



**UNIVERSIDAD DE CHILE**



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS  
PROTEICOS DE PESCADO EN LA DIETA DE PREINICIO DE  
POLLOS BROILER SOBRE EL CRECIMIENTO DE MÚSCULOS  
DE INTERÉS COMERCIAL

**ALVARO PÉREZ BAZÁN**

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

PROFESOR GUÍA: DR. ALEJANDRO LÓPEZ

SANTIAGO, CHILE  
2009



# UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

## EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE PESCADO EN LA DIETA DE PREINICIO DE POLLOS BROILER SOBRE EL CRECIMIENTO DE MÚSCULOS DE INTERÉS COMERCIAL

**ALVARO PÉREZ BAZÁN**

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

NOTA FINAL: .....

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : ALEJANDRO LÓPEZ	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: SERGIO CORNEJO	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: JUAN LUENGO	.....	.....

SANTIAGO, CHILE  
2009

## RESUMEN

En este trabajo se procedió a evaluar el efecto de la incorporación de Hidrolizados Proteicos de Pescado (HPP) en las dietas de preinicio (entre los días 1 y 14 de edad) sobre el crecimiento muscular en pollos broiler. Para esto, 630 pollos broiler de 1 día de vida fueron distribuidos en 6 tratamientos aplicados durante el periodo de preinicio, durante el cual recibieron una de las siguientes dietas: i) Dieta control Maíz-Soya, ii) Dieta Maíz-Soya con HPP Activium® EP 120 al 1,6%, iii) Dieta Maíz-Soya con HPP Activium® EP 127 al 1,6%, iv) Dieta Maíz-Soya con HPP Activium® EP 138 al 1,6%, v) Dieta Maíz-Soya con HPP Activium® EP S al 1,6% y vi) Dieta Maíz-Soya con HPP Activium® EP MX al 1,8%. Todas las dietas fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas. Las dietas inicio, intermedio y final fueron comunes para todos los tratamientos.

Tanto a los 14 como a los 42 días se muestrearon y sacrificaron 15 aves por tratamiento, procediéndose luego a remover el trutro largo derecho y la pechuga de cada ave y registrándose su peso. Posteriormente, se removieron los músculos *Pectorales*, *Gastrocnemius* y *Fibularis longus*, de los cuales también se registró el peso. Estos datos fueron utilizados para calcular los distintos rendimientos. Para el análisis estadístico se llevó a cabo una ANDEVA y, ante diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), una prueba de Tukey.

No se encontraron diferencias significativas en los valores absolutos ni en los distintos rendimientos entre tratamientos, tanto al finalizar el periodo de preinicio como al finalizar el ciclo productivo. Sin embargo, se presentó una pequeña diferencia entre los

valores de formulación de las dietas y el resultado del análisis químico proximal. Además, es cuestionable la ausencia de un grupo control que contuviera proteína de origen animal, así como la falta de datos como el perfil aminoacídico y el grado de hidrólisis de los HPP utilizados.

En conclusión, los HPP Activium® utilizados durante el periodo de preinicio y a los niveles incorporados, no mejoran el rendimiento cárnico de los pollos al finalizar el periodo de preinicio ni al finalizar el ciclo productivo.

## ABSTRACT

The effect of fish protein hydrolysate (FPH) supplied during pre-starter period (one to fourteen days of age) on muscle development was examined in broiler chickens. To do so, 630 1-day old broiler chicks were distributed in 6 treatments, applied during pre-starter period, when they received one of the six following diets: i) Control Corn-Soy diet, ii) Corn-Soy diet with the FPH Activium® EP 120 at 1,6%, iii) Corn-Soy diet with the FPH Activium® EP 127 at 1,6%, iv) Corn-Soy diet with the FPH Activium® EP 138 at 1,6%, v) Corn-Soy diet with the FPH Activium® EP S at 1,6% and vi) Corn-Soy diet with the FPH Activium® EP MX at 1,8%. All diets were made isoproteic and isoenergetic. The starter, grower and finishing diets were the same for all treatments.

For the evaluation, 15 birds per treatment were sampled and sacrificed at 14 and 42 days. Then, the right hind limb and the breast of each bird were removed and their weight was recorded. In the next step, the *Pectoralis*, *Gastrocnemius* and *Fibularis longus* muscles were removed and their weight was also recorded. All this data was used to calculate different ratios (yields). The statistical analysis was performed using an ANOVA. Significant differences ( $p \leq 0,05$ ) were analyzed using a Tukey test.

No significant differences were found between the absolute values and yields among treatments, both at the end of pre-starter period and at the end of the production cycle. A slight difference was found between the calculated and the actual proximate values of the diets. Additionally, the absence of control group containing animal protein and the

absence of data regarding amino acid profile and the hydrolysis degree of the FPH used, was questioned.

In conclusion, the FPH Activium® used during pre-starter period at the levels used, did not improve meat performance of chickens neither at the end of the pre-starter period nor at the end of the production cycle.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
1. Descripción del Sector Avícola.....	3
1.1. Generalidades.....	3
1.2. Producción .....	3
1.3. Consumo.....	4
1.4. Importaciones y Exportaciones.....	5
2. Desarrollo Muscular.....	6
3. Desarrollo del Tracto Gastrointestinal.....	11
3.1. Generalidades .....	11
3.2. Anatomía .....	12
3.3. Utilización de la yema.....	14
3.4. Cambios Morfológicos del Intestino Delgado.....	15
3.5. Actividad Enzimática en el Intestino Delgado .....	18
3.6. Digestión y Absorción .....	20
4. Nutrición y Alimentación de Pollos Broiler.....	21
4.1. Generalidades .....	21
4.2. Agua.....	22
4.3. Energía .....	22
4.4. Lípidos.....	24
4.5. Carbohidratos .....	24
4.6. Proteínas .....	25
4.7. Vitaminas y Minerales.....	30
4.8. Alimentación.....	31
5. Hidrolizados Proteicos de Pescado .....	32
6. Péptidos Bioactivos.....	39
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>41</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>41</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>41</b>

<b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
<i>Evaluación del crecimiento de pechuga y trutro largo al finalizar el periodo preinicio .</i>	<i>43</i>
<i>Evaluación del crecimiento de pechuga y trutro largo al término del ciclo productivo ..</i>	<i>44</i>
<i>Análisis estadístico.....</i>	<i>45</i>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO N°1.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO N°2.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO N°3.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO N°4.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO N°5.....</b>	<b>70</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El consumo de carne de ave a nivel nacional ha crecido fuertemente en los últimos años, posicionándose como la carne más consumida por los chilenos a gran distancia de las otras carnes. Junto con esto, la industria avícola ha crecido a la par, proporcionando un alimento sano y seguro y a un precio accesible, respondiendo a las necesidades del consumidor nacional, e incluso exportando a mercados altamente exigentes.

De las carnes de ave, la más consumida es la de pollo broiler, encontrándose actualmente en numerosas presentaciones, lo que junto con un precio razonable, la han hecho cada vez más atractiva para el consumidor.

El gran desarrollo de la producción avícola nacional ha planteado nuevos e importantes desafíos, dentro de los cuales destaca la alimentación debido al rol que cumple en la producción avícola.

La alimentación representa el mayor costo de producción, estimándose en un rango que fluctúa entre el 60% - 70% de los costos variables. La mayor parte de estos costos son atribuibles a los ingredientes utilizados. Sin embargo, el costo de procesamiento representa una parte significativa de los costos de alimentación, otorgando la oportunidad de influenciar el rendimiento de los broiler más allá de una adecuada nutrición (Behnke y Beyer, 2002). La hidrólisis proteica permitiría mejorar la utilización de la proteína presente en la dieta, siendo esto particularmente importante durante los primeros días de vida del pollito.

En los primeros 7 días de edad, el pollo broiler aumenta su peso vivo en un 400%, consume aproximadamente 150 a 180 g de alimento, y este periodo representa un 17% del periodo total de crecimiento. El bajo consumo a esta edad permite aumentar el costo de este alimento, procurando compatibilizar la calidad de los ingredientes alimenticios y los niveles nutricionales con el desarrollo fisiológico del intestino (González, 2000).

El objetivo de este estudio es determinar si la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado a la dieta de preinicio de pollos broiler aumenta el rendimiento cárnico de las aves, tanto al finalizar el periodo de preinicio como al finalizar el ciclo productivo.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### *1. Descripción del Sector Avícola*

#### *1.1. Generalidades*

La producción nacional de pollos broiler se encuentra geográfica e industrialmente concentrada, existiendo tan sólo 7 empresas que operan en el país, cuya producción se ubica en un 95% entre las regiones V y VI. Cada una de estas empresas está presente en todos los procesos de la cadena productiva mediante un sistema de integración vertical (APA, 2008).

#### *1.2. Producción*

Durante el año 2007, la producción de carnes a nivel nacional alcanzó a 1.339.000 t aproximadamente, de las cuales un 43% correspondió a carne de ave, un 37% a carne de cerdo y un 18% a carne de bovino. De las 580.980 t de carne de ave producida, un 82% correspondió a pollo broiler y un 16% a pavo, siendo la diferencia aportada por otras aves (APA, 2008).

En la última década, la producción de carnes en general en Chile ha tenido un gran crecimiento, con aumentos promedio del 5% anual. La producción de carnes de ave, sin embargo, ha tenido un desarrollo aún más dinámico, con aumentos de producción de más de un 65% de incremento en igual periodo (1997 – 2007). Este crecimiento se debe principalmente a (APA, 2008):

- El mercado chileno ha tenido un crecimiento explosivo de la mano de su industria y de un proyecto de desarrollo país compartido por todos los sectores.
- Un alto crecimiento de la demanda agregada como resultado del desarrollo del país. El consumo de carnes ha tenido una evolución que ha estado fuertemente influenciado por la evolución del PIB.
- En el caso de las carnes de aves, este crecimiento se debe fundamentalmente a que la industria avícola nacional invierte en tecnología, procesos productivos y capacitación, con especial preocupación por los temas relacionados con la sanidad animal e inocuidad, trazabilidad, bienestar animal y sustentabilidad medioambiental.

Actualmente, el 90% de la producción de aves está destinada al consumo interno, sin embargo, la industria se propone en el corto plazo aumentar la participación de las exportaciones (APA, 2008).

### *1.3. Consumo*

El consumo aparente de carnes en Chile llegó en el 2007 a los 71,4 kg/hab/año. Desde al año 1997 a la fecha, el consumo se ha incrementado en 9,3 kg/hab/año, de los cuales 8,9 fueron aportados por las aves y 4 por los porcinos. El consumo de las otras carnes disminuyó. Del total de carne consumida a nivel nacional, el 43,9% corresponde a carne de pollo y pavo, constituyendo el pollo la carne de mayor consumo *per cápita*, con prácticamente 27,3 kg anuales (APA, 2008).

A nivel mundial, el consumo de carne de ave en 2006 alcanzó a 58,9 millones de toneladas, aumentando más de 3% con respecto a 2005. El consumo fue liderado por Estados Unidos con 13,8 millones de toneladas, seguido por China (10,4 millones de toneladas), la Unión Europea (7,4 millones de toneladas), Brasil y México (con 6,8 y 3 millones de toneladas, respectivamente) (Rivas, 2007).

#### *1.4. Importaciones y Exportaciones*

Las exportaciones de carne de ave han crecido fuertemente, con aumentos promedio del 34% en el periodo 2000 – 2007 (APA, 2008). En el año 2006, las exportaciones de carne de ave alcanzaron a 74.626 t, lo que significó un aumento de 6,9% con respecto a las realizadas en 2005. El valor total de las exportaciones aumentó en 12,6%, generándose un ingreso de US\$ 150.101.736. Los principales destinos fueron México, Reino Unido y China; con 60%, 17,5% y 8,4% del valor total exportado, respectivamente, que en conjunto suman el 86% del valor total de las exportaciones de carne de ave para ese año (Rivas, 2007).

Con respecto a las importaciones, a partir del año 2003 comenzaron las importaciones de carne de ave desde Argentina y desde entonces no han cesado de aumentar (datos hasta 2006). Es así como en ese año se introdujo a Chile un total de 1.809 t, en tanto en 2004 esta cifra pasó a 9.198 t y en 2005 subió a 13.046 t (Rivas, 2007).

Las importaciones de carne de ave proveniente de Argentina continuaron aumentando el año 2006, cuando llegaron a 17.793 t por un valor de US\$ 20 millones. Esto representa un incremento de las importaciones de 36,4% en volumen y 49,2% en valor con respecto al año anterior (Rivas, 2007).

## 2. *Desarrollo Muscular*

El músculo esquelético comprende la mayor proporción de la masa animal, siendo además el mayor producto alimenticio. Es por este motivo que el entendimiento de los mecanismos que regulan el crecimiento muscular presenta implicancias significativas para la agricultura (Velleman, 2007).

