



UNIVERSIDAD DE CHILE

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



**EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADOS
PROTEICOS DE PESCADO Y DE DOS FUENTES DE
PROTEINA VEGETAL EN LA DIETA DE PREINICIO DE
POLLOS BROILER SOBRE SUS RENDIMIENTOS
PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS**

CAROLINA HENRÍQUEZ SALAZAR

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

PROFESOR GUÍA: DR. SERGIO CORNEJO V.

**SANTIAGO, CHILE
2008**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



EFFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE PESCADO Y DE DOS FUENTES DE PROTEINA VEGETAL EN LA DIETA DE PREINICIO DE POLLOS BROILER SOBRE SUS RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS

CAROLINA HENRÍQUEZ SALAZAR

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

NOTA FINAL:

		NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA:	DR. SERGIO CORNEJO V.
PROFESOR CONSEJERO:	DR. JOSÉ POKNIAK R.
PROFESOR CONSEJERO:	DR. HÉCTOR HIDALGO O.

SANTIAGO, CHILE

2008

Esta tesis fue realizada en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, bajo la dirección del Dr. Sergio Cornejo Valdivieso. La realización de esta tesis fue financiada por el Proyecto INNOVA (CORFO empresa) N° 204-4285 (2006).

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. Introducción.....	1
2. Revisión Bibliográfica.....	3
2.1.- Antecedentes.....	3
2.1.1.- Mercado Internacional de la Carne de Ave.....	3
2.1.2.- Situación Nacional.....	4
2.1.3.- Genética y Nutrición del Pollo Broiler.....	6
2.2.- Fisiología Digestiva del Pollo.....	8
2.2.1.- Actividad Enzimática.....	8
2.2.2.- Digestión y Absorción.....	11
2.2.2.1.- Grasas.....	13
2.2.2.2.- Carbohidratos.....	16
2.2.2.3.- Proteínas.....	18
2.3.- Principios Básicos de la Alimentación de los Pollos Broiler	21
2.4.- Proteínas y Aminoácidos.....	27
2.5.- Alimentos Concentrados Proteínicos.....	32
2.6.- Maíz y Subproductos del Maíz.....	33
2.7.- Afrecho de Soya.....	35
2.8.- Uso de Harina de Pescado en la Dieta de las Aves.....	36
2.9.- Complementación Aminoacídica.....	38
2.10.- Importancia de una Buena Nutrición en los Primeros Días.....	39
2.11.- Dietas de Preinicio.....	47
2.12.- Hidrolizados Proteicos de Pescado.....	50
2.13.- BIOCP®.....	64
3. Hipótesis.....	66
4. Objetivos.....	67
5. Materiales y Métodos.....	68
5.1.- Mediciones de Indicadores Productivos.....	73
5.2.- Mediciones de Indicadores Económicos.....	74
5.3.- Análisis Químico de las Dietas.....	76
5.4.- Análisis Estadístico.....	76

6.	Resultados y Discusión	77
	6.1.- Mediciones de Indicadores Productivos.....	77
	6.1.1.- Peso Vivo Promedio.....	77
	6.1.2.- Consumo Promedio de Alimento.....	81
	6.1.3.- Conversión Alimenticia.....	83
	6.1.4.- Mortalidad.....	84
	6.1.5.- Índice de Eficiencia Europeo.....	86
	6.2.- Mediciones de Indicadores Económicos.....	88
	6.2.1.- Costo Alimentario de la Ganancia de Peso.....	88
	6.2.2.- Margen Bruto.....	89
	6.3.- Análisis Químico de las Dietas.....	93
7.	Conclusiones	95
8.	Bibliografía	96

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de la inclusión de dos hidrolizados proteicos de pescado, solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio de pollos broiler machos sobre los rendimientos productivos y económicos. Para ello, se utilizaron 630 pollos broiler machos (Ross 308) de 1 día de edad a los que se les ofreció sólo para el período de preinicio (1-14 días) dos dietas con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®) al 3,4% de inclusión, dos dietas con BioSH® al 1,6% de inclusión más dos fuentes de proteína vegetal (Gluten de Maíz A y B al 2% de inclusión). Además, se utilizó una dieta en base Maíz-Soya como dieta control. El resto de las dietas fue la misma para los distintos tratamientos según período productivo y se ajustaron a los requerimientos de la línea genética y del NRC (1994). Al final del ciclo productivo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el peso vivo promedio al día 35 y 43. No hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el consumo promedio de alimento y conversión alimenticia para los distintos períodos parciales y acumulativos del estudio. La mortalidad tanto de los distintos períodos como para la totalidad del estudio se consideró dentro de los rangos esperables para los estándares de la línea genética utilizada y de un manejo productivo comercial. Tanto el Índice de Eficiencia Europeo, como los índices económicos: Costo Alimentario de la Ganancia de Peso y el Margen Bruto, calculados al final del estudio fueron numéricamente mejores para el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B en comparación con los demás tratamientos y el tratamiento control Maíz-Soya.

Palabras Clave: Pollos broiler, hidrolizados proteicos de pescado, proteína vegetal, dieta de preinicio, rendimientos productivos y económicos.

1. INTRODUCCIÓN

Debido al gran crecimiento que ha experimentado la producción de carne de aves en Chile, junto con una fuerte campaña de marketing, haciendo énfasis en la condición saludable del producto y a una diversificación de sus presentaciones, el pollo broiler es hoy la carne más consumida por los chilenos.

El notable mejoramiento del pollo broiler actual puede ser atribuido al progreso genético, lo que junto con los actuales conocimientos en la nutrición y alimentación hace posible que se aproveche de mejor manera este cambio (Behnke y Beyer, 2000).

Esto cobra aún más importancia debido al hecho que la mayoría de los costos variables de producción (60-70%) provienen de la alimentación, los cuales dependen de los ingredientes usados y de una nutrición equilibrada (Behnke y Beyer, 2000).

Numerosos estudios demuestran que el período de transición del embrión de pollo al estado de posteclosión es crítica para el normal desarrollo futuro del ave. Las prácticas adoptadas en los primeros días después de eclosionar pueden afectar su desarrollo, y específicamente el desarrollo de los sistemas digestivo, inmune y de termoregulación.

Entonces, puesto que los primeros días de vida después de la eclosión representan una etapa crítica en el ciclo productivo del broiler, y que cualquier efecto en la primera semana de vida se mantendrá hasta la edad de faenamiento, es que se debe dar una oportunidad al pollo para tener un buen comienzo.

Así, toda tecnología alimentaria y nutricional que se desarrolle para incrementar el aporte de nutrientes claves a las exigencias fisiológicas del pollo neonatal, y que resulten económicamente viables en el sector productivo, es de especial interés para la investigación avícola productivo-nutricional nacional.

En este estudio se pretende probar que la inclusión de hidrolizados proteicos de pescado, solos o en combinación con proteína vegetal en la dieta de preinicio de pollos broiler, provocaría una ventaja significativa que se mantendría hasta el final de un ciclo comercial completo, reflejándose en los indicadores productivos y económicos más comúnmente utilizados en la industria avícola.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.- Antecedentes

2.1.1.- Mercado Internacional de la Carne de Ave

La demanda de carne en los países en desarrollo adquiere una creciente importancia en los mercados internacionales, apoyada por aumentos de la población y sus ingresos y fortalecida por tendencias demográficas que incluyen urbanización y cambios en los hábitos y dietas alimenticias con mayores contenidos de proteína y, en general, niveles más altos de consumo de carnes. Así, de mantenerse las tendencias de crecimiento económico en el mediano plazo para los países en desarrollo, las proyecciones son, en general, optimistas para el sector del mercado de la carne (ODEPA, 2006).

La producción mundial de carne de ave y en particular, la carne de pollos broiler, ha crecido a una tasa media de 3% anual durante los últimos cuatro años. Para el 2006 se estimó una producción mundial cercana a los 60,1 millones de toneladas, mientras que el consumo mundial alcanzó a 58,9 millones de toneladas, aumentando más de 3% con respecto al 2005 (ODEPA, 2007).

Se estima que las importaciones mundiales crecerán sobre 3% para alcanzar 5,3 millones de toneladas. En el caso de mercados importantes para Chile, se estima que México incrementará sus importaciones en un 6%, debido a una demanda fuerte que no es satisfecha por su producción interna, mientras que China lo hará en 1,6%, en un escenario similar (ODEPA, 2007).

2.1.2.- Situación Nacional

Hace alrededor de 20 años se inició un proceso de crecimiento de la producción de carne de aves en Chile. Esto permitió que en el año 1998, el consumo de pollo alcanzara por primera vez el primer lugar en el consumo de carnes a nivel nacional, lo que se ha mantenido ininterrumpidamente hasta el día de hoy, convirtiéndose en la principal fuente de proteína animal en el mercado doméstico (ODEPA, 2005).

