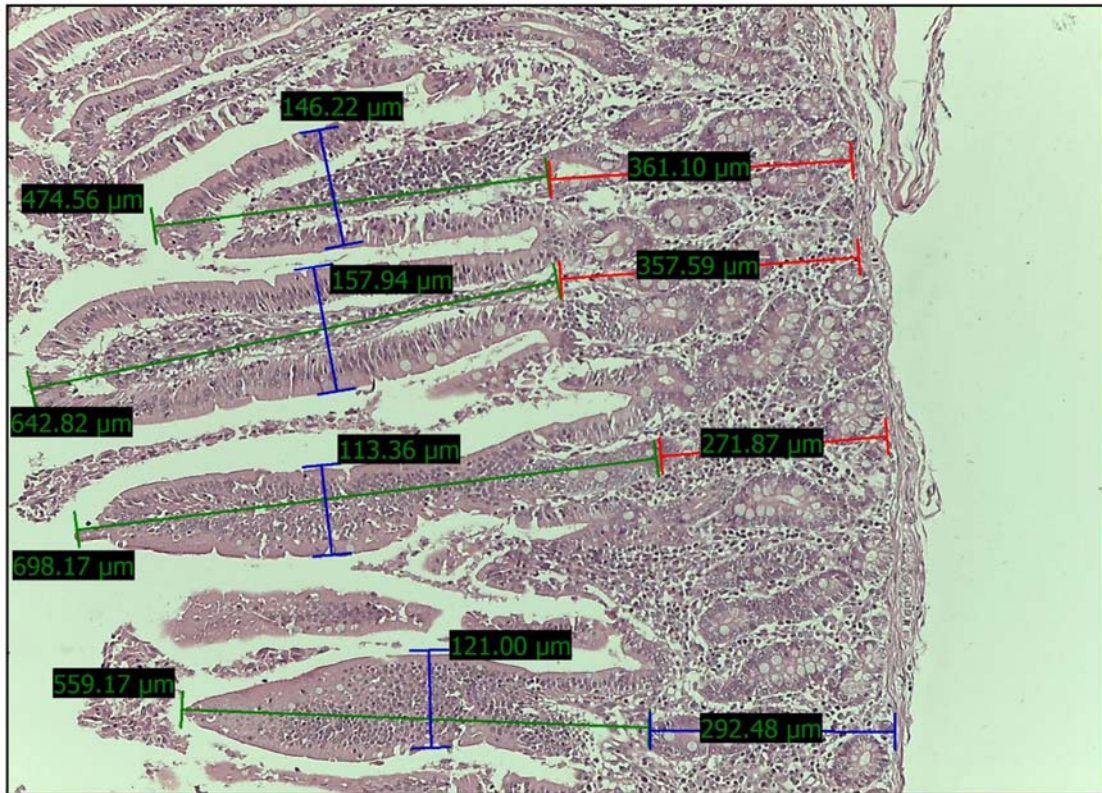
ANEXO IX. Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 5% de SDPP (T1).



ANEXO X. Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 2.5% HPSA + 2.5% SDPP (T2).



ANEXO XI. Imagen histológica correspondiente a cerdos que recibieron la dieta con 5% HPSA (T3).



ANEXO XII. Resumen de incidencias durante la primera repetición.

Número de Repetición	1
Fecha de Inicio	02/04/2015
Duración	10 días
Fecha de Finalización	12/04/2015

Fase 1	T1	T2	T3
N° Animales	9	9	9
N° Muertos	0	0	0
N° Lechones con Diarrea	3	8	7
Duración Promedio de la Diarrea (Días)	2.00	1.63	1.57

Peso Promedio Inicial	6.63	6.61	6.61
Peso Promedio Final	8.27	7.70	7.24
Consumo Total (Kg)	22.08	16.20	13.67

ANEXO XIII. Resumen de incidencias durante la segunda repetición.

Número de Repetición	2
Fecha de Inicio	24/04/2015
Duración	10 días
Fecha de Finalización	04/05/2015

Fase 1	T1	T2	T3
N° Animales	6	6	6
N° Muertos	0	0	0
N° Lechones con Diarrea	4	5	4
Duración Promedio de la Diarrea (Días)	1.00	1.33	2.50

Peso Promedio Inicial	7.09	7.11	7.14
Peso Promedio Final	9.23	8.28	8.33
Consumo Total (Kg)	16.58	12.96	11.85

ANEXO XIV. Resumen de incidencias durante la tercera repetición.

Número de Repetición	3
Fecha de Inicio	21/05/2015
Duración	10 días
Fecha de Finalización	31/05/2015

Fase 1	T1	T2	T3
Nº Animales	5	5	5
Nº Muertos	0	0	0
Nº Lechones con Diarrea	1	2	3
Duración Promedio de la Diarrea (Días)	1.00	1.50	1.33

Peso Promedio Inicial	7.18	7.15	7.19
Peso Promedio Final	9.04	8.80	8.22
Consumo Total (Kg)	11.81	10.76	8.00

ANEXO XV. Registro del control de temperatura (C°) durante la evaluación.

REPETICION	DÍAS	Toma de Temperatura		PROMEDIO
		AM	PM	
1	0	26.5	28.1	27.3
	1	24.3	27.3	25.8
	2	22.8	26.5	24.7
	3	23.5	26.3	24.9
	4	25.6	27.4	26.5
	5	27.7	28.3	28.0
	6	24.8	27.6	26.2
	7	25.1	27.8	26.5
	8	25.7	28.2	27.0
	9	25.1	26.5	25.8
	10	25.5	28.3	26.9
PROMEDIO		25.1	27.5	26.3
2	0		23.7	23.7
	1	22.8	26.8	24.8
	2	25.1	27.0	26.1
	3	23.9	27.6	25.8
	4	23.1	24.6	23.9
	5	23.8	26.3	25.1
	6	24.1	27.1	25.6
	7	25.9	27.3	26.6
	8	25.8	26.8	26.3
	9	26.2	27.4	26.8
	10	24.0	25.8	24.9
PROMEDIO		24.5	26.4	25.4
3	0		25.2	25.2
	1	22.7	23.1	22.9
	2	22.3	23.5	22.9
	3	22.2	23.7	23.0
	4	21.8	23.8	22.8
	5	22.6	23.7	23.2
	6	22.4	24.3	23.4
	7	22.3	22.5	22.4
	8	22.8	24.1	23.5
	9	24.3	23.5	23.9
	10	22.9	26.2	24.6
PROMEDIO		22.6	24.0	23.4
PROMEDIO TOTAL		24.1	25.9	25.0