En la actualidad, el peso corporal de los pollos aumenta aproximadamente 50 veces en 40 días (Noy y Sklan, 1998), siendo uno de los éxitos de la industria avícola el seleccionar animales por el aumento en la tasa de crecimiento y de la masa muscular mientras mantiene la calidad de la carne. Para los criadores avícolas, esta maximización del crecimiento se ha enfocado en el desarrollo de carcasas más magras, especialmente para la pechuga, la cual corresponde a la parte más valiosa de la carcasa (Velleman, 2007; Scheuermann *et al.*, 2003).

La carne de la pechuga de broiler contiene mínimos depósitos de grasa, lo cual es debido principalmente al metabolismo de sus fibras musculares. Éstas dependen, en su mayoría, de la actividad glicolítica. A diferencia de la pechuga, la carne oscura, como la de

los muslos, posee largos depósitos de grasa y un metabolismo por naturaleza oxidativo (Corzo y Kidd, 2004).

El crecimiento muscular puede ser dividido en dos etapas claramente diferenciables, denominadas hiperplasia e hipertrofia. La hiperplasia se refiere al incremento embrionario en el número de mioblastos. Durante el periodo embrionario de desarrollo muscular, estos mioblastos se encuentran proliferando, diferenciándose en miotubos multinucleados y formando fibras musculares. Esto se logra mediante procesos de proliferación celular, migración, adhesión y fusión. Después de la formación embrionaria de fibras musculares, el número de éstas se encuentra definido, de manera tal que no se producen nuevas fibras después del nacimiento (Velleman, 2007).

No todas las fibras musculares se forman simultáneamente. El primer grupo de fibras musculares embrionarias en formarse se denomina fibras primarias, las cuales poseen un núcleo central. Rodeando las fibras primarias se encuentran las células miogénicas mononucleadas, las cuales se diferenciarán en las fibras secundarias. La posición de estas fibras musculares secundarias se basa en la localización de las fibras primarias. Después que se forman las fibras secundarias, la banda Z del sarcómero (unidad contráctil del músculo), las alineará formando una fibra muscular madura (Velleman, 2007).

Una vez determinado el número de fibras musculares y posterior a la eclosión, para que ocurra el crecimiento muscular debe haber un incremento en la síntesis proteica. Este incremento es consecuencia directa de más ADN, el cual resulta en un aumento en la transcripción y traducción. Sin embargo, para adquirir más ADN se requiere un incremento

en el número de núcleos. Debido a que el número de núcleos derivados de los mioblastos se encuentra definido al nacimiento, los nuevos núcleos derivan de otro tipo celular denominado células satélites. Después del nacimiento, las células satélites se fusionan con las fibras musculares existentes (Velleman, 2007).

En los primeros días de vida la actividad de las células satélites es crucial para el crecimiento muscular, pese a ser transitoria. En pollos broiler seleccionados por su rápido crecimiento, la primera semana de vida resulta ser la más importante para este desarrollo (Moss *et al.*, 1964 citado por Halevy *et al.*, 2000; Moore *et al.*, 2005).

Simplemente incorporando más núcleos de células satélites en la fibra muscular no se logra la hipertrofia. El balance entre la síntesis y la degradación proteica debe modular este proceso. Para tener un incremento en el tamaño de la fibra muscular se requieren tasas de síntesis proteica mayores a las tasas de degradación (Velleman, 2007). A este respecto, se ha descrito que la eficiencia en el depósito de aminoácidos en la carcasa es máximo durante la primera semana de vida, disminuyendo posteriormente (Sklan y Noy, 2004).

Es posible influenciar mediante la alimentación el equilibrio entre la síntesis y la degradación proteica, siendo las tasas de síntesis y degradación proteicas una función de la ingesta de proteína y de lisina. Niveles de inclusión de lisina y proteína por sobre aquellos requeridos para un crecimiento óptimo incrementan la síntesis proteica. Sin embargo, el depósito de proteína se ve poco afectado debido a un incremento en la degradación (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2004).

Mientras la variación en la composición de la carne de la pechuga es mínima, su rendimiento puede ser más sensible a factores externos, entre los que destaca particularmente la nutrición (Corzo y Kidd, 2004). Pese a que el total de fibras musculares se encuentra establecido al momento de la eclosión, cualquier impedimento en el desarrollo durante la fase temprana de crecimiento afecta de forma adversa el rendimiento final de la pechuga (Moran, s.f.).

Este efecto es menos marcado sobre otros músculos, aumentando la proporción de las piernas con respecto a la pechuga cuando las aves son sometidas a este tipo de restricciones nutricionales (Tesseraud *et al.*, 2003; Das *et al.*, 2008).

El efecto de la privación de alimento es progresivamente menor a medida que ésta se produce a edad más avanzada, mientras que aumenta conforme aumenta la selección genética para el crecimiento muscular (Halevy *et al.*, 2000; Tesseraud *et al.*, 2003).

El mayor crecimiento de la pechuga se logra aproximadamente 4 días después que el máximo crecimiento del peso corporal. Por este motivo, altos niveles dietéticos de aminoácidos, aunque no mejoran el peso corporal, todavía continúan incrementando el depósito de músculo en la pechuga, aumentando por tanto su rendimiento (Moran y Bilgili, 1993 citado por Scheuermann *et al.*, 2003).

El músculo de la pechuga contiene una alta concentración de lisina tanto en pollos broiler como en pavos. La lisina, siendo normalmente el segundo aminoácido limitante en las dietas típicas de broiler, puede convertirse en un nutriente crucial si se desea la

maximización del rendimiento de la pechuga. El suplemento de lisina por sobre los niveles recomendados incrementa el rendimiento de la pechuga (Corzo y Kidd, 2004).

El suplemento de lisina, mientras que todos los demás aminoácidos se mantienen constantes, demuestra que la incorporación de todos los aminoácidos a la carcasa aumenta. Cuando la lisina limita el crecimiento, el catabolismo de la lisina es bajo mientras el de todos los demás aminoácidos aumenta. En contraste, el catabolismo de todos los aminoácidos no limitantes disminuye inicialmente con el incremento de la lisina en la dieta hasta alcanzar un máximo, mientras que el catabolismo de la lisina se incrementa linealmente a medida que se incrementan las concentraciones dietéticas. Estos datos son consistentes con un modelo donde la incorporación a la carcasa es determinada por un aminoácido limitante hasta alcanzar una máxima incorporación a la ración, donde otro aminoácido pasa a ser limitante (Sklan y Noy, 2004).

La metionina, por ser el primer aminoácido limitante en las dietas de broiler, es tan importante como la lisina para la acreción de músculo. Algo similar sucede con la treonina y la isoleucina, siguientes aminoácidos limitantes. De esta forma, cada aminoácido limitante es crítico para la acreción de músculo en la pechuga. La alta demanda de aminoácidos por los músculos de la pechuga puede ser exacerbada debido a la alta síntesis proteica y actividad de depósito exhibida en estos músculos (Corzo y Kidd, 2004).

Pese a la importancia de la nutrición en el rendimiento de la pechuga, algunos factores no nutricionales que afectan este rendimiento son la selección genética, las

prácticas de manejo, le reducción temprana de luz, altas temperaturas, entre otros (Corzo y Kidd, 2004; Sklan *et al.*, 2003; Halevy *et al.*, 2001).

### 3. *Desarrollo del Tracto Gastrointestinal*

#### 3.1. *Generalidades*

El desarrollo inicial del tracto gastrointestinal ocurre durante el periodo de incubación. Sin embargo, en los días posteriores al nacimiento, el peso del proventrículo, molleja e intestino delgado aumenta más rápidamente en relación al peso corporal que los demás órganos y tejidos (Noy y Sklan, 1997).

Pese a que al nacer los mecanismos de absorción ya se encuentran desarrollados, estos todavía no son maduros, y la capacidad de digestión todavía no es completamente funcional. El páncreas también es funcionalmente inmaduro y, por lo tanto, la digestibilidad de la proteína, lípidos y almidón es incompleta durante los primeros días de vida (Mateos *et al.*, 2002).

En el momento de la eclosión la concentración de enzimas digestivas es reducida, pero aumenta de forma ininterrumpida hasta los 14 días de edad. La superficie de absorción también es reducida al nacer y aumenta fuertemente entre los 4 y 10 días de edad y como consecuencia, los nutrientes se utilizan insuficientemente durante los primeros 10 días posteriores al nacimiento (Mateos *et al.*, 2002).

### 3.2. Anatomía

Los órganos del tracto digestivo de las aves incluyen el pico, boca, glándulas salivales, lengua, faringe, esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino, ciegos, recto y cloaca (Sturkie, 1965).

No existe una línea nítida de demarcación entre la boca y la faringe, y no existe un paladar blando en la mayoría de las aves. El paladar duro es atravesado por una hendidura mediana que comunica con la cavidad nasal. La cavidad bucal está recubierta por epitelio escamoso estratificado. Están presentes además glándulas salivales ramificadas (Sturkie, 1965).

El esófago de un pollo maduro está recubierto por epitelio escamoso estratificado con glándulas mucosas presentes. El buche tiene esencialmente la misma estructura del esófago excepto que las glándulas mucosas están presentes sólo en la unión con el esófago (Sturkie, 1965).

El buche de ciertas aves granívoras, como los pollos, patos y palomas, está bien desarrollado; pero en algunas otras especies puede ser muy largo; en otras, rudimentario, y en algunas aves insectívoras, estar ausente. En los machos de ciertas especies el esófago posee un divertículo, el cual se infla durante la temporada de cortejo (Sturkie, 1965).

El proventrículo o estómago glandular es usualmente un órgano fusiforme, y varía en tamaño con la especie. Es relativamente pequeño en la paloma y el pollo pero puede ser

muy largo y distensible en ciertas especies. Está recubierto con epitelio columnar o cuboidal, formando glándulas tubulares simples. La capa mucosa subyacente contiene glándulas lobuladas bien desarrolladas, las cuales comunican con el lumen del proventrículo mediante conductos. La capa muscular externa es similar a la del esófago. Las glándulas gástricas de las aves contienen sólo un tipo de células, las cuales producen tanto ácido como pepsinógeno (Sturkie, 1965).

El intestino delgado está formado por duodeno, yeyuno e íleon. El remanente de la unión del saco vitelino puede hallarse alrededor del punto medio del intestino delgado. En relación al tamaño corporal, el intestino de las aves es más corto que el de los mamíferos, sin embargo, existe una variación considerable en el tamaño, lo cual es influenciado por los hábitos alimenticios. El intestino delgado es más largo en aves herbívoras y granívoras, y más corto en carnívoras (Sturkie, 1965).

La mucosa del intestino delgado está caracterizada por criptas de Lieberkühn de variados grados de desarrollo. El epitelio consiste usualmente de células columnares simples con muchas células caliciformes. Las capas más externas a partir de la superficie epitelial comprenden una muscular de la mucosa; una delgada submucosa, la cual contiene unos pocos vasos sanguíneos y nervios; y una muscular externa formada por una capa circular interna y una capa longitudinal externa, rica en vasos sanguíneos y nervios (Sturkie, 1965).

Los ciegos están situados en la unión de los intestinos delgado y grueso. En algunas especies éstos son largos y prominentes a la vez que pareados, mientras en otras especies

puede ser simple y rudimentario o ausente. Guardando la entrada de los ciegos al intestino están las válvulas íleo-cecales. La histología de los ciegos es similar al resto del tracto, excepto que las vellosidades no son tan altas (Sturkie, 1965).

El intestino grueso en las aves es relativamente corto, y no existe una línea de demarcación entre el recto y el colon como en los mamíferos. El intestino grueso o recto desemboca en una cloaca (Sturkie, 1965).

El hígado es relativamente grande y bilobulado. Algunas especies de aves (pollos, patos y gansos) poseen vesícula biliar; otras, como las palomas, no. La vesícula biliar está localizada sobre la cara dorsal del hígado, desde donde salen los conductos biliares, los cuales se abren en el duodeno, cerca del asa distal (Sturkie, 1965).

### *3.3. Utilización de la yema*

En el pollo recién nacido, la energía utilizada proviene de la yema. La porción de la yema no utilizada durante el periodo de incubación comienza a internalizarse en el abdomen como una extensión del intestino previamente a la eclosión, cuando comprende el 20% a 25% del peso corporal en pollos. La yema contiene aproximadamente un 50% de lípidos en este momento. Esto contribuye a la mantención del ave durante los primeros días después del nacimiento. Posterior al nacimiento, la yema es transportada tanto a la circulación, mediante el sistema vascular, como al intestino a través de un pedículo. El tamaño de la yema decrece exponencialmente después del nacimiento, y menos de 1 g

permanece usualmente después de 96 horas, cuando células linfoides comienzan a congregarse, ocluyendo el pedículo (Noy y Sklan, 1997).