Así, el consumo aparente de carne de ave en el año 2006 fue de 34 kilogramos por habitante, cifra 12% mayor que la registrada en el 2005, cuando llegó a 30 kilogramos por habitante. Le sigue la carne porcina, con un consumo aparente de 23 kilogramos por habitante, y la carne bovina con 22 kilogramos por habitante (ODEPA, 2007).

Producto de una fuerte campaña de marketing, haciendo énfasis en la condición saludable del producto, junto con una diversificación de sus presentaciones, el pollo broiler ocupó el primer lugar dentro de la producción de carnes de aves en el año 2006 (613.757 toneladas), representando el 84% del total. Le siguió la carne de pavo, con 14,5% de participación y cerca de 90 mil toneladas producidas. Bastante más atrás se ubicaron la carne de gallina y de otras aves, con porcentajes muy menores (ODEPA, 2007).

Cerca del 90% de la carne de aves que se produce en el país tiene como destino el consumo interno, donde está ampliamente incorporada a la dieta de las familias chilenas. Entre las razones que se aducen para que se mantenga como la carne más consumida por los chilenos está su precio altamente competitivo con

el de las otras carnes y el hecho de que las empresas productoras mantienen una cadena de distribución que les permite llegar a todo el país con un producto estandarizado (ODEPA, 2005).

Las exportaciones de carne de ave el 2006 alcanzaron a 74.626 toneladas, lo que significó un aumento de 6,9% con respecto a las realizadas en el 2005, 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. La industria ha efectuado grandes inversiones, modernizando tanto los sistemas productivos como agroindustriales, introduciendo tecnología y proporcionando unos 20.000 empleos (ODEPA, 2007).

Una característica de la producción de carne de aves en nuestro país es que presenta altos niveles de concentración: una sola empresa genera sobre el 50% de la producción nacional y no son más de cinco las que aglutinan cerca del 85% restante. Estas empresas están altamente integradas verticalmente, ya que poseen desde las líneas genéticas hasta las plantas faenadoras, fábricas de alimentos y cadenas de distribución de productos en todo el país (ODEPA, 2005).

Este alto grado de concentración, junto con la estructura de tipo industrial que posee esta actividad, otorga a este sector una capacidad de respuesta rápida a los requerimientos que le presenta el mercado. A su vez, al ser pocos productores, poseen la capacidad de enfrentar de manera conjunta una actividad de promoción de la carne de aves en forma genérica (ODEPA, 2005).

2.1.3.- Genética y Nutrición del Pollo Broiler

La tasa de ganancia de los broiler ha aumentado sustancialmente durante las últimas décadas. En 1960, un pollo comercial alcanzaba un peso de mercado de 2,2 kilogramos a las 12 semanas de edad. Los broiler actualmente alcanzan el mismo peso de mercado en sólo 6 semanas (Havenstein *et al.*, 1994, citado por Behnke y Beyer, 2000).

El broiler es un híbrido seleccionado para ganar peso en un corto período de tiempo y con una alta eficiencia de conversión de alimento (Sturkie, 1967). Para la selección de los pollos, las características genéticas principales son el incremento del peso por edad, el índice corporal y el rendimiento de pechuga, ya que éstas son las que producen mayor beneficio en la producción. Simultáneamente, el programa de cría asegura que estos avances en productividad coincidan con las de viabilidad y fortaleza de patas (Kemp y Kenny, 2003a).

Es por esto que el notorio mejoramiento del pollo broiler actual puede ser atribuido al progreso genético, sin embargo, concomitantemente el notable progreso en la nutrición y alimentación ha hecho posible que se aproveche mejor este cambio genético (Behnke y Beyer, 2000).

Según Sturkie (1967), el objetivo de la alimentación en la producción de pollos es tener un consumo apropiado de una dieta balanceada para que alcancen el máximo peso, en el mínimo de tiempo y con la mayor eficiencia posible. Estas estrategias tienen en cuenta las condiciones locales, los costos de los ingredientes del alimento, la oferta, y las condiciones de composición, producción y de mercado. El objetivo ideal será diferente, dependiendo de la empresa y variará

con el tiempo, de acuerdo con los cambios de costos e ingresos que se produzcan. Es por esto que la meta del nutricionista moderno no será solamente lograr costos mínimos, sino alimentar a las aves para obtener la máxima ganancia y asegurar que el potencial genético en aumento se traduzca en un mayor beneficio (Kemp y Kenny, 2003a).

Por otro lado, el objetivo del productor de pollos broiler es maximizar la rentabilidad por kilogramo de carne producida. Este objetivo se logra, en la mayoría de las circunstancias, procurando la optimización de los indicadores productivos como ganancia de peso y conversión alimenticia. Los progresos logrados en la selección genética de estas aves exigen una comprensión cada vez más profunda del desarrollo y fisiología del aparato digestivo con el objeto de permitir un adecuado aprovechamiento de los nutrientes contenidos en los ingredientes alimenticios. La selección genética no sólo ha modificado la tasa de crecimiento y eficiencia de la utilización de nutrientes sino también el desarrollo de los órganos involucrados en la digestión y absorción de éstos. La comprensión de estos factores inherentes a la fisiología del ave y su interacción con las características composicionales de los ingredientes alimenticios es necesaria para una adecuada nutrición tendiente a optimizar la expresión del potencial genético (González, 2000).

2.2.- Fisiología Digestiva del Pollo

2.2.1.- Actividad Enzimática

Las enzimas intestinales son responsables de la digestión final de la mayoría de las macromoléculas de la dieta y juegan un rol vital en regular la cantidad de nutrientes disponibles para la absorción. Aparte de la digestión, algunas de las enzimas pueden estar involucradas en otras funciones, incluyendo el transporte de nutrientes desde el intestino, la recepción de señales dentro de la célula y la regulación del crecimiento y diferenciación celular (Iji *et al.*, 2001).

Los pollitos recién eclosionados poseen una reserva de enzimas pancreáticas producidas durante el crecimiento del embrión, pero estas reservas no son suficientes para hidrolizar el sustrato en el lumen y para mantener sus concentraciones iniciales, por lo tanto, estos niveles enzimáticos caen pronto después de la eclosión (Nitsan *et al.*, 1991). La actividad de las enzimas digestivas (unidades $\times \text{kg}^{-1}$ de peso corporal), medidas en el páncreas y en el lumen intestinal, aumentan con la edad (Maiorka y Dahlke, 2006) y están asociadas al incremento del alimento consumido y al tamaño del intestino (Noy y Sklan, 1995) tanto en altura de la vellosidad como longitud del intestino. La actividad enzimática total por vellosidad, por lo tanto, es mayor en el duodeno, con vellosidades más largas, más que en el yeyuno o ileon (Iji *et al.*, 2001).

Corless y Sell (1999) observaron que la actividad de las enzimas pancreáticas lipasa, tripsina y amilasa se incrementa con la edad, incluso en pollos que todavía no han consumido alimento. Las actividades de la tripsina y la amilasa cambian poco antes de la ingestión de alimentos.

Krogdahl y Sell (1984) encontraron aumentos en actividades pancreáticas de la tripsina y de la amilasa durante los 21 días posteclosión y sugirieron que la actividad pancreática de la lipasa puede ser un factor limitador en la digestión de los lípidos en los pollos jóvenes. Además estos autores observaron que las secreciones de lipasa, tripsina y amilasa al duodeno aumentaron de 20 a 100 veces desde el día 4 al 21. La actividad de la lipasa aumentó menos y algo más lentamente que las otras enzimas. La actividad de la lipasa en el intestino se requiere aún antes de la ingestión de alimentos, para efectuar la hidrólisis de los triglicéridos de la yema del huevo (Sklan y Noy, 2000).

La secreción de la amilasa era relativamente baja a los 4 días, posiblemente debido a la falta de carbohidratos presentes en la yema del huevo, y después demostró un aumento relativamente rápido en la secreción con la edad (Noy y Sklan, 1995).

A pesar de la digestión luminal, las últimas etapas de la hidrólisis son realizadas por enzimas en la membrana del borde en cepillo, tales como la sacarasa-isomaltasa, peptidasas y fosfatasas. En general, las enzimas digestivas ya se encuentran en el tracto digestivo en la etapa embrionaria, pero parecen necesitar de sustratos que induzcan su actividad. Por ejemplo, la expresión de la sacarasa-isomaltasa es afectada por cambios en la dieta (Maiorka y Dahlke, 2006).

Uni *et al.* (1998) también observaron que la actividad total por región intestinal aumentó consistentemente para la maltasa y sacarasa, que son importantes en la hidrólisis de carbohidratos, para la α -glutamyltransferasa, que participa en el transporte de aminoácidos en el intestino y para la fosfatasa alcalina. De esta información se desprende que la intensidad de la actividad

enzimática en el pollito recién eclosionado puede ser correlacionada con la ingestión de alimentos (Noy y Sklan, 1998).

Entre las enzimas intestinales, la fosfatasa alcalina es una enzima representativa del borde en cepillo, funcionalmente favorece la absorción activa de nutrientes y es considerada como un marcador activo de la maduración enterocitaria (Lenhardt y Mozes, 2003). La actividad de esta enzima refleja la verdadera situación nutricional que disminuye durante el ayuno y después de una restricción alimentaria (Palo *et al.*, 1995). Es por esto que se sugiere la existencia de una estrecha relación entre el estatus alimentario y la actividad de la fosfatasa alcalina (Lenhardt y Mozes, 2003). La actividad de la fosfatasa alcalina determinada mediante la medición de la hidrólisis del p-nitrofenol (unidades de actividad por gramo de tejido intestinal por hora a 37°C) llega a su pico (0,9-1,4 unidades*g⁻¹*h⁻¹) a los 2 a 4 días posteclosión y disminuye (0,25-0,3 unidades*g⁻¹*h⁻¹) después de eso (Uni *et al.*, 1998; Iji *et al.*, 2001).

Durante la etapa embrionaria, la expresión de la disacaridasa es limitada debido al poco almacenaje de carbohidratos (Maiorka y Dahlke, 2006). La actividad de la disacaridasa medidas mediante colorimetría, usando a la sucrasa y maltasa como sustratos (μmol de sustrato hidrolizado por gramo de tejido intestinal por hora), es baja en el duodeno (2-20 μmol *g⁻¹*h⁻¹) y más alta en los segmentos yeyunales e ilíacos (20-90 μmol *g⁻¹*h⁻¹), como también se ha reportado en mamíferos. A los 2 días después de la eclosión, se vio que las actividades de la disacaridasa aumentaron de 2 a 4 veces y después se estabilizaron en un nivel inferior en la parte distal del intestino delgado. Este nivel alto de la actividad de la disacaridasa es intrigante, puesto que los polluelos no han sido expuestos a ningún carbohidrato antes de la eclosión (Uni *et al.*,

1998). Este aumento inmediato después de la eclosión es más evidente en aves que son inducidas mediante la ingestión de pequeñas cantidades de alimentos con altos índices de carbohidratos (Maiorka y Dahlke, 2006).

En conclusión, la secreción de enzimas digestivas en el pollito recién eclosionado podría ser un factor limitante en la digestión y en el consiguiente consumo de alimento y crecimiento. Es por esto que al mismo tiempo que aumenta el peso de los órganos digestivos, es esencial que la actividad secretoria del páncreas alcance su máxima expresión a una edad temprana. La falta de actividad hidrolítica de las enzimas pancreáticas en el lumen del intestino disminuye la digestibilidad aparente de los componentes dietarios y reducen el crecimiento del ave (Nitsan *et al.*, 1991).

2.2.2.- Digestión y Absorción

La digestión es el proceso de descomponer macromoléculas complejas, tal y como se proporcionan en el alimento del ave, en componentes más pequeños que puedan ser absorbidos hacia el sistema circulatorio portal. El proceso involucra cambios en las estructuras tanto físicas, como químicas, de la mayoría de los componentes de la dieta (Leeson y Zubair, 2001a).

Los alimentos avícolas consisten de una serie compleja de partículas que difieren no sólo en su composición química sino también en tamaño, dureza, solubilidad y características iónicas. Bajo condiciones ideales, esta serie de partículas y sustancias químicas con distintas características se degradan lentamente, paso a paso, conforme el alimento pasa de la cavidad bucal hacia el intestino grueso. La ruptura de las partículas es un proceso constante y el

estómago muscular es el lugar principal para esta actividad. Las enzimas son en gran parte responsables de la degradación molecular, aunque el pH influye enormemente sobre su eficacia. Frecuentemente, la digestión se ve afectada negativamente por factores que hacen inaccesible el lugar de escisión normal de la enzima, por la acción de factores antinutricionales naturales o debido a condiciones de procesamiento negativas de los ingredientes o las dietas (Leeson y Zubair, 2001a).

El tracto gastrointestinal del ave, a diferencia de los mamíferos, realiza un movimiento peristáltico inverso que es crítico para una función digestiva óptima. El reflujo gástrico permite que el material desde el estómago muscular reingrese al proventrículo para ser nuevamente sometidos a la acción del jugo gástrico. Esto es necesario para una actividad óptima de la tripsina y quimiotripsina producidas por el páncreas y secretadas al duodeno. La bilis es un líquido alcalino que funciona neutralizando los contenidos ácidos provenientes del proventrículo y el estómago muscular. Para este propósito el ducto biliar desemboca cerca del esfínter pilórico. Cuando la ingesta abandona el estómago muscular hacia el duodeno, la bilis es secretada desde el hígado y la vesícula biliar. Una vez que la descarga gástrica alcanza un pH favorable, la función digestiva del fluido pancreático se optimiza. El reflujo del intestino alto moviliza el quimo del duodeno y yeyuno nuevamente al área gástrica. Las aves utilizan este sistema único de peristalsis reversa en combinación con peristalsis normal para mezclar los jugos gástricos, la bilis y las enzimas pancreáticas con los componentes de la dieta. Este sistema bidireccional promueve una óptima digestión de grasas y otro material absorbible del tracto intestinal (Brake, 2002).

En resumen, la absorción de nutrientes por el intestino delgado ocurre después de la hidrólisis de las macromoléculas, iniciada por las hidrolasas gástricas, pancreáticas y finalmente, por las hidrolasas del borde en cepillo. El inicio de las secreciones gástricas y pancreáticas ocurre antes de la eclosión y aumenta con el consumo de alimento posteclosión (Bar-Shira y Friedman, 2005). Por el contrario, las enzimas del borde en cepillo parecieran tener patrones de desarrollo temporales diferentes antes y después de la eclosión. Así, los lípidos son bien absorbidos cerca de la eclosión mientras que la absorción de glucosa y metionina aumenta después de la eclosión y es estimulada por la ingesta de alimentos (Sklan, 2001).

2.2.2.1.- Grasas

Los lípidos son la principal fuente energética del embrión durante la incubación. Aproximadamente un 80% del contenido lipídico total del saco vitelino es movilizado y usado durante los últimos 7 días de incubación. Aunque, después de la eclosión los pollitos no tienen la capacidad digestiva completamente desarrollada, pero es mejorada con la edad del ave (Maiorka y Dahlke, 2006). De acuerdo a Noy y Sklan (1995), la digestión de ácidos grasos es aumentada de un 82% el día 4 a un 89% el día 21 después de la eclosión.

La digestión y absorción de lípidos es dependiente de la presencia de sales biliares, lipasa pancreática, colipasa, la proteína ligadora de ácidos grasos y una circulación enterohepática apropiada (van Rensburg, 1999). Sin embargo, como ya se ha mencionado, los procesos fisiológicos responsables de la regulación de estos procesos no se encuentran completamente desarrollados en los pollos recién eclosionados, perjudicando negativamente la digestión y absorción de

lípidos y llevando a un crecimiento microbial anormal en el intestino delgado (Maiorka y Dahlke, 2006). La primera limitante en el proceso de digestión y absorción lipídica de los pollitos recién eclosionados se debe a su incapacidad para secretar cantidades adecuadas de sales biliares (van Rensburg, 1999; Brake, 2002).

La bilis tiene importantes funciones en optimizar el balance de pH de la ingesta, protección de la mucosa del estómago muscular y del intestino, activación de las enzimas pancreáticas y contribuye a la digestión de proteínas como el colágeno. Esto último cobra importancia ya que el colágeno constituye aproximadamente un 16% de la materia seca corporal y es el mayor constituyente de la mayoría de los subproductos animales de la dieta. La bilis es importante en la digestión de los típicos ingredientes dietarios de la industria (harinas de carne y de pescado) que son incorporados en la dietas junto con distintas grasas (Brake, 2002).

Los ácidos grasos de cadena corta (< a 10 a 12 carbonos) y/o ácidos grasos insaturados son más aprovechados a esta edad. A su vez, los ácidos grasos saturados no son bien utilizados por los pollos en los primeros 14 días de edad (González, 2000).

La producción de bilis en el pollito es claramente deficiente durante la primera semana de vida y puede no alcanzar una adecuada producción hasta que el pollo cumpla las 3 ó 4 semanas de edad (Brake, 2002).

Además, una adecuada absorción de grasas mediada por las sales biliares previene la descomposición de nutrientes parcialmente digeridos ayudando al

control del crecimiento de bacterias intestinales no deseadas y evitando la presencia de una enteritis (Brake, 2002).