Resulta interesante que la yema es utilizada más rápidamente en aves alimentadas que no alimentadas. Este hallazgo puede ser atribuido a un aumento en el transporte del vitelo hacia el tracto gastrointestinal debido a la estimulación de la actividad que representa la presencia de alimento (Noy y Sklan, 1997).

#### *3.4. Cambios Morfológicos del Intestino Delgado*

El crecimiento inicial del intestino delgado es muy rápido, presentando un coeficiente alométrico superior al peso corporal hasta los 6 a 8 días de edad, encontrándose el tamaño máximo relativo de los órganos digestivos entre los días 3 y 8 de vida. Posteriormente a este veloz crecimiento inicial, el tamaño relativo del intestino decrece lentamente con la edad (Noy y Sklan, 1997; Mateos *et al.*, 2002). El incremento de longitud es menor al incremento de peso atribuible al desarrollo de la capa muscular y de la mucosa (Uni *et al.*, 1999).

El examen microscópico del intestino delgado a distintas edades revela que mientras el intestino aumenta en longitud y diámetro hasta alrededor de los 14 días, estos cambios son pequeños comparados con el crecimiento de la mucosa. El volumen de las vellosidades intestinales aumenta entre 3 y 5 veces en el intestino delgado cercano al nacimiento (Noy y Sklan, 1997).

Este crecimiento no es parejo en todos los segmentos del intestino. En el duodeno, el mayor incremento en las vellosidades ocurre hasta el día 4 de edad, luego de esto la tasa de crecimiento decrece. En contraste, en el yeyuno e íleon el incremento en las vellosidades es sostenido hasta los 10 días de edad (Noy y Sklan, 1997). En el duodeno, el área de superficie de las vellosidades se incrementa más rápidamente y continúa aumentando hasta las 240 horas. En contraste, el área de superficie de las vellosidades en yeyuno e íleon se incrementan más lentamente y tienden a estabilizarse después de 168 horas (Geyra *et al.*, 2001).

Al nacimiento, casi todas las células a lo largo de las vellosidades se encuentran en proliferación. Después de 72 horas, la proporción de células en proliferación disminuye a tan sólo un 10% a 40%, siendo más lenta esta disminución en el yeyuno (Geyra *et al.*, 2001).

El mayor número de vellosidades al nacimiento, si se analiza un corte transversal, se encuentra en el íleon, donde este valor cambia poco en el tiempo. En cambio, en el duodeno y yeyuno, el número de vellosidades por sección transversal aumenta después de la eclosión, alcanzando su estabilidad a las 72 horas en el duodeno y a las 216 horas en el yeyuno (Geyra *et al.*, 2001).

La profundidad de las criptas, que refleja la actividad de diferenciación de los enterocitos, aumenta linealmente hasta los días 10 a 12 de vida, con un aumento mayor en el yeyuno que en el duodeno. En el íleon, este aumento en la profundidad de las criptas es menor (Noy y Sklan, 1997). Al principio, las criptas contienen tan sólo unas pocas células,

y las invaginaciones no están completas en todos los segmentos. A las 48 horas, las invaginaciones ya se encuentran completas, aunque el proceso de alargue y fisión se continúa hasta después de los 12 días. Junto con esto, el número de criptas por vellosidad aumenta de forma intensiva durante estas primeras 48 horas de vida en todos los segmentos del intestino, pero al igual que sucede con las vellosidades intestinales, en el duodeno y yeyuno hay un incremento posterior que es gradual y se mantiene hasta las 216 horas. En el íleon, a las 72 horas se estabiliza el número de criptas por vellosidad (Geyra *et al.*, 2001).

El número de células por cripta se incrementa rápidamente en todo el intestino delgado hasta las 72 horas, después de las cuales los cambios son menores. Tal como en las vellosidades, al momento de la eclosión casi todas las células se encuentran en proliferación activa, disminuyendo esta proporción rápidamente hasta llegar a un 50% de células en proliferación a las 72 horas (Geyra *et al.*, 2001).

Otras modificaciones que se pueden observar es que al nacer la mayoría de los enterocitos son relativamente apolares y carecen de un borde en cepillo claramente visible. Sin embargo, estas células adquieren polaridad e incrementan en longitud luego de 24 horas, apareciendo el borde en cepillo característico. La longitud de los enterocitos aumenta durante las primeras 24 horas, estabilizándose tras este tiempo. Posteriormente a las 100 horas, en el duodeno y yeyuno se produce un nuevo incremento en la longitud de estas células que se mantiene en el duodeno hasta las 216 horas y en el yeyuno hasta las 144 horas de vida (Geyra *et al.*, 2001).

Con respecto a la superficie de absorción, el área de superficie total al nacimiento en los diferentes segmentos del intestino es similar y presenta un incremento con la edad hasta las 72 horas después de la eclosión. Después de esto, el área de superficie yeyunal se incrementa más que los otros segmentos intestinales, alcanzando valores que superan en más de dos veces a los demás tramos del intestino (Geyra *et al.*, 2001).

### *3.5. Actividad Enzimática en el Intestino Delgado*

Después del nacimiento, la actividad enzimática en el intestino delgado se modifica para adaptarse al sustrato presente. Ya durante la incubación como después al nacimiento, estudios han determinado la presencia y medido la actividad de las enzimas en el páncreas. Tanto la amilasa como la tripsina fueron detectadas al día 18 de incubación, mientras que la lipasa también estuvo presente previo a la eclosión. La concentración de estas 3 enzimas en el páncreas aumenta después del nacimiento, aunque la tasa a la cual aumentan es diferente para cada enzima. La secreción de estas 3 enzimas al duodeno también se modifica, donde la secreción de amilasa aumenta más y la de lipasa menos entre los días 4 y 21 de vida (Noy y Sklan, 1997).

En el momento de la eclosión las enzimas pancreáticas ya se encuentran activas en el intestino. Se postula que la secreción de estas enzimas se incrementa a partir del día 4 de vida con la edad y la ingesta de alimento (Noy y Sklan, 1998).

De acuerdo a Noy y Sklan (1997), entre los días 4 y 21 la secreción de lipasa fue relativamente constante por g de alimento y luego disminuyó. La mayor secreción de

amilasa se produjo el día 4 de edad, mientras que la tripsina secretada por g de alimento es mayor sobre el día 4. La secreción de nitrógeno total al duodeno, reflejo de la secreción enzimática total, aumenta casi al doble entre los días 4 y 7 cuando es calculada por g de alimento.

Cuando la tripsina, lipasa y amilasa totales fueron medidas en aves alimentadas inmediatamente después del nacimiento y en aves sometidas a un periodo de ayuno, la actividad de la tripsina y amilasa fue menor en aves en ayuno hasta que tuvieron acceso al alimento, igualándose luego la secreción con las aves alimentadas inmediatamente. La actividad de la lipasa fue similar en todas las aves hasta el día 2, después del cual la mayor actividad se apreció en aves alimentadas (Sklan y Noy, 2000).

No todos los estudios concuerdan con esto. Según Noy y Sklan (1998), el cálculo de la secreción por g de ingesta no revela mayores cambios en la cantidad de tripsina, amilasa y lipasa secretada entre los días 4 y 14 de edad.

Estudios sobre la actividad enzimática del borde en cepillo también muestran cambios en la actividad por g de intestino con la edad. Se puede apreciar un aumento en la actividad total de maltasa y sacarasa, importantes en la absorción de carbohidratos; en la  $\alpha$ -glutamil transferasa, involucrada en el transporte de aminoácidos en el intestino; y en la fosfatasa alcalina (Noy y Sklan, 1998).

La actividad enzimática también difiere entre los distintos segmentos intestinales. La actividad de sacarasa y maltasa de la mucosa es significativamente menor en el duodeno

que en yeyuno e íleon. La actividad yeyunal aumenta a un máximo sobre los días 1 a 2 después del nacimiento, decreciendo posteriormente. La actividad de la fosfatasa alcalina de la mucosa es diferente a la actividad de las disacaridasas, con una actividad ileal consistentemente menor comparada con la actividad duodenal y yeyunal, la cual decrece después de los 4 días posteriores al nacimiento (Uni *et al.*, 1998).

### *3.6. Digestión y Absorción*

La digestión involucra todos los cambios físicos y químicos que debe sufrir el alimento ingerido antes de poder ser absorbido en el intestino. Estos procesos incluyen la ingestión, maceración y molienda del alimento en la molleja, y la acción de las enzimas digestivas de la saliva, estómago, intestino y páncreas, de la bilis, del ácido clorhídrico, y también de bacterias (Sturkie, 1965).

El resultado neto de la actividad enzimática y el tiempo de retención en el intestino está reflejado en la digestibilidad del alimento. Esta aumenta con la edad. En el caso de la digestión del nitrógeno en el intestino delgado, ésta es del 76% al 78% en aves de 4 días de edad, incrementándose hasta cerca del 90% a los 14 días. Las secreciones pancreáticas parecen no ser suficientes a los 4 días de vida, especialmente para la digestión del nitrógeno, siendo adecuadas recién después de los 10 primeros días de vida (Noy y Sklan, 1997).

Con respecto a la absorción en gallinas y pollos, la máxima absorción de aminoácidos se alcanza al momento de la eclosión y los días posteriores para la mayoría de éstos, declinando posteriormente hasta alcanzar los valores adultos (Austic, 1985).

#### *4. Nutrición y Alimentación de Pollos Broiler*

##### *4.1. Generalidades*

Durante los primeros días de edad nos encontramos con un periodo trascendental de la vida de un broiler, en el cual se produce su desarrollo anatómico, fisiológico e inmune, siendo por tanto sus requerimientos muy altos (Venturino, s.f.). Durante estos primeros días, los pollos están realizando un cambio fisiológico y metabólico, en el cual dejan de recibir el suplemento de todos los nutrientes por parte del huevo y obtienen los nutrientes de los componentes del alimento (Behnke y Beyer, 2002).

Durante esta transición, los carbohidratos y aminoácidos dietéticos no son bien utilizados, debido a limitaciones tanto en la digestión como en la absorción. En la mayoría de los casos, los pollos están en un balance nutricional negativo y utilizan recursos corporales para sobrevivir (Behnke y Beyer, 2002).

A continuación se detallan los diferentes nutrientes y como se relacionan con la nutrición de pollos broiler, con especial énfasis en la proteína.

## 4.2. Agua

Las aves de corral requieren un suministro adecuado de agua pura y limpia. Si el suministro de agua es insuficiente, las aves se deshidratan, disminuye la ingestión de alimento y su fisiología se altera.

Las aves eliminan agua de su organismo mediante la respiración y la excreción y en los productos reproductivos como los huevos. Siendo el jadeo un mecanismo importante para la regulación de la temperatura corporal en las aves, a medida que el índice respiratorio aumenta y, por lo tanto, la evaporación del agua en el conducto respiratorio aumenta, la necesidad de agua también aumenta con el incremento de la temperatura ambiental por encima de la zona termoneutral para las aves. La ingestión de agua puede aumentar tres o cuatro veces conforme aumenta la temperatura a niveles que ocasionan grave tensión por calor en los pollos. Si se limita el suministro de agua en los ambientes calurosos, las aves sucumben fácilmente a la postración por calor a causa de la pérdida de líquidos corporales (Church *et al.*, 2003).

## 4.3. Energía

Las aves de corral necesitan energía para crecer, mantener el tejido corporal, producir huevos, regular la temperatura corporal y para la actividad. Obtienen energía de la oxidación de carbohidratos, lípidos y aminoácidos y compuestos orgánicos relacionados. El paso final en el metabolismo total de los precursores de energía incluye la transferencia gradual de electrones al oxígeno que se encuentra en las mitocondrias. La energía es

atrapada en forma de enlaces fosfato de alta energía de ATP, que después se usan en reacciones consumidoras de energía en el metabolismo (Church *et al.*, 2003).

La energía que existe dentro de las estructuras de los macronutrientes en los alimentos no está completamente disponible para las aves de corral porque la proteína, carbohidratos y lípidos en los alimentos no son 100% digeribles y porque se pierde energía en la digestión y asimilación de los nutrientes. La energía neta o la energía disponible para el ave con fines útiles es igual a la energía total menos las pérdidas de energía en heces y orina, y como calor durante la digestión y asimilación de los nutrientes (Church *et al.*, 2003).