La lipasa pancreática descompone las grasas emulsificadas a ácidos grasos y monoglicéridos. La esterasa del colesterol, también secretada por el páncreas, hidroliza los ésteres de ácidos grasos del colesterol a colesterol y ácidos grasos. Los ácidos grasos de cadena corta y monoglicéridos después se absorben directamente en la mucosa del intestino delgado y se transportan a la circulación portal. Los ácidos grasos de cadena larga, monoglicéridos y moléculas de colesterol son emulsificados por las sales biliares, formando micelas que son esenciales para la absorción normal de grasas. Los compuestos insolubles en agua tales como los ácidos grasos insaturados y los monoglicéridos que no pueden formar micelas solos, fácilmente forman micelas mixtas estables con las sales biliares conjugadas. Los ácidos grasos saturados como el ácido palmítico y esteárico, por otro lado, que no son polares y tiene altos puntos de fusión, son sólo levemente solubles en las emulsiones con sales biliares. Ellos son, sin embargo, solubilizados marcadamente en la presencia de una micela mixta. De esta manera, los ácidos grasos y los lípidos conjugados se solubilizan en la fase acuosa del lumen y son transportados a la membrana celular de la mucosa. Por consiguiente, la razón de ácidos grasos saturados: insaturados de la dieta y las secreciones biliares son factores importantes en la absorción de grasas (Leeson y Zubair, 2001a).

Las micelas se adhieren a la superficie de las células epiteliales, donde pierden su estructura y los componentes son absorbidos, en su mayoría, en el yeyuno por difusión pasiva. Una vez dentro de las células de la mucosa, los monoglicéridos y los ácidos grasos se esterifican nuevamente y, junto con el

colesterol libre y esterificado, junto con una apoproteína y los fosfolípidos, se agrupan en quilomicrones. En las aves a diferencia de los mamíferos, las lipoproteínas formadas son absorbidas directamente al sistema sanguíneo portal y transportadas al hígado. Se ha hecho referencia a estos tipos de lipoproteínas como portomicrones en lugar de los quilomicrones en los mamíferos (Leeson y Zubair, 2001a).

Las grasas de las dietas varían bastante en su composición y en su contribución de energía y ácidos grasos a las aves. También se ha demostrado que la digestibilidad de las grasas varía ampliamente, dependiendo de muchos factores, entre los que se incluyen el tipo de grasa, nivel de saturación, edad del ave, nivel de inclusión de grasa en la dieta y la presencia de otros componentes de la dieta. El valor energético de las grasas depende principalmente de la digestión y la absorción de los ácidos grasos en el tracto intestinal. Debido a que los ácidos grasos no se excretan en la orina, sus valores de energía metabolizable deben estar directamente relacionados a su capacidad de absorción (Leeson y Zubair, 2001a).

En resumen, una emulsificación y digestión óptimas requieren de una diversa mezcla de grasas de la dieta y ácidos grasos en conjunto con cantidades óptimas de bilis (Brake, 2002).

2.2.2.2.- Carbohidratos

Moran (1985) observó que las tasas de digestión y absorción de carbohidratos no están predeterminadas en las aves, sino que son altamente dependientes de la presencia de este sustrato en la dieta. Las enzimas encargadas

de la completa digestión de carbohidratos están en la superficie del borde en cepillo del enterocito, y su proporción varía de acuerdo a la concentración de sustrato (Maiorka y Dahlke, 2006).

La generalmente alta actividad de las disacaridasas, especialmente la maltasa, es un reflejo de la naturaleza de la dieta del pollo broiler, que son predominantemente carbohidratos (Iji *et al.*, 2001).

Existe una mínima actividad de la amilasa en la saliva y el buche, produciéndose la mayoría de la degradación de los carbohidratos, incluyendo principalmente el almidón y algunos componentes de fibra, a azúcares simples que se absorben en el yeyuno. La alfa-amilasa del duodeno hidroliza los enlaces alfa 1-4 en ambos lados de los puntos de ramificación 1-6 de la molécula de almidón, produciendo principalmente maltosa y algunos oligosacáridos ramificados. La maltosa y otros disacáridos se degradan por consiguiente a monosacáridos, los cuales son potencialmente absorbidos. Cerca del 65% del almidón se digiere en el duodeno, aunque la desaparición del almidón puede ser hasta del 97% en el íleon terminal. Existe evidencia confiable de un aumento significativo en la producción de enzimas conforme el ave envejece. No hay digestión por sí sola de celulosa y poca indicación de degradación microbiana en los ciegos. Los pentosanos, pectinas y B-glucanos en algunos ingredientes afectan negativamente la digestión de los carbohidratos, aunque las enzimas exógenas añadidas al alimento pueden aliviar algunos de estos problemas (Leeson y Zubair, 2001b).

El día 18 de incubación en el embrión del pollito hay un sistema de transporte activo para glucosa y galactosa en la mucosa intestinal. La actividad de

transporte aumenta durante dos a tres semanas adicionales en el pollito después del nacimiento, principalmente por un aumento en la disponibilidad de transportadores, que a cualquier aumento en la afinidad por los sustratos de azúcares. La concentración de ión de sodio dentro del contenido intestinal es crítico para este sistema de transporte activo. Una concentración alta de Na^+ facilita la absorción rápida, mientras que una concentración baja de Na^+ reduce la tasa de absorción de azúcar. Algunas hexosas y pentosas se absorben a través de difusión, pero este proceso es bastante lento y no es cuantitativamente importante para el ave (Leeson y Zubair, 2001b).

2.2.2.3.- Proteínas

Los pollitos recién eclosionados no tienen dificultad en la absorción de los aminoácidos debido a que ellos eclosionan con algunas reservas de enzimas en el páncreas, pero estas reservas se agotan rápidamente ya que la síntesis enzimática es menor a las necesidades del ave. La presencia de enzimas activas es dependiente no sólo de la edad del ave, sino también del inicio del proceso de alimentación con dietas sólidas y de la composición de la dieta (van Rensburg, 1999).

La solubilidad proteica y la tasa de proteólisis en el tracto gastrointestinal, especialmente en el estómago y en la parte alta del intestino delgado, son probablemente los principales factores que condicionan la digestión de una fuente proteica (Yu *et al.*, 2002).

La digestión proteica es un proceso complejo en la cual la mayoría de los aspectos tienen un patrón de actividad que depende del desarrollo del ave. El pH

gástrico y el transporte de péptidos y aminoácidos intestinales como también la actividad del pepsinógeno, tripsina, quimiotripsina, enteroquinasa y dipeptidasas intestinales varían durante el desarrollo (Austic, 1985).

No hay digestión de proteínas en la cavidad bucal o en el buche. Sí hay, sin embargo, lubricación y reblandecimiento del alimento por el mucus secretado por la pared del buche y por la saliva de la boca. El proventrículo representa el “*estómago glandular*” donde los jugos digestivos son secretados. Los jugos contienen HCl y el precursor de la enzima (zimógeno) pepsinógeno, el cual se convierte en la enzima activa pepsina conforme el pH disminuye en el proventrículo y el estómago muscular. La condición ácida del proventrículo y el estómago muscular sirve para desnaturalizar la proteína y exponer la mayoría de los enlaces peptídicos sensibles a la pepsina. La enzima pepsina cataliza la hidrólisis de las proteínas a péptidos y, en cierto grado, a aminoácidos libres (Leeson y Zubair, 2001a).

En el estómago muscular, la ingesta se mezcla aún más con el fluido secretado por el proventrículo. También hay un molido mecánico del alimento facilitado por los ingredientes, como el grit, que se puede añadir a la dieta. El grit proporciona superficies adicionales para moler, al igual que actúa para estimular la motilidad en el estómago muscular. Lo mismo ocurre con las partículas gruesas de alimento tales como los granos enteros, granos con una cantidad mínima de procesamiento o el alimento balanceado peletizado donde se mejora la digestibilidad de la dieta. Sin embargo, la digestibilidad de las proteínas del alimento molido es poco afectada por la ausencia de un estómago muscular completamente desarrollado (Leeson y Zubair, 2001a).

La secreción pancreática contiene zimógenos que se convierten a su forma de enzima activa en los sitios de digestión. El tripsinógeno se activa a tripsina en el duodeno por la enteroquinasa, una enzima secretada de la mucosa intestinal. Una vez iniciado este proceso es autocatalítico y la tripsina formada así activa a otros zimógenos. Por lo tanto, la tripsina es una parte central en el desarrollo de la actividad de la proteólisis completa. La acción de los inhibidores de tripsina encontrados en ciertas leguminosas y cereales resulta en una digestibilidad deficiente de las proteínas de la dieta (Leeson y Zubair, 2001a).

En el proceso de degradación de las proteínas al ser sometidas a las enzimas digestivas, se produce cierto número de sustancias derivadas. Los primeros productos provenientes de las proteínas, todos ellos insolubles, son en su mayor parte meta proteínas coaguladas. Los derivados secundarios de las proteínas son solubles y están compuestos principalmente de proteosas, peptonas y péptidos. En el duodeno, la tripsina, quimiotripsina y elastasa catalizan la hidrólisis de las proteínas, peptonas y polipéptidos a péptidos más pequeños y aminoácidos. El páncreas también secreta exopeptidasas que contienen carboxipeptidasas A y B, las cuales catalizan la hidrólisis de los enlaces terminales en las cadenas polipeptídicas. Éstas hidrolizan las terminaciones carboxilos de los péptidos, removiendo de esta forma los residuos de aminoácidos (Leeson y Zubair, 2001a).

La secreción pancreática también contiene collagenasas que catalizan la hidrólisis del colágeno a péptidos pequeños. La pared del yeyuno secreta las enzimas proteolíticas peptidasa (erepsina) y polinucleotidasa la cual cataliza la hidrólisis de pequeños péptidos a aminoácidos y dipéptidos, y también convierten

ácidos nucleicos a mononucleótidos, respectivamente, los cuales después se pueden absorber (Leeson y Zubair, 2001a).

Existe un aumento en la actividad enzimática conforme el ave envejece. Nitsan *et al.* (1991) y Nir *et al.* (1993) sugieren que la actividad de la tripsina en el contenido intestinal aumenta alrededor de diez veces hasta los 30 días de edad; sin embargo, también se ha reportado un aumento del 70% en la actividad de la tripsina para las aves de 1-21 días de edad (Leeson y Zubair, 2001a).

La absorción de péptidos es muy rápida en el yeyuno, mientras que la absorción de aminoácidos es más rápida en el íleon. Los péptidos son absorbidos por las células de la mucosa por pinocitosis. Las peptidasas localizadas en el citoplasma de las células de la mucosa concluyen la hidrólisis de péptidos a aminoácidos libres. El transporte de aminoácidos hacia el interior de las células de la mucosa es por transporte activo que involucra al Na⁺, similar al de la glucosa, con distintos sistemas de traslado para distintas categorías de aminoácidos. Los aminoácidos entran al torrente sanguíneo desde la célula de la mucosa por difusión facilitada como aminoácidos libres, siendo sólo cantidades traza de péptidos las que se encuentran en el plasma (Leeson y Zubair, 2001a).

2.3.- Principios Básicos de la Alimentación de los Pollos Broiler

Es muy reconocido que la alimentación representa el costo más significativo en la producción de pollos broiler. Ciertamente, la mayor proporción de los costos de la alimentación depende de los ingredientes usados. Sin embargo, el procesamiento de la dieta representa parte del costo de la

alimentación y probablemente junto a una nutrición equilibrada influyan sobre el rendimiento del broiler (Behnke y Beyer, 2000).

La nutrición eficiente del broiler moderno puede definirse como “*la maximización del margen por sobre el costo de alimentación, calculado desde la granja y/o el rendimiento del proceso*”. Para poder determinar qué especificación alimenticia maximiza la rentabilidad, es necesario entonces, el conocimiento de la respuesta del broiler a éstas (Kemp y Kenny, 2003b).

Los pollitos tienen que desarrollar rápidamente un apetito saludable y buenos hábitos de alimentación (comida y bebida) para acrecentar al máximo su crecimiento. Con este fin, es vital que los pollitos de un día tengan libre acceso al agua y al alimento para activar al máximo su potencial genético de crecimiento inicial (Rushby, 2003).

La síntesis proteica, por ejemplo como depósito muscular en los pollos broiler, es un proceso que requiere una gran cantidad de energía y en algunos casos es dependiente de algunos factores relacionados con el ave como es el desarrollo del tracto gastrointestinal. La eficiencia de utilización de los nutrientes dietarios depende en parte del desarrollo del tracto gastrointestinal. Ese desarrollo puede ser determinado mediante la medición de la cripta, la altura de la vellosidad y el área de superficie, para así determinar el área disponible para la digestión/absorción, y las actividades de las enzimas digestivas de la membrana del intestino delgado (Swatson *et al.*, 2002).

El procesamiento de nutrientes por el tracto gastrointestinal determina la cantidad disponible de éstos para el metabolismo de otros tejidos. El tejido

gastrointestinal usa algunos de los nutrientes digeridos para su renovación y el aporte de nutrientes para los otros es dependiente de algunos factores dietarios, incluyendo la relación energía/proteína (E:P) (Swatson *et al.*, 2002).

Las aves regulan su consumo voluntario por el aporte energético de la dieta. Una dieta nutricionalmente equilibrada es consumida hasta satisfacer una cierta cantidad de energía diaria. Este escenario provoca la necesidad de conocer la concentración energética de los alimentos empleados en una dieta para balancear el aporte total de energía metabolizable (EM) de ella (Sturkie, 1967).

Por otra parte, la relación E:P puede variar para un mismo animal, dependiendo del valor biológico de la proteína dietaria, lo que está relacionado con la disponibilidad de aminoácidos esenciales. Debe recordarse que el valor biológico depende de la composición aminoacídica y de la realización de algún tratamiento previo al alimento. Tratamientos de insumos alimenticios que requieren de aplicación de calor pueden dar como resultado la reacción de Maillard, con lo cual se disminuye la digestibilidad de la proteína dietaria (Sturkie, 1967).

Cuando la energía de la dieta aumenta, se debe aumentar también el contenido de proteína, para mantener la relación E:P adecuada y la de los otros nutrientes como vitaminas y minerales. Por otro lado, el bajo rendimiento observado en aves alimentadas con una razón baja de E:P sugieren que cuando se alimenta con exceso de proteína, el contenido de energía también debería ser aumentado para asegurar que haya disponible la suficiente energía para el uso eficiente de la proteína dietaria (Swatson *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista económico, al aumentar la concentración energética para obtener mayor ganancia de peso se encarece el costo del kilogramo de la dieta, debido a que hay que aumentar la cantidad de proteína para mantener la relación E:P. Esto puede resultar en una dieta que no sea de máximo beneficio económico (Sturkie, 1967).

Según Bartov y Plavnik (1998), el nivel de proteína en la dieta o la E:P tiene un efecto determinante en la ganancia de peso vivo y en la eficiencia alimenticia de los broiler. Además ejerce influencia sobre la calidad de la canal, rendimiento en carne y contenido en grasa.

En los planteles avícolas se usan fundamentalmente dietas elaborados en base a alimentos concentrados de alta digestibilidad. Es común suministrar dietas en forma peletizada obteniéndose así importantes ventajas como: menor desperdicio, menor selección de alimento, menor pérdida de elementos menores (vitaminas, minerales, drogas, etc.), mejor manejo del alimento (menor volumen, mejor funcionamiento de comederos) y un aumento de la digestibilidad de ciertos nutrientes como almidón, por la acción de la temperatura y humedad utilizada en el proceso. El mayor costo que significa el peletizado se ve compensado con esas ventajas. Quizás la única desventaja es que tiende a destruir o desestabilizar algunas vitaminas por efecto de la temperatura, humedad y presión usada en su fabricación (Sturkie, 1967).

Las características principales de las dietas para aves son una alta densidad energética y proteica y bajo contenido de fibra, dadas básicamente por los granos de cereales, subproductos de oleaginosas y productos proteicos de origen animal (Sturkie, 1967).

El uso de diferentes ingredientes en la formulación de dietas, especialmente para aves, está limitado por la cantidad y disponibilidad de elementos nutritivos, la presencia de elementos tóxicos endógenos o exógenos, y por su disponibilidad en el mercado (Sturkie, 1967).

Los carbohidratos pueden encontrarse formando polisacáridos como almidón, disacáridos como sacarosa y maltosa, o monosacáridos como glucosa, fructosa, manosa y galactosa. El almidón es la forma más abundante de carbohidratos en los granos, tubérculos y raíces. Las aves lo utilizan bien debido al humedecimiento y temperatura en el buche, trituración en el estómago muscular y el posterior ataque enzimático de la amilasa pancreática. Algunas prácticas como la peletización del alimento con calor húmedo ayudan a una mejor utilización del almidón contenido en la dieta (Sturkie, 1967).

Las grasas y aceites son la fuente más concentrada de energía para broiler. El ácido linoleico (18:2, n-6) es considerado como esencial, por lo que debe ser provisto en la dieta. Para lograrlo en la formulación de dietas se usan las grasas o aceites de tipo insaturado (ácidos grasos o soapstocks) de origen vegetal. Éstos tienen una mejor digestibilidad que las formas saturadas como el sebo de origen animal. La inclusión de grasas en la dieta tiene otras ventajas como ser un vehículo para una mejor absorción de vitaminas liposolubles, reducir el contenido de polvo de la dieta y hacerla más homogénea y palatable, servir como lubricantes en el proceso de peletización del alimento y mejorar la eficiencia alimenticia. El principal inconveniente es su susceptibilidad al enranciamiento, aunque esto puede prevenirse estabilizando, tanto la materia prima, como las dietas que la contienen con antioxidantes (Sturkie, 1967).