El excremento de las aves contiene orina y heces. Por lo tanto, es conveniente medir la pérdida de energía de heces y orina juntas. Por esta razón, la energía metabolizable ha sido utilizada como una medida práctica de la energía para las aves de corral. La energía metabolizable aparente se puede determinar al medir la energía de combustión del alimento ingerido y la energía de combustión en el excremento evacuado y restar la última de la primera. Parte de la energía perdida en el excremento representa a las secreciones endógenas de las enzimas digestivas y las excreciones urinarias endógenas. Energía metabolizable verdadera es el término que se aplica al valor energético de los alimentos cuando la energía metabolizable aparente ha sido corregida mediante estas pérdidas endógenas (Church *et al.*, 2003).

Las necesidades energéticas de las aves de corral están determinadas principalmente por las funciones de mantención, el índice de crecimiento, la producción de huevos y la

actividad física. La temperatura ambiental afecta notablemente la necesidad energética. Las bajas temperaturas aumentan la ingestión de alimento para proporcionar sustratos al aumento del índice metabólico en estas condiciones. La temperatura alta disminuye la ingestión de alimento mediante mecanismos que no se conocen del todo (Church *et al.*, 2003).

#### 4.4. Lípidos

Los triglicéridos son los lípidos principales en la dieta de las aves de corral. Las grasas suelen agregarse a la dieta de las aves como fuentes de energía, además de agregarse ácido linoleico, el cual corresponde a un ácido graso esencial. La adición de grasa a los alimentos también reduce el polvo y tiene una importancia práctica en la mezcla y el manejo de los alimentos (Church *et al.*, 2003).

Las grasas en los tejidos de las aves de corral contienen mayores cantidades de ácidos grasos insaturados de las encontradas en la mayoría de los animales domésticos. Sin embargo, la composición de los ácidos grasos de las aves y huevos puede estar influida por la composición de ácidos grasos de los lípidos alimentarios (Church *et al.*, 2003).

#### 4.5. Carbohidratos

Las aves de corral son capaces de digerir almidones, glucosa, sacarosa, maltosa y los azúcares simples, glucosa y fructosa. Las aves no digieren bien la lactosa (azúcar de la leche) porque la actividad de la lactasa en el intestino es limitada y ésta es necesaria para

hidrolizar la lactosa en sus constituyentes monosacáridos glucosa y galactosa. Las aves de corral no absorben bien las pentosas como la ribosa y la desoxirribosa de los ácidos nucleicos, y la xilosa y arabinosa; además, poseen una capacidad mínima para digerir fibra cruda (Church *et al.*, 2003).

#### 4.6. Proteínas

Las proteínas son los nutrientes que se hallan en mayor magnitud en el tejido muscular de los animales. Varían ampliamente en lo que se refiere a composición química, propiedades físicas, tamaño, forma, solubilidad y función biológica. De la misma manera, llevan a cabo diferentes funciones en el cuerpo de los animales, encontrándose presentes en forma de componentes de las membranas celulares, en el músculo y en otras estructuras de soporte, como la piel, el pelo y las pezuñas. Las proteínas del plasma sanguíneo, las enzimas, las hormonas y los anticuerpos realizan funciones especializadas en el cuerpo, aún cuando no contribuyen de manera significativa al contenido proteínico total del cuerpo (Church *et al.*, 2003).

Desde el punto de vista nutricional, la proteína es un macronutriente presente en los alimentos. La importancia de la proteína presente en la dieta se debe a su capacidad de aportar aminoácidos para atender al mantenimiento de la proteína corporal y al incremento de ésta durante el crecimiento (Martínez y Martínez, 2006).

El aspecto más importante de una proteína, desde el punto de vista nutricional, es su composición en aminoácidos, aunque otras características estructurales como la solubilidad

y la glicosilación pueden afectar su digestibilidad y, en consecuencia, su valor nutricional (Martínez y Martínez, 2006).

Tras su ingestión, la proteína de la dieta es digerida y absorbida en el tracto gastrointestinal. Después de su desnaturalización por el ácido gástrico, ésta es hidrolizada en pequeños péptidos y aminoácidos por las proteasas gástricas y pancreáticas. Estos productos de la digestión son transportados a las células de la mucosa intestinal. En ellas se produce una nueva hidrólisis mediada por peptidasas intracelulares (Martínez y Martínez, 2006).

El transporte de los aminoácidos resultantes de la digestión proteica es llevado a cabo por distintos transportadores presentes en el intestino delgado. Algunos están localizados específicamente en el borde en cepillo, algunos en la membrana basolateral de los enterocitos, y algunos en ambos. El transporte por un sistema particular parece estar determinado por el tamaño, carga y/o configuración de las cadenas laterales del aminoácido (Webb, 1990).

Algunos de los transportadores requieren energía para funcionar y, por lo tanto, se dice que son transportadores activos y  $\text{Na}^+$  dependientes. La acumulación de aminoácidos contra una gradiente de concentración es llevada a cabo por la energía potencial de una gradiente de  $\text{Na}^+$ . Para que esto ocurra, el transportador debe co-transportar un ión  $\text{Na}^+$  y un aminoácido. La gradiente de  $\text{Na}^+$ , que implica alto  $\text{Na}^+$  extracelular y bajo  $\text{Na}^+$  intracelular, es mantenida por la bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasa localizada en la membrana basolateral del enterocito. Los sistemas de transporte no acoplados con  $\text{Na}^+$  son llamados  $\text{Na}^+$

independientes y no requieren energía metabólica para transportar aminoácidos contra un gradiente de concentración (Webb, 1990).

Además de la concepción tradicional de la absorción de aminoácidos, hay evidencia sustancial que apoya la información de que existe absorción de pequeños péptidos, y que éstos son absorbidos más rápidamente que los aminoácidos libres. El hecho de que los péptidos se absorben más rápidamente que los aminoácidos libres sugiere la existencia de sistemas de transporte independientes entre péptidos y aminoácidos, lo cual es reafirmado por la absorción de aminoácidos a pesar de enfermedades congénitas en su sistema de transporte (Webb, 1990).

Diferencias en la configuración entre péptidos juegan un rol determinante en su transporte a través de la mucosa intestinal. La composición aminoacídica influye en la absorción, al igual que si un aminoácido se encuentra en la posición N- o C- terminal. Aunque permanecen algunas dudas, el transporte de péptidos está restringido principalmente a di y tripéptidos (Webb, 1990).

Los péptidos son absorbidos mediante la fuerza protón motriz ( $H^+$ ), lo cual es diferente de los transportadores  $Na^+$  dependientes de aminoácidos. La presencia de diferentes transportadores así como de diferentes fuerzas de movimiento para el transporte activo probablemente contribuyan a una absorción más eficiente del total de aminoácidos. Esto probablemente ofrece alternativas que permiten al animal adaptarse a un amplio rango de condiciones dietéticas y fisiológicas (Webb, 1990).

En general, el patrón de desarrollo de transporte de aminoácidos parece ser similar en el intestino delgado de mamíferos y de pollos. La habilidad de transportar está presente previo a la eclosión o al parto. Se incrementa marcadamente al parto o eclosión o unos pocos días posteriores y declina a niveles adultos dentro de las 2 – 3 semanas posteriores (Austic, 1985).

Las proteínas de los tejidos corporales, plumas y huevos de las aves de corral contienen unos 20 aminoácidos, diez de los cuales son esenciales en la dieta porque las aves son incapaces de sintetizarlos o no los sintetizan con la rapidez suficiente para satisfacer sus necesidades. Estos aminoácidos son la arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Church *et al.*, 2003).

Estos son los mismos aminoácidos que necesitan los mamíferos. Sin embargo, los mamíferos pueden sintetizar arginina al usar las enzimas del ciclo de la urea, de modo que sus necesidades alimentarias de este aminoácido parecen estar limitadas a periodos de crecimiento rápido, preñez y quizá lactación, cuando la capacidad de síntesis es insuficiente para satisfacer las necesidades de aminoácidos de la síntesis de proteína. Las aves no tienen un complemento completo de enzimas del ciclo de la urea y, por lo tanto, son incapaces de sintetizar arginina a partir sólo de precursores. En consecuencia, su necesidad de arginina alimentaria es absoluta (Church *et al.*, 2003).

Se han registrado otros tres aminoácidos esenciales (glicina, serina y prolina) para las aves de corral jóvenes, en crecimiento. La glicina y la serina son intercambiables desde el punto de vista metabólico; la necesidad de estos aminoácidos se puede satisfacer para los

dos o para uno sólo si se proporciona la cantidad suficiente en la dieta que permita la síntesis del otro. Se ha demostrado la necesidad de prolina en pollos jóvenes alimentados con dietas sin prolina. Se observaron mejoras en el índice de crecimiento y en la eficiencia de la utilización alimentaria cuando se complementaba la dieta con prolina. No está claro qué aves de corral requieren estos aminoácidos y en qué condiciones. Sin embargo, la respuesta de las aves de corral a los complementos alimentarios de glicina, serina y prolina indican que los aminoácidos que sintetizan, en algunas condiciones fisiológicas, pueden no ser sintetizados en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades (Church *et al.*, 2003).

La alimentación durante los primeros días de vida es fundamental para el desarrollo posterior del pollito, teniendo gran relevancia la nutrición proteica. En un estudio en el cual se evaluaron distintas dietas que diferían en la incorporación de proteínas entre los días 0 y 7 de vida, se comprobó que existe una correlación moderada (0,67) entre el consumo de proteína a los 7 días de edad con el peso vivo final. Junto con esto, mediante el coeficiente de determinación calculado se pudo hallar que el 45% de la variación del peso final depende del consumo de proteína a los 7 días (Martín *et al.*, 2002).

No existe total acuerdo en esto. Según Mateos *et al.* (2002), diferencias en la productividad debidas a cambios nutricionales en la ración de preinicio o en el retraso en el acceso al alimento tienden a desaparecer con la edad.

#### 4.7. Vitaminas y Minerales

Las vitaminas son una categoría amplia de nutrientes que, desde siempre, se han agrupado como micronutrientes orgánicos que son absolutamente esenciales en la alimentación. Las aves de corral requieren 13 vitaminas (Church *et al.*, 2003).

El ave puede sintetizar algunas vitaminas, pero en general no en cantidad suficiente para satisfacer las demandas fisiológicas de las aves de corral jóvenes, en crecimiento, o de las gallinas ponedoras. Éstas incluyen a la niacina y la vitamina D<sub>3</sub>, las cuales se sintetizan a partir del triptófano en el hígado y del 7-dehidrocolesterol en la piel, respectivamente. La síntesis de vitamina que realiza la microflora del ciego y el intestino grueso puede aportar algunas vitaminas B al ave de corral. No se sabe si las vitaminas se absorben en el ciego. Las aves de corral son coprofágicas y mediante la digestión de las heces ingeridas, estas vitaminas pueden contribuir a la nutrición vitamínica de éstas (Church *et al.*, 2003).

Los aproximadamente 13 elementos inorgánicos que necesitan las aves de corral realizan una amplia variedad de funciones. Además de tener importantes funciones en el metabolismo celular, el Ca y el P son los principales elementos estructurales de los huesos y el Ca es el elemento principal de la cáscara del huevo. El Na, el K y el Cl tienen funciones fisiológicas en el equilibrio ácido-base, en el equilibrio hídrico y en el transporte de membrana. Los demás minerales son co-factores en una amplia variedad de reacciones enzimáticas. Las aves de corral, como otros animales, requieren Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Mo, I y Se (Church *et al.*, 2003).

#### 4.8. Alimentación

Una característica distintiva de los pollos broiler modernos es su crecimiento rápido, la acumulación de una gran proporción de músculo en pecho y piernas y su inactividad relativa en comparación con pollos de razas o híbridos más ligeros que se usan para la producción de huevos. El índice de crecimiento disminuye con la edad, lo que resulta en una disminución progresiva de las necesidades de nutrientes a medida que el pollo se acerca a la edad de comercialización (Church *et al.*, 2003).

La dieta de inicio, que se suministra durante 2 a 3 semanas, tiene mayores concentraciones de aminoácidos y otros nutrientes que la dieta de crecimiento y las dietas de finalización, las cuales tienen progresivamente menos aminoácidos y algunos otros nutrientes. La dieta de finalización tiene una mayor relación energía/proteína que las de inicio y crecimiento para aumentar la acumulación de tejido adiposo subcutáneo (Church *et al.*, 2003).

Como otros animales no rumiantes, las aves de corral requieren alimentos que puedan ser digeridos por las enzimas secretadas por los tejidos y órganos asociados del conducto digestivo. En general, estos alimentos tienen poca fibra, pero mucha proteína, almidón y lípidos. Los aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos que se absorben de estos alimentos son, con pocas excepciones, fácilmente metabolizados por las aves de corral (Church *et al.*, 2003).