Las proteínas también pueden proporcionar energía, la cual se deriva de los aminoácidos glucogénicos. Sin embargo, la obtención de energía a través de la proteína es una forma ineficiente de aprovechamiento de un componente de alto valor. La función principal de las proteínas es proporcionar los aminoácidos necesarios para cubrir los requerimientos en los diferentes estados productivos de los animales. Las fuentes proteicas más utilizadas en alimentación aviar pueden ser tanto de origen animal como vegetal y una buena fuente proteica debe tener un apropiado balance de los aminoácidos que deben estar disponibles para el animal. La indisponibilidad de algunos aminoácidos se debe a reacciones derivadas del proceso de elaboración de las fuentes proteicas, que provocan acoplamiento entre los aminoácidos y otros componentes, lo que impide su hidrólisis en el intestino. Un ejemplo es la reacción de Maillard en que se une un carbohidrato reductor a un aminoácido como lisina, arginina, histidina o triptofano. También ocurren reacciones entre un aminoácido y otro que hacen más difícil su disponibilidad (ácidos glutámico y aspártico) (Sturkie, 1967).

En la práctica, contenidos de proteína mayores a lo normal, pueden ser ofrecidas a los pollos broiler cuando se encuentran disponibles proteínas de mala calidad, pero deben ser suplementados con aminoácidos que son caros o no se encuentran disponibles; esto se realiza para aportar un mínimo nivel de aminoácidos esenciales en la dieta. Esta estrategia resulta invariablemente en una gran cantidad de aminoácidos no utilizados que no se necesitan para la síntesis proteica y conlleva un bajo rendimiento del ave (Swatson *et al.*, 2002).

Por último, la respuesta general de las aves a la suplementación y calidad del alimento se encuentra bien documentada, pero los mecanismos que provocan los efectos no se han estudiado completamente. La comprensión de los efectos

de estos factores se hace más difícil por el hecho que ellos operan sinérgicamente más que individualmente. La información de los efectos del exceso de proteína dietaria, balance de aminoácido y la asignación diaria de alimentos en el tracto gastrointestinal y las estructuras de la mucosa del intestino delgado, son nuevos y pueden tener importantes implicaciones conceptuales. Así, el rendimiento final superior de la aves, confirman el principio de que las dietas que entregan un aporte de nutrientes, que se encuentran cercanos a las necesidades nutricionales conllevan a un mejor rendimiento (Swatson *et al.*, 2002).

2.4.- Proteínas y Aminoácidos

Las proteínas son el principal componente estructural y funcional de las células y tienen numerosas e importantes funciones dentro del organismo que van desde su papel catalítico (enzimas), hasta su función en la motilidad corporal (actina, miosina), pasando por su papel mecánico (elastina, colágeno), de transporte y almacén (hemoglobina, mioglobina, citocromos), protección (anticuerpos), reguladora (hormonas), etc. (Pennacchiotti, 1998; Martínez y Martínez, 2006).

Las proteínas son uno de los componentes vitales del organismo. Lo mismo que los hidratos de carbono y los lípidos, se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno, pero se diferencian por su contenido de nitrógeno (16% aproximado), que es lo que les permite asumir distintas estructuras y con ello múltiples funciones fundamentales para el desarrollo de la vida (Pennacchiotti, 1998; Vásquez y García Luna, 2006).

La unidad estructural de la proteína es el aminoácido. Existe una gran variedad de aminoácidos y veinte de ellos son los que se combinan para formar péptidos, y con ello proteínas. La unión entre dos aminoácidos se realiza mediante un enlace (-CO-NH-) al que se llama peptídico. Cuando se unen menos de diez forman oligopéptidos y a las cadenas que contiene mayor número se las denomina polipéptidos. Las proteínas suponen un nivel estructural superior a los polipéptidos, caracterizados por un alto peso molecular y una conformación espacial determinada (Pennacchiotti, 1998; Vásquez y García Luna, 2006).

La disposición estructural va a determinar la funcionalidad. Se definen dos grandes grupos: las proteínas fibrosas, de estructura alargada, suelen tener funciones de defensa, contráctiles o estructurales, mientras que la mayoría de las proteínas con funciones de enzima, reguladoras o de transporte tiene una estructura globular. Se puede establecer varios niveles estructurales según entre qué cadenas y qué tipo de enlace existe (Pennacchiotti, 1998):

- Estructura primaria: secuencia de aminoácidos que conforman un péptido.
- Estructura secundaria: consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno, ya sea entre los aminoácidos de la misma cadena, disposición en alfa hélice o de distintas cadenas, disposición en hoja plegada o beta.
- Estructura terciaria: formación de enlaces débiles en las cadenas peptídicas que determinan el plegamiento de las mismas. Estos enlaces pueden ser de disulfuro, hidrógeno o hidrófobos.

- Estructura cuaternaria: unión de varias cadenas polipeptídicas en la que cada una de las cuales conforma su propia estructura terciaria (Pennacchiotti, 1998; Vásquez y García Luna, 2006).

La estructura primaria es de vital importancia desde el punto de vista nutricional, en menor medida la tienen la estructura secundaria y terciaria (Martínez y Martínez, 2006).

Nutricionalmente 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 (Pennacchiotti, 1998; Martínez y Martínez, 2006).

La calidad nutricional de una proteína (o una fuente proteica) se define como la capacidad de ésta para cubrir los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos de un determinado individuo. En otras palabras, la calidad proteica se refiere a la medida en que los aminoácidos de la dieta pueden utilizarse para la síntesis proteica (Martínez y Martínez, 2006).

Existen numerosos factores que afectan la calidad proteica, además de su composición en aminoácidos y sus características digestivas intrínsecas. Factores intrínsecos como la propia fuente proteica, su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria o si la proteína misma tiene propiedades antinutricionales. También se debe tener en cuenta el tipo de procesamiento al que ha sido sometida, la forma de almacenamiento o la presencia de factores antinutricionales que forman parte del alimento que la contiene. También existen factores extrínsecos que

afectan tanto la calidad proteica como el aporte adecuado de proteína, entre ellos podemos citar el estado fisiológico y la salud del individuo (Martínez y Martínez, 2006).

Los aminoácidos se pueden clasificar según distintos criterios que, en general, se relacionan con las características fisicoquímicas de su cadena específica. Desde el punto de vista nutricional, se distinguen aminoácidos esenciales y no esenciales (Pennacchiotti, 1998; Vásquez y García Luna, 2006).

Una de las primeras definiciones de un aminoácido esencial es *“aquel aminoácido que no puede ser sintetizado por el organismo animal de sustratos disponibles habitualmente en la célula a la velocidad necesaria para satisfacer las demandas de un crecimiento normal”* (Sklan y Noy, 2004).

El hecho de que un aminoácido sea esencial no implica que su función tenga mayor relevancia en el organismo, sino que simplemente es un concepto nutricional que implica la necesidad de que en la dieta se asegure su aporte al organismo debido a la incapacidad de éste para sintetizarlo. Por lo tanto, el aporte de una cantidad suficiente de proteínas es clave para permitir la síntesis de todos los aminoácidos, además de incluir necesariamente todos los aminoácidos esenciales (Vásquez y García Luna, 2006).

Según Zaviezo (1997, citado por Martín *et al.*, 2002), las necesidades fundamentales de las aves en la etapa de inicio son los aminoácidos en una cantidad que asegure la suficiente reserva de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales.

Se entiende por aminoácido limitante, a aquel aminoácido dietéticamente esencial, que está en la menor proporción en relación a los requerimientos aminoacídicos de un organismo, o bien, en relación a un patrón aminoacídico preestablecido (Egaña, 2002).

En el año 1950 Almquist (1952), estableció claramente que la tasa de crecimiento dependía del consumo del primer aminoácido esencial limitante y la respuesta del animal a la suplementación de la dieta con este aminoácido depende de la suplementación del segundo aminoácido limitante. Desde entonces, esta teoría se ha aceptado completamente por los nutricionistas y es usada para la formulación de las dietas (Wijtten *et al.*, 2004).

Es ampliamente aceptado que los requerimientos avícolas para los aminoácidos esenciales y no esenciales son influenciados por factores dietarios, ambientales y genéticos. Es por esto que algunos investigadores han desarrollado el concepto de “*proteína ideal*” en el cual los requerimientos aminoacídicos son frecuentemente expresados como una razón con la lisina, que lleva a un perfil de aminoácidos ideal en el cual todos los aminoácidos esenciales son igualmente limitantes (Wijtten *et al.*, 2004).