Los alimentos para aves de corral incluyen de manera común granos ricos en energía como maíz y, a menudo, ingredientes con cantidad media de energía como cebada y avena, en combinación con ingredientes ricos en proteína como soya, harina de carne y hueso, harina de pescado y otros. Las dietas suelen incluir complementos de grasa o aceite, así como fuentes de minerales o vitaminas (Church *et al.*, 2003).

Los aditivos no nutritivos de las dietas para aves incluyen en general antioxidantes para ayudar a estabilizar las vitaminas y ácidos grasos insaturados que se añaden a la dieta (Church *et al.*, 2003).

##### 5. *Hidrolizados Proteicos de Pescado*

Hidrolizados proteicos de pescado (HPP) se consideran generalmente a los productos licuados obtenidos del pescado por la acción de enzimas proteolíticas bajo condiciones de digestión aceleradas (Mackie, 1982).

Las proteínas más comúnmente utilizadas para la producción de hidrolizados proteicos son las derivadas de la leche (caseína, lactoalbúmina y las proteínas del suero), soya, carne y pescado (Neves *et al.*, 2004).

Las proteínas musculares del pescado presentan la ventaja de poseer un elevado valor biológico, resultado de una alta sensibilidad a la hidrólisis y de una composición balanceada de aminoácidos, particularmente de aquellos que son limitantes en proteínas de origen vegetal, como la metionina y cisteína. Otra ventaja del uso del pescado es el hecho

de que las especies utilizadas son poco adecuadas para su uso como filetes y de menor valor comercial (Neves *et al.*, 2004).

No existen datos que posibiliten determinar con claridad cual especie de pescado es la más adecuada para el procedimiento hidrolítico. La elección de la materia prima depende de la disponibilidad del fabricante y de las especificaciones exigidas por el cliente. La materia prima actualmente utilizada son los descartes comestibles del procesamiento del pescado magro (Furlan y Oetterer, 2002).

Los hidrolizados proteicos pueden ser obtenidos básicamente por tres métodos: la hidrólisis alcalina, la hidrólisis enzimática y la hidrólisis ácida (Furlan y Oetterer, 2002).

La hidrólisis ácida, con el empleo de ácido clorhídrico, es practicada industrialmente utilizando proteínas de origen vegetal, siendo preferida debido a su costo relativamente reducido, su rapidez y la producción de un sabor agradable (Macleod y Seyydain-Ardebili, 1981 citado por Furlan y Oetterer, 2002).

La hidrólisis alcalina es un proceso permitido corrientemente para el tratamiento de todas las categorías de productos animales. Para residuos de alimentos marinos, la hidrólisis alcalina requiere la operación a 150°C por una hora, usando una solución alcalina de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o una combinación de ambos. El hidróxido de potasio se considera el álcali preferido. El material es disuelto e hidrolizado en moléculas pequeñas, produciendo finalmente un material alcalino estéril. La hidrólisis alcalina es considerada un tratamiento de mediano a alto costo (SEAFISH, s.f.).

La hidrólisis enzimática practicada en el pescado es un método alternativo, cuyo objetivo es la recuperación de proteínas de especies subutilizadas o de residuos de procesamiento que serían desperdiciados. Este procedimiento implica el empleo de enzimas proteolíticas, de distintos orígenes, que actúan como catalizadores biológicos acelerando la hidrólisis de las proteínas. Finalmente, esto resulta en la formación de dos fracciones: soluble e insoluble (Furlan y Oetterer, 2002).

Los HPP obtenidos por hidrólisis enzimática controlada, se cuentan entre los mejores hidrolizados proteicos en términos de propiedades nutricionales, composición aminoacídica balanceada y alta digestibilidad (Kristinsson y Rasco, 2000 citado por Thiansilakul *et al.*, 2007).

La hidrólisis enzimática presenta indudables ventajas frente a la tradicional hidrólisis química, ácida o alcalina, entre las que cabe mencionar las siguientes (Guadix *et al.*, 2000; Diniz y Martin, 1999 citado por Furlan y Oetterer, 2002):

- Selectividad: Las enzimas son específicas para un tipo determinado de enlace y, por tanto, no es frecuente la aparición de productos de degradación. En cambio, la poca selectividad de los ataques ácidos y básicos y su difícil control conduce inevitablemente a la aparición de productos de degradación que pueden llegar a ser tóxicos.
- Condiciones moderadas de temperatura y pH: La hidrólisis enzimática transcurre generalmente en el intervalo de 40° y 60° C y pH comprendido entre 4 y 8.

- Tasa de hidrólisis controlada a través de la inactivación de la enzima por calor.
- No se añaden sustancias extrañas: Evidentemente no es así en los procesos de hidrólisis química, ya que la necesaria neutralización posterior eleva considerablemente el contenido en sales.
- Se mantiene el valor nutritivo ya que no se produce degradación de los componentes separados, mientras que la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos arginina y cisteína y la hidrólisis ácida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos serina y treonina.
- El producto final presenta atractivas propiedades funcionales, como solubilidad y dispersión.

La composición de un HPP en general refleja la composición de la materia prima que le da origen. La composición típica de un hidrolizado proteico producido a partir de un pez magro en base a materia seca es de 85% - 90% de proteínas, 2% - 4% de lípidos y 6% - 7% de cenizas (Furlan y Oetterer, 2002). El alto contenido proteico es el resultado de la disolución de la proteína durante la hidrólisis, la remoción de sustancias no proteicas insolubles no digeridas y la remoción parcial de los lípidos después de la hidrólisis (Benjakul y Morrisey, 1997 citado por Thiansilakul *et al.*, 2007).

Los aminoácidos presentes en los hidrolizados son semejantes a los de la proteína original cuando no es separada la fracción insoluble, mientras que la calidad proteica es un poco inferior si se considera solamente la fracción soluble. En ese caso, la composición aminoacídica depende del grado de hidrólisis obtenido (Furlan y Oetterer, 2002).

La hidrólisis enzimática por ser realizada en condiciones suaves y controladas, permite la mantención de las cualidades nutricionales de los hidrolizados y de un perfil peptídico definido y reproducible (Neves *et al.*, 2004).

Los factores que van a incidir en el grado de hidrólisis son: la temperatura, el pH, el tiempo correspondiente a la duración de la reacción enzimática, la concentración del preparado enzimático y la concentración del sustrato (Mukhin *et al.*, 2001). A pesar que el rendimiento de los hidrolizados depende de diversos factores, la especificidad de la enzima y de su actividad específica posee un efecto pronunciado (Neves *et al.*, 2004).

Frecuentemente, los HPP presentan un sabor amargo, cuya intensidad depende del grado de hidrólisis y de la especificidad de la proteasa, es decir, del tamaño de los péptidos generados y de la intensidad de ruptura de enlaces. Se cree que el sabor amargo deriva de la exposición de aminoácidos hidrofóbicos a un ambiente acuoso, debido a que el peso molecular es tal que no se pueden esconder al interior de la proteína, como sucede con la proteína intacta (Furlan y Oetterer, 2002).

Las posibilidades que se presentan a la hora de elegir una enzima para la obtención de un HPP son múltiples. Existe una gran variedad de enzimas según atendamos a su origen, tipo de reacción catalizada, naturaleza del centro catalítico, especificidad de sustrato, entre otros (Aurrekoetxea y Perera, 2002).

Originalmente, las primeras enzimas proteolíticas utilizadas en la industria alimentaria fueron proteasas pancreáticas de origen animal (Guadix *et al.*, 2000).

Actualmente la mayoría de las proteasas comerciales pueden ser utilizadas para solubilizar la proteína del pescado. Como se mencionó anteriormente, atendiendo a su origen, las enzimas proteolíticas pueden ser producidas a partir de plantas, animales o microorganismos. Los microorganismos proteolíticos parecen ser la fuente más promisoría de proteasas, pues producirían una mayor variedad de enzimas específicas en comparación a plantas y animales. Microorganismos productores de proteasas son comunes entre los géneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Aspergillus*, *Streptomyces* y *Rhizopus* (Furlan y Oetterer, 2002).

Las proteasas pueden clasificarse según (Guadix *et al.*, 2000):

- El origen: Animal, vegetal, bacteriano o fúngico.
- Su acción catalítica: En endopeptidasas o proteinasas si rompen al azar el interior de las cadenas peptídicas, y exopeptidasas o peptidasas, si separan aminoácidos y dipéptidos de los extremos de las cadenas polipeptídicas.
- La naturaleza del sitio catalítico: Así las endopeptidasas pueden ser serino-, cisteína-, metalo- o aspartato-proteinasas y las exopeptidasas amino-, carboxi- o dipeptidasas.

La primera aplicación de los HPP fue como fuente de nitrógeno para el cultivo de microorganismos, demostrando que la carne de pescado hidrolizada enzimáticamente propicia un mejor desarrollo bacteriano que los hidrolizados preparados por hidrólisis química (Furlan y Oetterer, 2002).

Actualmente, varios tipos de hidrolizados proteicos son usados en microbiología, medicina y la industria alimentaria (Mukhin *et al.*, 2001).

Dentro de las aplicaciones médicas, usualmente se utilizan hidrolizados proteicos de bajo peso molecular, de preferencia di y tripéptidos, para el tratamiento clínico de pacientes que presentan complicaciones gastrointestinales, desnutrición asociada a procesos tumorales, quemaduras u otros traumas, diarrea aguda o crónica, alergias alimentarias, o desórdenes del metabolismo de aminoácidos como la fenilcetonuria. Esto es debido a que los hidrolizados proteicos ricos en péptidos de bajo peso molecular presentan una excelente absorción gastrointestinal y una baja osmolalidad, siendo mejor utilizados por los organismos que las proteínas intactas o los aminoácidos libres (Neves *et al.*, 2004).

En el área de la alimentación animal, se ha descrito que los hidrolizados proteicos son efectivos como sustitutos lácteos en la alimentación de terneros y cerdos y como suplemento proteico en raciones para peces, aves y animales domésticos (Furlan y Oetterer, 2002).

En un estudio realizado en corvina amarilla, la incorporación de HPP al 10% de la ración mejoró el crecimiento absoluto y relativo de la mencionada especie. Además se comprobó que el uso de esta fuente proteica tiene efectos sobre el sistema inmunológico como (Tang *et al.*, 2008):

- Aumentar la actividad de la lisozima.

- Aumentar los niveles de C3 y C4 en el suero (factores del complemento).
- Aumentar los niveles de IgM en el suero.

En ratas, la utilización de hidrolizados proteicos mostró una mayor retención de nitrógeno que el uso de proteínas enteras, siendo el patrón aminoacídico el mismo que el de la proteína nativa, sin presentar diferencias en el nivel de proteínas séricas ni en la ganancia de peso (Boza *et al.*, 1995).

## 6. Péptidos Bioactivos

Otro campo de estudio y de aplicación para los hidrolizados proteicos es la obtención de péptidos pequeños, biológicamente activos, los cuales pueden desempeñar variadas funciones, regulando o inhibiendo alguna actividad enzimática, actuando como antibióticos, hormonas, agentes antivirales, antibacterianos o inmunomoduladores (Neves *et al.*, 2004).

Las proteínas funcionales y los péptidos bioactivos son proteínas y péptidos que, además de su valor nutricional por ser fuentes de aminoácidos, son capaces de ejercer efectos biológicos específicos, beneficiosos para alguna función corporal del individuo, produciendo una mejora en su salud y bienestar o reduciendo un riesgo de enfermedad (Vioque y Millán, s.f.). La literatura científica evidencia que los péptidos bioactivos pueden ejercer su acción tanto a nivel local (tracto gastrointestinal) como sistémico, ya que pueden atravesar el epitelio intestinal y llegar a tejidos periféricos a través de la circulación sanguínea (Martínez y Martínez, 2006).

Estos péptidos bioactivos, son secuencias de aminoácidos de pequeño tamaño, entre 2 y 15 aminoácidos, inactivos dentro de la proteína intacta pero que pueden activarse al ser liberados bien durante la digestión del alimento en el organismo del individuo o por un procesamiento previo del mismo (Vioque y Millán, s.f.).

## **HIPÓTESIS**

La incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en las dietas de preinicio de pollos broiler aumenta el crecimiento de músculos de interés comercial de las aves.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en la dieta de preinicio de pollos broiler sobre el crecimiento de músculos de interés comercial de las aves durante un ciclo productivo completo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el efecto de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en la dieta de preinicio de pollos broiler sobre el crecimiento de piezas comerciales y músculos seleccionados luego de la fase de preinicio (14 días).
2. Determinar el efecto de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en la dieta de preinicio de pollos broiler sobre el crecimiento de piezas comerciales y músculos seleccionados luego de un ciclo productivo completo (42 días).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

630 pollos broiler machos de la línea Ross 308 de un día de edad fueron distribuidos en 30 corrales de piso con 21 pollos cada uno luego de un proceso de estandarización de pesaje. Durante el transcurso del experimento las aves recibieron cuatro dietas, una para cada periodo de crianza, acordes a los estándares de la crianza comercial de pollos de engorda:

- Preinicio: Entre los días 1 y 14 de edad.
- Inicio: Entre los días 15 y 21 de edad.
- Intermedio: Entre los días 22 y 35 de edad.
- Final: Entre los días 36 y 42 de edad.

Durante el periodo de preinicio las aves fueron sometidas a los tratamientos, para lo cual cada corral fue asignado aleatoriamente a una de seis dietas, conformándose así los siguientes grupos experimentales:

- Tratamiento 1: Dieta control en base a Maíz – Soya.
- Tratamiento 2: Dieta en base a Maíz – Soya con la incorporación de HPP Activium® EP120 a 1,6%.
- Tratamiento 3: Dieta en base a Maíz – Soya con la incorporación de HPP Activium® EP127 a 1,6%.
- Tratamiento 4: Dieta en base a Maíz – Soya con la incorporación de HPP Activium® EP138 a 1,6%.

- Tratamiento 5: Dieta en base a Maíz – Soya con la incorporación de HPP Activium® EP S a 1,6%.
- Tratamiento 6: Dieta en base a Maíz – Soya con la incorporación de HPP Activium® EP MX a 1,8%.

Las seis dietas fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas y se presentaron pelletizadas quebrantadas de acuerdo al estándar de la industria. La composición calculada de las dietas se muestra en el anexo N°1. La alimentación, al igual que el consumo de agua, fue *ad-libitum*, y los corrales presentaron una densidad de 12,5 pollos/m<sup>2</sup>.

Durante el periodo de preinicio, las aves recibieron sus dietas de acuerdo al tratamiento asignado. Las dietas para los periodos inicio, intermedio y final fueron comunes para todas las aves y su composición calculada se encuentra en el anexo N°2. Todas las dietas fueron muestreadas y analizadas mediante un análisis químico proximal.

El estudio fue realizado en la “Unidad Experimental de Producción y Nutrición Avícola” de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, en un pabellón experimental de estructura convencional con ventilación natural y calefacción mediante campanas a gas con control de temperatura por termostato.

#### *Evaluación del crecimiento de pechuga y trutro largo al finalizar el periodo preinicio*

Una vez finalizado el periodo de preinicio (día 14), se realizó la evaluación del crecimiento de pechuga y trutro largo y sus respectivos músculos de importancia comercial,

para lo cual se obtuvieron al azar 15 aves por tratamiento con las cuales se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Los pollos fueron pesados individualmente y sacrificados mediante dislocación cervical.
2. De la carcasa fueron removidos la pechuga con hueso y el trutro largo derecho de cada pollo, de acuerdo a la NCh 2773 (Chile - Instituto Nacional de Normalización, 2005), ambos sin piel, procediéndose a registrar su peso. Posteriormente se realizó la separación de los músculos Pectorales, Gastrocnemio y Peroneo largo, cuyos pesos también fueron registrados.
3. Finalmente, los pesos de las piezas y/o de los músculos anteriormente señalados se utilizaron para calcular su rendimiento porcentual en relación al peso del pollo vivo.

#### *Evaluación del crecimiento de pechuga y trutro largo al término del ciclo productivo*

Luego de 42 días, una vez finalizado el ciclo productivo, se procedió a evaluar nuevamente el crecimiento de pechuga y trutro largo y sus respectivos músculos de importancia comercial. Para esto, se seleccionaron al azar 15 aves por tratamiento, las cuales fueron pesadas, marcadas y trasladadas a matadero, donde fueron beneficiadas de acuerdo a los procedimientos estándar. Las canales fueron recuperadas y sometidas al siguiente procedimiento:

1. Pesaje individual de las canales.

2. De la carcasa fueron removidos la pechuga con hueso y el trutro largo derecho de cada pollo, ambos sin piel, registrándose su peso. Posteriormente se realizó la separación de los músculos Pectorales, Gastrocnemio y Peroneo largo, cuyos pesos también fueron registrados.
3. Finalmente, los pesos de las piezas y/o de los músculos anteriormente señalados se utilizaron para calcular su rendimiento porcentual en relación al peso de la canal.

### *Análisis estadístico*

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) considerando un diseño completamente al azar. Para esto, se utilizó el programa InfoStat<sup>1</sup>. Los valores en porcentaje fueron transformados según la función raíz del arcoseno (Sokal y Rohlf, 1968), previo al ANDEVA. Las variables que presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) fueron sometidas a una prueba de Tukey de comparación de medias.

El modelo utilizado para el diseño estadístico corresponde a:

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

Donde:

- $Y_{ij}$  = respuesta observada
- $\mu$  = media poblacional
- $T_i$  = efecto de tratamiento ( $i= 1, \dots, 6$ )
- $\varepsilon_{ij}$  = error individual

---

<sup>1</sup> InfoStat (2004). *InfoStat versión 2004*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

## **RESULTADOS**

El efecto de los tratamientos sobre las variables estudiadas, al final del periodo de preinicio (14 días), se muestra en las tablas N°1 y 2.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas al finalizar el periodo de preinicio. Esto incluye tanto los valores absolutos como las relaciones entre las distintas piezas y músculos entre sí como con el peso corporal. Sin embargo, los hidrolizados proteicos tendieron a un mayor peso de sacrificio que el control maíz-soya.

El efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de la canal fría y sobre las variables estudiadas al término del ciclo productivo (42 días) se muestran en las tablas N°3, 4 y 5. En este caso, tampoco se encontraron diferencias significativas al término del estudio para los valores absolutos ni las relaciones entre piezas y músculos entre sí ni con el peso de la canal fría.

TABLA N°1

*Peso de sacrificio y peso de pechuga, trutro largo, músculos Pectorales y Gastrocnemio más Peroneo largo (G+P) al término del periodo de preinicio (14 días) para los distintos tratamientos.<sup>1</sup>*

Tratamiento	Peso Sacrificio (g)	Peso Pechuga (g)	Peso Trutro Largo (g)	Peso Mm Pectorales (g)	Peso Mm G+P (g)
Control Maíz-Soya	411 ± 46	71,27 ± 12,95	36,13 ± 4,66	55,86 ± 8,82	2,92 ± 0,59
EP 120 (1,6%)	425 ± 36	71,20 ± 9,22	37,73 ± 4,40	56,20 ± 6,45	3,13 ± 0,51
EP 127 (1,6%)	439 ± 30	77,67 ± 9,58	40,07 ± 3,92	62,39 ± 6,83	3,27 ± 0,42
EP 138 (1,6%)	424 ± 26	75,40 ± 7,67	37,67 ± 3,46	58,79 ± 6,50	3,13 ± 0,37
EP S (1,6%)	411 ± 45	70,00 ± 8,73	37,13 ± 4,31	55,31 ± 8,41	2,83 ± 0,31
EP MX (1,8%)	426 ± 33	72,40 ± 8,62	38,13 ± 4,41	58,33 ± 9,41	3,07 ± 0,44
p=	0,3047	0,2319	0,2192	0,1418	0,1462

<sup>1</sup> Media ± desviación estándar

TABLA N°2

*Relaciones porcentuales obtenidas entre los pesos de las distintas piezas y músculos entre sí y con respecto al peso corporal al término del periodo de preinicio (14 días) para los distintos tratamientos.<sup>1</sup>*

Tratamiento	Pechuga/ Sacrificio (%)	Trutro Largo/ Sacrificio (%)	Mm Pectorales/ Sacrificio (%)	Mm G+P <sup>2</sup> / Sacrificio (%)	Mm Pectorales/ Pechuga (%)	Mm G+P/ Trutro Largo (%)
Control Maíz-Soya	17,21 ± 1,47	8,78 ± 0,43	13,54 ± 1,11	0,71 ± 0,10	78,86 ± 5,31	8,03 ± 0,90
EP 120 (1,6%)	16,73 ± 1,18	8,88 ± 0,58	13,21 ± 0,67	0,73 ± 0,07	79,21 ± 4,45	8,27 ± 0,55
EP 127 (1,6%)	17,62 ± 1,15	9,12 ± 0,69	14,18 ± 0,94	0,74 ± 0,06	80,55 ± 4,38	8,18 ± 0,88
EP 138 (1,6%)	17,78 ± 1,08	8,88 ± 0,44	13,88 ± 1,18	0,74 ± 0,07	78,15 ± 5,94	8,32 ± 0,67
EP S (1,6%)	17,04 ± 1,25	9,05 ± 0,69	13,41 ± 1,00	0,69 ± 0,05	78,87 ± 5,58	7,86 ± 0,44
EP MX (1,8%)	16,97 ± 1,10	8,94 ± 0,56	13,63 ± 1,38	0,72 ± 0,07	80,42 ± 7,21	8,03 ± 0,78
p=	0,1598	0,6353	0,1888	0,3833	0,7980	0,6013

<sup>1</sup> Media ± desviación estándar

<sup>2</sup> Músculos Gastrocnemio + Peroneo largo

TABLA N°3

*Rendimiento de la canal fría para los distintos tratamientos al término del ciclo productivo (42 días).<sup>1</sup>*

Tratamiento	Rendimiento de la canal (%)
Control Maíz-Soya	72,39 ± 2,81
EP 120 (1,6%)	74,14 ± 1,43
EP 127 (1,6%)	72,61 ± 2,76
EP 138 (1,6%)	73,53 ± 1,13
EP S (1,6%)	73,74 ± 3,96
EP MX (1,8%)	74,18 ± 1,92
p=	0,2675

---

<sup>1</sup> *Media ± desviación estándar*

TABLA N°4

*Peso vivo y peso de canal, pechuga, trutro largo, músculos Pectorales y Gastrocnemio más Peroneo largo (G+P) al término del ciclo productivo (42 días) para los distintos tratamientos.<sup>1</sup>*

Tratamiento	Peso Vivo (g)	Peso Canal (g)	Peso Pechuga (g)	Peso Trutro Largo (g)	Peso Mm Pectorales (g)	Peso Mm G+P (g)
Control Maíz-Soya	3016 ± 252	2182 ± 190	677 ± 63	281 ± 37	584 ± 58	26,03 ± 3,42
EP 120 (1,6%)	2904 ± 255	2154 ± 208	676 ± 67	275 ± 37	588 ± 61	25,20 ± 3,54
EP 127 (1,6%)	2891 ± 238	2100 ± 202	650 ± 78	276 ± 24	557 ± 70	25,68 ± 2,05
EP 138 (1,6%)	3026 ± 268	2226 ± 203	690 ± 65	290 ± 30	588 ± 57	25,53 ± 2,29
EP S (1,6%)	2812 ± 203	2072 ± 156	639 ± 58	269 ± 32	551 ± 64	24,82 ± 2,40
EP MX (1,8%)	2868 ± 397	2130 ± 313	646 ± 122	279 ± 41	556 ± 124	25,85 ± 5,28
p=	0,2247	0,4280	0,4047	0,6861	0,5340	0,9319

<sup>1</sup> Media ± desviación estándar

TABLA N°5

*Relaciones porcentuales obtenidas entre los pesos de las distintas piezas y músculos entre sí y con respecto al peso de la canal fría al término del ciclo productivo (42 días) para los distintos tratamientos.<sup>1</sup>*

Tratamiento	Pechuga/ Canal (%)	Trutro Largo/ Canal (%)	Mm Pectorales/ Canal (%)	Mm G+P <sup>2</sup> / Canal (%)	Mm Pectorales/ Pechuga (%)	Mm G+P/ Trutro Largo (%)
Control Maíz-Soya	31,04 ± 1,46	12,82 ± 0,83	26,78 ± 1,45	1,19 ± 0,09	86,28 ± 2,03	9,29 ± 0,50
EP 120 (1,6%)	31,53 ± 3,14	12,77 ± 1,33	27,42 ± 2,89	1,17 ± 0,15	86,94 ± 2,00	9,19 ± 0,76
EP 127 (1,6%)	30,94 ± 1,76	13,22 ± 1,11	26,51 ± 1,97	1,23 ± 0,08	85,65 ± 2,43	9,31 ± 0,52
EP 138 (1,6%)	31,04 ± 2,10	13,06 ± 1,13	26,44 ± 1,34	1,15 ± 0,07	85,30 ± 2,88	8,86 ± 0,89
EP S (1,6%)	30,84 ± 1,08	12,96 ± 0,74	26,53 ± 1,61	1,20 ± 0,07	85,96 ± 3,16	9,27 ± 0,71
EP MX (1,8%)	30,11 ± 2,04	13,13 ± 0,82	25,79 ± 2,87	1,20 ± 0,10	85,42 ± 4,70	9,20 ± 0,88
p=	0,5863	0,8125	0,4607	0,3475	0,7391	0,5137

<sup>1</sup> Media ± desviación estándar

<sup>2</sup> Músculos Gastrocnemio + Peroneo largo

## **DISCUSIÓN**

Si bien no hubo resultados significativos en este estudio, existen diferencias importantes entre las dietas formuladas y los resultados del análisis químico proximal realizado (anexos N°1, 2 y 3). Por lo mismo, es necesario aislar el efecto que tiene esta diferencia entre la formulación y las dietas antes de analizar el impacto que tienen los hidrolizados en sí mismos en los resultados productivos.