Según González (2000), el formular dietas en base a aminoácidos digestibles permite utilizar niveles más elevados de ingredientes proteicos con menor digestibilidad de aminoácidos, aumentando el rango de ingredientes que pueden ser incorporados eficientemente en la dieta, mejorando la precisión de la formulación y permitiendo predecir en forma más confiable el resultado productivo. Cuando se reemplaza la harina de soya por ingredientes con menor digestibilidad aminoacídica como el afrecho de canola, afrecho de algodón,

afrecho de maravilla, harina de carne y hueso, etc. resultan normalmente en un deterioro de los resultados productivos al formular en base a aminoácidos totales. Sin embargo, cuando dietas similares se formulan en base a aminoácidos digestibles, las ganancias de peso y conversión alimenticia no se afectan. Actualmente existe coincidencia en que la formulación de dietas en base a aminoácidos digestibles es un mejor método que en base a aminoácidos totales.

2.5.- Alimentos Concentrados Proteínicos

Los alimentos concentrados proteínicos (ACP) son productos que contienen 20% o más de proteínas en base seca (Pokniak, 2002).

Según Vásquez y García Luna (2006) se consideran los ACP a aquellos incluidos en un grupo heterogéneo (carne, huevo, legumbres, etc.) caracterizado por aportar proteína en cantidad y calidad superior a otros alimentos. Los ACP de origen animal (carne, pescado y huevo) se caracterizan por aportar proteínas de alto valor biológico, pero en cantidades muy variables que oscilan desde un máximo en la carne de bovino (29% de su peso) a un mínimo en el pescado (15% de su peso). Su contenido en grasa también es muy heterogéneo, lo que determina que el aporte energético de cada alimento y el porcentaje de hidratos de carbono sea muy escaso. Son alimentos completos en cuanto a vitaminas y minerales, ya que sólo son deficitarios en vitamina C. Las legumbres forman un grupo excepcional de vegetales por su riqueza en hidratos de carbono y proteínas de bajo valor biológico.

El rol de los ACP en la alimentación animal involucra su incorporación preferentemente en las dietas destinadas a los animales no rumiantes como las

aves. Además, suple las deficiencias nutritivas de los alimentos concentrados energéticos que constituyen la mayor proporción en las dietas, pudiendo superar el 50% de estas (Pokniak, 2002).

La incorporación de los ACP no sólo se debe condicionar a la corrección de determinadas deficiencias nutritivas, sino que, en su selección, hay que evaluar el costo de estos alimentos y su disponibilidad, así como también, algunas limitaciones que les son propias, como la presencia de factores tóxicos, sabor y especie animal a la cual están destinados (Pokniak, 2002).

2.6.- Maíz y Subproductos del Maíz

El maíz amarillo es el cereal más usado en las dietas de las aves y constituye aproximadamente el 50% de la dieta de las aves en las distintas etapas de producción (Sturkie, 1967). Es, alto en energía y usualmente provee la mayor cantidad de energía de la dieta. Es en general, el grano más barato que puede utilizarse en la alimentación de las aves, pero no es únicamente su bajo costo lo que lo hace apetecible para su uso, también se caracteriza por tener un color atractivo y ser apetecible por las aves (Leeson y Summers, 2001a). El maíz tiene una alta proporción de hidratos de carbono en relación a las proteínas, pero es deficiente en cenizas, proteínas y vitaminas, con un buen aporte de ácido linolénico (Heuser, 1955a).

Muchos nutricionistas consideran al maíz como un ingrediente que se digiere completamente y es relativamente estable entre partidas. Sin embargo, puede existir una amplia variedad entre distintos tipos de maíz en cuanto a su contenido de energía metabolizable aparente corregida para nitrógeno (EMAn).

Esta variabilidad se puede explicar debido a diferencias en el contenido de aceite, proteína, humedad, condiciones de cosecha y características del almidón (González, 2000).

Aún cuando el almidón es el carbohidrato predominante en los cereales, existen dentro de la composición de éstos, carbohidratos o polisacáridos no-amiláceos (PNA). Todos los cereales que se utilizan en las dietas de aves contienen algún grado de PNA (Iji, 1999). Los PNA son considerados como un grupo de factores antinutricionales debido a que disminuyen la productividad del broiler. Los PNA más comunes incluyen a los β -glucanos, arabinosilanos y fructanos (Classen y Bedford, 1991, citado por González, 2000).

Es por esto que durante la primera fase de crecimiento (1 a 21 días de edad), no es conveniente incluir altos contenidos de PNA. Las consecuencias negativas son una disminución de la actividad de enzimas pancreáticas, una disminución en la absorción de nutrientes y un aumento indeseado en la microflora intestinal la cual puede producir trastornos en la integridad de la mucosa como en la digestión de nutrientes. Todos estos factores van en desmedro del pleno desarrollo inicial del sistema gastrointestinal (González, 2000).

El gluten de maíz se obtiene como subproducto del procesamiento del maíz para la obtención de almidón de maíz y otros productos. El gluten de maíz es la parte del grano comercial que queda después de la extracción de la mayor parte del almidón y del germen y de la separación del salvado en el proceso empleado en la fabricación en medio húmedo del almidón de maíz o del jarabe de maíz. Es un ACP de origen vegetal muy importante (Heuser, 1955a) y su alto

porcentaje de proteínas (60%) lo hace comparable a las proteínas de origen animal en la formulación (Leeson y Summers, 2001a). La disponibilidad de este producto es relativamente limitada y la presencia de pigmentos, principalmente xantofila, favorece la coloración de la yema del huevo y de la piel de los pollos broiler (Pokniak, 2002).

El gluten de maíz puede ser empleado en dietas de los pollos cuando se complementa debidamente para corregir sus deficiencias en arginina, lisina y triptofano y algunas vitaminas del complejo B (Heuser, 1955a; Leeson y Summers, 2001a). Además, el gluten de maíz por tener una consistencia pulverulenta, presenta problemas de palatabilidad que afectan el consumo de alimentos (Campabadal y Zumbado, 1985).

2.7.- Afrecho de Soya

El afrecho de soya es una de las fuentes proteicas de origen vegetal más utilizada en las dietas de aves. Es interesante destacar que distintas partidas de este ingrediente que cumplen con las especificaciones de calidad determinan resultados productivos distintos en pollos broiler. Esto se puede deber a variaciones en el contenido de otros factores antinutricionales como proteínas antigénicas, lipooxigenasas, saponinas, lectinas, oligosacáridos, PNA, e isoflavones, los cuales pueden afectar positiva o negativamente el rendimiento de las aves. Se desconoce la interacción que puede existir entre estos compuestos como los factores que determinan su concentración. Los oligosacáridos de la soya corresponden a un grupo de carbohidratos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa) pobremente digeridos por las aves debido a la carencia de la enzima α -galactosidasa (González, 2000). Leske y Coon (1999) observaron que al

remover estos oligosacáridos de la soya mediante una extracción con etanol aumentaba la digestibilidad de la materia seca, de aminoácidos y la EMVn.

El poroto de soya crudo, del cual se obtiene el afrecho o harina de soya, contiene proteínas llamadas lectinas o hemoaglutininas que en el intestino se unen a los enterocitos disminuyendo la absorción de nutrientes. Las lectinas son bastante resistentes a los procesos digestivos y se unen a glicoproteínas en la membrana en cepillo de la pared intestinal. De esta forma, las lectinas alteran la funcionalidad de la membrana, reducen la viabilidad de los enterocitos, producen hiperplasia de las criptas y un aumento en el peso del intestino (González, 2000). Por su naturaleza termosensible, normalmente se considera que las lectinas son destruidas con el procesamiento del poroto de soya crudo. El uso de enzimas que tienen como sustrato los oligosacáridos se consideran como una alternativa viable a futuro para disminuir esta variabilidad (Choct y Kocher, 2000, citado por González, 2000).

2.8.- Uso de Harina de Pescado en la Dieta de las Aves

La harina de pescado (HAPES) de alta calidad es reconocida por los nutricionistas animales como una excelente fuente de proteína, energía, minerales y vitaminas y ha sido un ingrediente alimenticio muy popular para aves de corral durante muchas décadas (Maugalema y Gernat, 2003). Tiene un contenido aproximado de 65% de proteína, siendo su aporte en lisina y metionina de gran utilidad para suplementar las dietas. Por su contenido de extracto etéreo, especialmente aquellas de anchoveta, se originan reacciones de peroxidación con generación de aldehídos que se unen a grupos NH_2 libres con lo cual se disminuye su valor biológico. Al oxidarse los ácidos grasos, su

contenido energético también se ve disminuido, por lo que se protegen las HAPES con antioxidantes. La HAPES es una buena fuente de vitamina B12 (100 ug/kg), B2, Niacina y Colina y de minerales como calcio y fósforo, con elevadas biodisponibilidades (Pokniak, 2002).