Cuando se compara el contenido proteico de las dietas y el contenido proteico estimado con el consumo de alimento, se evidencia que el consumo de proteína fluctúa entre 7 y 12,8 g menos de lo esperado para los primeros 14 días de vida, de acuerdo al tratamiento evaluado (ver anexo N°5). Sin embargo, siempre el consumo de proteína de la dieta control en base a Maíz-Soya es estadísticamente igual a todos los tratamientos que incorporan HPP.

Es posible que el menor consumo de proteína de todos los tratamientos durante el periodo de preinicio impidiera que se expresaran diferencias en el desarrollo muscular. Esto es así debido a que, si bien el consumo de proteína de todos los tratamientos es estadísticamente igual al obtenido por la dieta control, es el procesamiento de la proteína y no el consumo aquello que le permitiría lograr un mayor tamaño de músculos. De esta forma, el consumo de proteína pudiera ser insuficiente para expresar el potencial del producto.

Por otro lado, existen diferencias estadísticamente significativas en el consumo de proteínas entre los distintos HPP que sí pudiesen afectar la comparación de los resultados obtenidos por cada tratamiento, siendo el consumo de proteína de los hidrolizados Activium® EP138 y EP S estadísticamente menor que el de los hidrolizados Activium® EP120 y EP MX.

Con respecto a las dietas comunes a todas las aves, en los casos de las dietas intermedio y final el análisis químico proximal arrojó valores de proteína cruda mayores a los de las dietas formuladas. Sin embargo, el efecto de estas dietas es común sobre todos los tratamientos.

De acuerdo a Noy y Sklan (1997), la digestibilidad máxima de las proteínas en los pollos se alcanza recién a los 14 días de vida. Esto, sumado a que la máxima absorción de aminoácidos se alcanza al momento de la eclosión y días posteriores (Austic, 1985) permite predecir que la adición de un producto proteico pre-hidrolizado durante el periodo comprendido entre los días 1 y 14 de edad debiera favorecer la absorción de nitrógeno y el consecuente crecimiento muscular, aumentando significativamente el peso final de las aves (Martin *et al.*, 2002). Los resultados obtenidos muestran que, o bien el grado de hidrólisis es insuficiente para promover una mayor absorción gastrointestinal de aminoácidos, o esta mayor absorción no alcanza a aumentar el crecimiento muscular de manera significativa.

Puede resultar conveniente evaluar el efecto que tienen los HPP sobre la síntesis y degradación proteica que se produce en la célula muscular durante este periodo. La alta presión de selección realizada sobre las aves por tasa de crecimiento y masa muscular

puede incidir en que mayor disponibilidad de aminoácidos durante este periodo aumente tanto la síntesis como la degradación proteica, tal como lo plantean Urdaneta-Rincón y Leeson (2004), disminuyendo la eficiencia con que hacen uso del alimento y resultando en cambios insignificantes en el crecimiento muscular.

De acuerdo a Neves *et al.* (2004), los hidrolizados proteicos de bajo peso molecular son aquellos que presentan la mejor absorción gastrointestinal y, por lo tanto, ofrecerían los mejores resultados en el aprovechamiento de la proteína por parte de las aves. Sin embargo, a medida que aumenta el grado de hidrólisis aumenta también el sabor amargo de este producto (Furlan y Oetterer, 2002), perjudicando su palatabilidad. Por lo tanto, es necesario conocer el grado de hidrólisis de los productos utilizados y ajustar el porcentaje de inclusión de éstos en la formulación de acuerdo al efecto que tengan sobre el consumo de alimento, especialmente en un periodo de la vida de las aves en que sus requerimientos nutricionales son muy elevados y cualquier disminución en el consumo afectaría negativamente su desarrollo. Si bien los objetivos planteados en este experimento no incluyen la evaluación del consumo de alimento, es necesario mencionar que tal como se aprecia en el anexo N°4, la ausencia de resultados significativos no se debe a un menor consumo de alimento por parte de las aves cuyas dietas contenían HPP.

También resulta importante conocer el perfil aminoacídico de los HPP, debido a que la utilización de tan sólo la fracción soluble del hidrolizado produce una merma en la calidad de la proteína. Pese a que la hidrólisis enzimática mantiene el valor nutritivo de la materia prima que le da origen, la composición aminoacídica depende del grado de

hidrólisis obtenido (Furlan y Oetterer, 2002) y, por lo tanto, para obtener péptidos más pequeños y favorecer la absorción, la calidad proteica resulta disminuida.

A la hora de analizar los resultados obtenidos por los distintos HPP, se deben considerar también las diferencias en la incorporación de éstos en las distintas dietas utilizadas. El hidrolizado Activium® EP MX es incluido en mayor medida que los otros HPP. La ausencia de otros parámetros de comparación, más allá del resultado productivo, impide reconocer si los efectos que se producen se deben al procesamiento del HPP o a la mayor o menor incorporación de éste.

Según Mateos *et al.* (2002), las diferencias en la productividad debidas a cambios nutricionales en la ración de preinicio tienden a desaparecer con la edad. De esta forma, tal vez sería conveniente el plantearse la posibilidad de utilizar los hidrolizados proteicos durante otra fase de crianza. Tomando en cuenta que la alimentación tiene un mayor impacto en la pechuga que en los trutros (Tesseraud *et al.*, 2003; Das *et al.*, 2008) y que el mayor crecimiento de la pechuga se obtiene alrededor de 4 días después de alcanzado el máximo peso corporal (Morán y Bilgili, 1993 citado por Scheuermann *et al.*, 2003), la utilización de los hidrolizados proteicos en la dieta final podría tener ventajas por sobre su utilización en la dieta de preinicio. La evidencia de que la absorción de péptidos es más rápida que la absorción de aminoácidos (Webb, 1990) permite su empleo en esta etapa. Sin embargo, si bien su uso en la etapa final podría aumentar el rendimiento de la pechuga desde un punto de vista estrictamente productivo, es necesario realizar la evaluación económica correspondiente.

Dentro de la formulación del estudio cabe cuestionarse la ausencia de un tratamiento control que incorpore un ingrediente proteico animal. La comparación de 5 dietas basadas en proteína de pescado con una dieta control cuya fuente de proteína es la soya deja abierta la posibilidad de que los resultados no se deban al procesamiento de la proteína, sino tan sólo a diferencias en el perfil aminoacídico de la proteína animal comparado con la proteína vegetal.

## CONCLUSIONES

- La utilización de los HPP Activium® EP120, EP127, EP138, EP S y EP MX en la dieta de preinicio de pollos broiler a los niveles de incorporación empleados, no produce un aumento en el crecimiento de músculos seleccionados por su interés comercial con respecto a una dieta tradicional basada en Maíz-Soya al finalizar el periodo de preinicio, ni tampoco al finalizar el ciclo productivo.
- Es posible que parte de los resultados obtenidos se deban a las diferencias entre la composición calculada de la dietas y las dietas suministradas, junto con las diferencias en el porcentaje de inclusión de los distintos HPP.
- Hace falta una mayor información sobre los HPP utilizados, incluyendo su grado de hidrólisis y su perfil aminoacídico, para lograr una comparación más precisa y detallada.

## BIBLIOGRAFÍA

- **APA - ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AVÍCOLAS DE CHILE.** 2008. Descripción del sector avícola. [en línea] <[http://www.apa.cl/index/plantilla1.asp?id\\_seccion=2&id\\_subsecciones=8](http://www.apa.cl/index/plantilla1.asp?id_seccion=2&id_subsecciones=8)> [consulta: 17-06-2008].
- **AURREKOETXEA, G; PERERA, M.** 2002. Aprovechamiento de recursos pesqueros infrautilizados para la obtención de alimentos mejorados para el cultivo de peces. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 18(1-4):87-93.
- **AUSTIC, R.** 1985. Development and adaptation of protein digestion. J. Nutr. 115:686-697.
- **BEHNKE, K; BEYER, R.** 2002. Effect of feed processing on broiler performance. [en línea] Santiago, Chile **In:** VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. <[www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf](http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf)> [consulta: 17-11-2008].
- **BENJAKUL, S; MORRISEY, M.** 1997. Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. J. Agr. Food Chem. 45:3423-3430 (citado por Thiansilakul, Y; Benjakul, S; Shahidi, F. 2007. Compositions, functional properties and antioxidative activity of protein hydrolysates prepared from round scad (*Decapterus maruadsi*). Food Chem. 103:1385-1394).
- **BOZA, J; MARTÍNEZ-AUGUSTIN, O; BARÓ, L; SUAREZ, M; GIL, A.** 1995. Protein v. enzymic protein hydrolysates. Nitrogen utilization in starved rats. Brit. J. Nutr. 73:65-71.
- **CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN.** 2005. NCh2773.Of2005. Aves trozadas – Definición de cortes. 14 p.
- **CHURCH, D.C.; POND, W.G.; POND, K.R.** 2003. Nutrición y alimentación de animales. 2ª ed. Editorial Limusa S.A. México D.F., México. 635 p.
- **CORZO, A; KIDD, M.** 2004. Amino acid nutrition and breast meat yield in broilers. [en línea] **In:** 2004 Annual North Carolina Poultry Nutrition

Conference.

<[www.ces.ncsu.edu/depts/poulsci/conference\\_proceedings/nutrition\\_conference/2004/corzo\\_2004.pdf](http://www.ces.ncsu.edu/depts/poulsci/conference_proceedings/nutrition_conference/2004/corzo_2004.pdf)> [consulta: 17-11-2008].

- **DAS, C; ROY, B; OSHIMA, I; MIYACHI, H; NISHIMURA, S; TABATA, S; IWAMOTO, H.** 2008. Carcass composition and skeletal muscle distribution in broilers produced under different nutrition regimes-2. Male broilers fed for rapid later growth following severe nutritional restriction during early growth. *J. Fac. Agr.* 53(1):49-53.
- **DINIZ, F; MARTIN, A.** 1999. Hidrolisado proteico de pescado. **In:** Ogawa, M; Maia, E. *Manual de pesca.* Varela. Sao Paulo, Brasil. (citado por Furlan, E; Oetterer, M. 2002. Hidrolisado protéico de pescado. *Revista de Ciência & Tecnologia.* 10(19):79-89).
- **FURLAN, E; OETTERER, M.** 2002. Hidrolisado protéico de pescado. *Revista de Ciência & Tecnologia.* 10(19):79-89.
- **GEYRA, A; UNI, Z; SKLAN, D.** 2001. Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chicks. *Poultry Sci.* 80:776-782.
- **GONZÁLEZ, J.** 2000. Influencias de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. [en línea] <[www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc](http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc)> [consulta: 07-01-2009].
- **GUADIX, A; GUADIX, E; PÁEZ-DUEÑAS, M; GONZÁLEZ-TELLO, P; CAMACHO, F.** 2000. Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteína. *Ars Pharmaceutica.* 41(1):79-89.
- **HALEVY, O; GEYRA, A; BARAK, M; UNI, Z; SKLAN, D.** 2000. Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *J. Nutr.* 130:858-864.
- **HALEVY, O; KRISPIN, A; LESHEM, Y; McMURTRY, J; YAHAV, S.** 2001. Early-age heat exposure affects skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks. *Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol.* 281:302-309.

- **KRISTINSSON, H; RASCO, B.** 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties. *Crit. Rev. Food Sci.* 40:43-81 (citado por Thiansilakul, Y; Benjakul, S; Shahidi, F. 2007. Compositions, functional properties and antioxidative activity of protein hydrolysates prepared from round scad (*Decapterus maruadsi*). *Food Chem.* 103:1385-1394).
  
- **MACKIE, I.** 1982. General review of fish protein hydrolysates. (Abstract). *Anim. Feed Sci. Tech.* 7(2):113-124.
  
- **MACLEOD, G; SEYYDAIN-ARDEBILI, M.** 1981. Natural and simulated meat flavors. *Crit. Rev. Food Sci.* 14:309-347 (citado por Furlan, E; Oetterer, M. 2002. Hidrolisado protéico de pescado. *Revista de Ciência & Tecnologia.* 10(19):79-89).
  
- **MARTÍN, O; MADRAZO, G; RODRÍGUEZ, A.** 2002. Evaluación de dietas de preinicio en el comportamiento productivo de pollos de engorde. *Rev. Cubana de Ciencia Avícola.* 26:151-158.
  
- **MARTÍNEZ, O; MARTÍNEZ, E.** 2006. Proteínas y Péptidos en nutrición enteral. *Nutr. Hosp.* 21(2):1-14.
  
- **MATEOS, G; LÁZARO, R; GRACIA, M.** 2002. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. [en línea] Barcelona, España. **In:** XVIII Curso de Especialización Fedna. <[www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2002CAP\\_II.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2002CAP_II.pdf)> [consulta: 16-11-2008].
  
- **MOORE, D; FERKET, P; MOZDZIAK, P.** 2005. Muscle development in the late embryonic and early posthatch poult. *International Journal of Poultry Science.* 4(3):138-142.
  
- **MORAN, E.** s.f. Commercial broiler strains – body development, carcass downgrading, and meat quality problems. [en línea]. <[www.soyamex.com.mx/sp/Animal/LANCE%202005/aves/Dr.%20Moran/Comercial%20broiler.pdf](http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/LANCE%202005/aves/Dr.%20Moran/Comercial%20broiler.pdf)> [consulta: 17-11-2008].
  
- **MORAN, E; BILGILI, S.** 1993. Processing losses, carcass quality, and meat yields of broiler chickens receiving diets marginally deficient to adequate in lysine prior to marketing. *Poultry Sci.* 69:702-710 (citado por Scheuermann, G;

- Bilgili, S; Hess, J; Mulvaney, D. 2003. Breast muscle development in commercial broiler chickens. *Poultry Sci.* 82:1648-1658).
- **MOSS, F; SOMMONDS, R; McNARY, H.** 1964. The growth and composition of skeletal muscle in the chicken. 2. The relationship between muscle weight and the number of nuclei. *Poultry Sci.* 43:283-290 (citado por Halevy, O; Geyra, A; Barak, M; Uni, Z; Sklan, D. 2000. Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *J. Nutr.* 130:858-864).
  - **MUKHIN, V; NOVIKOV, V; RYZHIKOVA, L.** 2001. A protein hydrolysate enzymatically produced from the industrial waste of processing Icelandic scallop *Chlamys islandica*. *Appl. Biochem. Microbiol.* 37(3):338-343.
  - **NEVES, R; DE MIRA, N; LANFER, U.** 2004. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 24(1):101-108.
  - **NOY, Y; SKLAN, D.** 1997. Posthatch development in poultry. *J. Appl. Poultry Res.* 6:344-354.
  - **NOY, Y; SKLAN, D.** 1998. Metabolic responses to early nutrition. *J. Appl. Poultry Res.* 7:437-451.
  - **RIVAS, T.** 2007. Mercado de la carne de ave. [en línea]. <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=087DE70A951DF29E5BE1AF6A0DACE3CB?idcla=2&idcat=8&idn=1948>> [consulta: 17-06-2008].
  - **SCHEUERMANN, G; BILGILI, S; HESS, J; MULVANEY, D.** 2003. Breast muscle development in commercial broiler chickens. *Poultry Sci.* 82:1648-1658.
  - **SEAFISH.** s.f. Alkaline hydrolysis. [en línea] <[http://www.seafish.org/upload/file/waste\\_utilisation/Alkaline%20Hydrolysis.pdf](http://www.seafish.org/upload/file/waste_utilisation/Alkaline%20Hydrolysis.pdf)> [consulta: 27-03-2009].
  - **SKLAN, D; NOY, Y.** 2000. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poultry Sci.* 79:1306-1310.

- **SKLAN, D; HEIFETZ, S; HALEVY, O.** 2003. Heavier chicks at hatch improves marketing body weight by enhancing skeletal muscle growth. *Poultry Sci.* 82:1778-1786.
  
- **SKLAN, D; NOY, Y.** 2004. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. *Poultry Sci.* 83:952-961.
  
- **SOKAL, R.; ROHLF, J.** 1968. Hipótesis del análisis de varianza. **In:** *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica.* H. Blume Ediciones. Madrid, España. pp. 405-443.
  
- **STURKIE, P.** 1965. *Avian Physiology.* 2º ed. Cornell University Press. Nueva York, Estados Unidos. 766 p.
  
- **TANG, H; WU, T; ZHAO, Z; PAN, X.** 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.
  
- **TESSERAUD, S; PYM, R; LE BIHAN-DUVAL, E; DUCLOS, M.** 2003. Response of broiler selected on carcass quality to dietary protein supply: live performance, muscle development, and circulating insulin-like growth factor (IGF-I and -II). *Poultry Sci.* 82:1011-1016.
  
- **UNI, Z; GANOT, S; SKLAN, D.** 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry Sci.* 77:75-82.
  
- **UNI, Z; NOY, Y; SKLAN, D.** 1999. Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poultry Sci.* 78:215-222.
  
- **URDANETA-RINCÓN, M; LEESON, S.** 2004. Muscle (Pectoralis Major) protein turnover in young broiler chickens fed graded levels of lysine and crude protein. *Poultry Sci.* 83:1897-1903.
  
- **VELLEMAN, S.** 2007. Muscle development in the embryo and hatchling. *Poultry Sci.* 86:1050-1054.

- **VENTURINO, J.** s.f. Manejo de parrilleros en las primeras semanas de vida. [en línea] <[www.produccionbovina.com/produccion\\_avicola/33-manejo\\_parilleros.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_avicola/33-manejo_parilleros.pdf)> [consulta: 17-11-2008].
  
- **VIOQUE, J; MILLÁN, F.** s.f. Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. [en línea] <[http://digital.csic.es/bitstream/10261/5751/1/IG\\_AGROCSIC\\_3.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/5751/1/IG_AGROCSIC_3.pdf)> [consulta: 17-11-2008].
  
- **WEBB, K.** 1990. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. J. Anim. Sci. 68:3011-3022.

## ANEXO N°1

Composición de las dietas de preinicio correspondientes a los seis tratamientos en estudio.

	<b>T 1</b>	<b>T 2</b>	<b>T 3</b>	<b>T 4</b>	<b>T 5</b>	<b>T 6</b>
<b>Ingredientes</b>	<b>% Inc</b>					
Maíz Chile 14% Hum.	43,82	45,55	45,71	45,74	45,59	45,40
Oleína	2,71	2,19	2,11	2,11	2,11	2,11
Soya, afrecho 46	33,27	30,35	30,27	30,27	30,43	30,40
Soya, poroto + Maíz	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10
Trigo afrechillo	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fosfato bicalcico dihidratado	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
Vitaminas	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Minerales	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DI Metionina	0,290	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
Lisina, HCL	0,060	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020
L-Treonina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostato	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,350	0,310	0,310	0,280	0,270	0,300
Conchuela	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
<b>EP 120</b>		<b>1,60</b>				
<b>EP 127</b>			<b>1,60</b>			
<b>EP 138</b>				<b>1,60</b>		
<b>EP S</b>					<b>1,60</b>	
<b>EP MX</b>						<b>1,80</b>

<b>Composición Nutricional Calculada</b>						
EM (Kcal/kg)	2940	2941	2937	2938	2937	2937
PC (%)	23,20	23,09	23,09	23,09	23,10	23,11
Ca (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P Disp (%)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Lis (%)	1,39	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Met (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Cis (%)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Trip	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Na	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Cl	0,23	0,24	0,24	0,23	0,24	0,23

## ANEXO N°2

Composición de las dietas de inicio, intermedio y final a ser utilizadas en los seis tratamientos del estudio

	<b>Inicio</b>	<b>Inter- medio</b>	<b>Final</b>
<b>Ingredientes</b>	<b>% Inc</b>	<b>% Inc</b>	<b>% Inc</b>
Maíz Chile 14% Hum.	46,80	51,47	58,23
Trigo Afrechillo	0,41	1,70	2,0
Oleína	3,11	4,00	3,39
Soya, afrecho 48	31,35	25,00	13,80
Soya, poroto entero + maiz (80-20)	14,00	13,95	19,05
Conchuela	1,37	1,20	1,17
Fosfato bicalcico dihidratado	1,92	1,70	1,45
Sal	0,39	0,38	0,38
Vitaminas broiler	0,20	0,20	0,20
Minerales broiler	0,10	0,10	0,10
Lisina	0,05	0,05	0,05
DL Metionina	,0,20	0,17	0,18
L-Treonina 98%		0,01	
Coccidiostato	0,05	0,05	
Bacitracina	0,05	0,03	

<b>Composición calculada</b>			
EM (Kcal/kg)	3000	3100	3200
PC (%)	22,79	20,23	16,97
Ca (%)	1,00	0,88	0,80
P Disp (%)	0,45	0,40	0,35
Lis (%)	1,36	1,19	0,97
Met (%)	0,55	0,49	0,45
Cis (%)	0,38	0,34	0,30
Trip	0,29	0,25	0,21
Na	0,18	0,18	0,18
Cl	0,26	0,25	0,25

### ANEXO N°3

Resultados del análisis químico proximal realizado sobre las distintas dietas utilizadas durante el estudio.

Tratamiento	Proteína Total (%)	Grasa Total (%)	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)	Humedad (%)
Control Maíz-Soya	22,05	7,60	6,29	3,78	11,17
EP 120 (1,6%)	21,49	7,13	6,86	3,09	10,37
EP 127 (1,6%)	21,53	7,12	6,55	4,17	11,37
EP 138 (1,6%)	21,92	6,58	6,39	3,65	11,00
EP S (1,6%)	21,10	7,86	6,68	4,00	10,94
EP MX (1,8%)	21,19	6,58	6,35	4,70	11,19
Inicio	22,62	4,92	7,11	2,29	9,62
Intermedio	22,65	7,00	6,70	2,52	11,74
Final	21,42	5,00	6,68	2,81	11,48

## ANEXO N°4

Consumo de alimento por ave durante los periodos comprendidos entre los días 1-14, 1-21, 1-35 y 1-42 de vida.<sup>1</sup>

Tratamiento	Consumo de Alimento Individual (kg) <sup>2</sup>			
	1-14 días	1-21 días	1-35 días	1-42 días
Control Maíz-Soya	0,619 <sub>ab</sub> ± 0,0190	1,931 ± 0,1345	4,409 ± 0,1989	6,491 ± 0,2812
EP 120 (1,6%)	0,657 <sub>b</sub> ± 0,0297	1,990 ± 0,1221	4,539 ± 0,0971	6,695 ± 0,3093
EP 127 (1,6%)	0,626 <sub>ab</sub> ± 0,0239	1,905 ± 0,1266	4,426 ± 0,1606	6,383 ± 0,3000
EP 138 (1,6%)	0,596 <sub>a</sub> ± 0,0145	1,837 ± 0,1524	4,381 ± 0,2861	6,293 ± 0,3095
EP S (1,6%)	0,599 <sub>a</sub> ± 0,0227	1,894 ± 0,0999	4,318 ± 0,2112	6,251 ± 0,3092
EP MX (1,8%)	0,665 <sub>b</sub> ± 0,0384	2,055 ± 0,2343	4,665 ± 0,2205	6,702 ± 0,3399
p=	0,0008	0,2972	0,1365	0,1134

<sup>1</sup> Media ± desviación estándar

<sup>2</sup> Valores con distintos subíndices presentaron diferencias significativas

## ANEXO N°5

Consumo real de proteína (A) y teórico (B) por tratamiento de acuerdo a contenido proteico y consumo de alimento entre los días 1-14.<sup>1</sup>

A)

Tratamiento	Consumo de alimento (kg)	Proteína Cruda (%)	Consumo de Proteína (g)
Control Maíz-Soya	0,619	22,05	136,5 <sub>ab</sub>
EP 120 (1,6%)	0,657	21,49	141,2 <sub>b</sub>
EP 127 (1,6%)	0,626	21,53	134,8 <sub>ab</sub>
EP 138 (1,6%)	0,596	21,92	130,6 <sub>a</sub>
EP S (1,6%)	0,599	21,10	126,4 <sub>a</sub>
EP MX (1,8%)	0,665	21,19	140,9 <sub>b</sub>

B)

Tratamiento	Consumo de alimento (kg)	Proteína Cruda (%)	Consumo de Proteína (g)
Control Maíz-Soya	0,619	23,20	143,6 <sub>ab</sub>
EP 120 (1,6%)	0,657	23,09	151,7 <sub>b</sub>
EP 127 (1,6%)	0,626	23,09	144,5 <sub>ab</sub>
EP 138 (1,6%)	0,596	23,09	137,6 <sub>a</sub>
EP S (1,6%)	0,599	23,10	138,4 <sub>a</sub>
EP MX (1,8%)	0,665	23,11	153,7 <sub>b</sub>

<sup>1</sup> Valores con distintos subíndices presentaron diferencias significativas.