La HAPES se obtiene empleando como materia prima diferentes tipos de peces como anchoveta (norte del país), jurel y merluza, así como también de residuos de fábricas de conservas de pescado. Dependiendo del material empleado, el contenido de proteína puede variar, así como también el porcentaje de cenizas. Se ha determinado que a mayor incorporación de restos de conservería, mayor será el contenido de cenizas y menor el de proteína (Pokniak, 2002).

Según Wu *et al.*, (1984), la HAPES y sus derivados han sido considerados como una buena fuente de suplementación proteica para la alimentación avícola. Warnick y Anderson (1968) determinaron que los aminoácidos sulfurados son la mayor limitante en dietas de maíz-soya. Esta condición puede ser corregida mediante el reemplazo de la proteína aportada por el afrecho de soya y/o sus subproductos con una porción proveniente del HAPES. La incorporación de HAPES a las dietas promueve el crecimiento de las aves por la presencia de factores de crecimiento que posee este producto (Harrison y Coates, 1972; Avila y Balloun, 1974). Según Leeson y Summers (2001b), las proteínas de la HAPES son relativamente altas en muchos de los aminoácidos esenciales y que estos aminoácidos se presentan en las proporciones óptimas para permitir un buen crecimiento del pollito. Es por esto que las proteínas de la HAPES han sido reconocidas por tener un valor biológico mayor que la mayoría de las proteínas vegetales.

Debido al alto costo, el sabor indeseable que le transfiere a la carne de ave y el efecto de la depresión del crecimiento causada por un alto nivel en la dieta del broiler, la inclusión de HAPES se encuentra usualmente restringida (Wu *et al.*, 1984).

2.9.- Complementación Aminoacídica

Las proteínas individuales están caracterizadas por tener un contenido aminoacídico definido. Algunas proteínas individuales son buena fuente de todos los aminoácidos esenciales, mientras que otros son muy deficientes o están desprovistas de uno o más aminoácidos esenciales. El valor biológico de una proteína es alto si es que contiene todos los aminoácidos esenciales en la proporción adecuada para las aves. Sin embargo, si es que falta un solo aminoácido esencial, el valor biológico de la proteína es cero. El contenido aminoacídico total de un ingrediente depende de la combinación relativa de los variados constituyentes proteicos individuales. Así, una combinación adecuada de proteínas incompletas puede proporcionar proteínas de buena calidad en la dieta porque la falta de aminoácidos en una de ellas queda debidamente compensada con la presencia de estos aminoácidos en otras proteínas (Heuser, 1955c; Leeson y Summers, 2001b).

En otras palabras para mejorar la composición aminoacídica de la proteína dietaria se utiliza la complementación aminoacídica, resultante de la mezcla de dos o más fuentes proteicas, para que el patrón aminoacídico de la proteína resultante sea mejor que el patrón de las fuentes proteicas individuales. Así, por ejemplo, la mezcla del grano de maíz con el afrecho de soya, tiene una composición aminoacídica esencial mejor que la de ambos componentes

individuales, ya que la proteína del maíz, tiene como primer aminoácido limitante a la lisina, pero es buena fuente de metionina; a diferencia, el afrecho de soya, es buena fuente de lisina, pero su primer aminoácido limitante es la metionina (Egaña, 2002).

Los ACP de origen animal suelen dar mejores rendimientos productivos en las aves que los de origen vegetal. Esto se debe probablemente a ciertas deficiencias, principalmente en minerales, algunos aminoácidos y vitaminas. Las sustituciones parciales han dado resultados muy satisfactorios corrigiendo las deficiencias aminoacídicas presentes y al proveer un mejor balance de aminoácidos, especialmente aquellos disponibles o digestibles, resultando además en una utilización más económica del aminoácido para el crecimiento (Heuser, 1955b; Sturkie, 1967; Leeson y Summers, 2001b; Pokniak, 2002; Refstie *et al.*, 2004).

En términos nutricionales, es importante conocer el concepto de calidad proteica, pero no menos importante es tener en cuenta el significado de complementación proteica. Así, los alimentos proteicos en la alimentación de las aves debieran consumirse de forma combinada para suplir las limitaciones de las distintas fuentes, logrando así mejorar la calidad de la proteína aportada en la dieta (Vásquez y García Luna, 2006).

2.10.- Importancia de una Buena Nutrición en los Primeros Días

Cuando los pollos eclosionan, parecieran estar listos para enfrentar los desafíos que implica convertirse en adulto. Sin embargo, hay muchos procesos fisiológicos que aún se encuentran madurando y continuarán haciéndolo por las

siguientes 2 a 3 semanas, mejorando su capacidad funcional con la edad. Algunos de estos sistemas incluyen el digestivo, el inmune y el de termoregulación (Fairchild, 2002; Maiorka y Dahlke, 2006). A pesar de que estos sistemas se encuentren anatómicamente completos al final del período de incubación, ellos sufren considerables cambios morfo-fisiológicos después de la eclosión, tales como hiperplasia, hipoplasia y diferenciación celular (Maiorka y Dahlke, 2006).

El saco vitelino es un recurso de supervivencia con la que se ha dotado a las aves para enfrentar los momentos críticos entre el nacimiento y el hallazgo de alimento, pero no lo es para cumplir con las exigencias de ganancia de peso inicial que se les impone a los pollos en un régimen intensivo (Venturino, 2006).

Durante la incubación, la yema de huevo es la única fuente de energía y el remanente de yema se interna en la cavidad abdominal en el día 19 de incubación y continúa proveyendo energía por 3 a 5 días después de la eclosión (Uni *et al.*, 1998). En las aves recién nacidas permanece un 15-25% de la yema, la cual les proporciona un 16-35% de grasa y un 20-25% de proteína en el momento de la eclosión (Noy y Sklan, 1999), y es la única fuente alimenticia hasta que el alimento exógeno la sustituye después de la eclosión (Noy y Sklan, 1998).

Además, el saco vitelino también provee vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales, triglicéridos y fosfolípidos requeridos para la formación del tejido del embrión (Maiorka y Dahlke, 2006), aparte de cumplir con una importante función inmunológica de transferencia de anticuerpos (Ig A) (Venturino, 2006). El contenido lipídico de éste se transfiere durante este período embrionario al sistema circulatorio como lipoproteínas (Noy y Sklan, 1999).

Los primeros días después del nacimiento y hasta aproximadamente los 14 días de edad, el tubo digestivo y sus órganos asociados sufren cambios significativos tendientes a permitir una adecuada transición desde una alimentación embrionaria dependiente fundamentalmente de lípidos y proteínas del huevo hacia una dieta rica en carbohidratos, proteínas y grasas (Sklan, 2000). Los cambios más evidentes que ocurren en este período son aumento de la longitud, altura y densidad de las vellosidades intestinales debido a un aumento del número de enterocitos, células goblet y células enteroendocrinas, lo que resulta en un aumento de la superficie de absorción del intestino y de su masa relativa (Imondi y Bird, 1966; Baranyiova, 1972; Baranyiova y Holman, 1976; Bar-Shira y Friedman, 2005).

Desde este punto de vista, tiene sentido que el sistema digestivo se desarrolle a fondo para proveer la energía y los nutrientes para la mantención y maduración de los otros sistemas corporales (Fairchild, 2002). Es más, se ha encontrado que en el broiler el tracto gastrointestinal es el órgano que necesita mayor aporte de nutrientes y emplea entre un 23 y un 36% del total de energía y entre el 23 y el 38% de toda la proteína absorbida por el organismo (Mateos *et al.*, 2002). De acuerdo con Noy y Sklan (1998), se observó un desarrollo más rápido del intestino delgado en comparación con el peso corporal durante el último tercio del período de incubación, alcanzando el máximo desarrollo relativo entre los 4 y 8 días posteclosión. El aumento temporal del peso y longitud intestinal no son idénticos para los distintos segmentos, ya que el duodeno mostró un rápido crecimiento temprano en comparación con el yeyuno e ileon (Noy, 2005). En contraste, otros órganos del sistema digestivo como el estómago muscular y el páncreas, mostraron una menor tasa de crecimiento (Uni *et al.*, 1999).

Se ha observado que la longitud del intestino aumenta durante la primera semana de vida incluso en la ausencia de alimento (Noy y Sklan, 1999; González, 2000), aunque los crecimientos absolutos y relativos de las aves son menores. En las aves ayunadas, el sustrato para este crecimiento se origina de la yema, reiterando nuevamente la alta prioridad para el crecimiento intestinal después de la eclosión. Por tanto, la yema es usada como suplemento energético y como fuente proteica para el crecimiento inicial de tracto gastrointestinal, el cual es mejorado por una alimentación temprana. Así, el inicio de la alimentación aumenta la longitud de las vellosidades, el diámetro intestinal, la utilización de la yema, estimula la peristalsis intestinal, los sistemas de transporte de nutrientes, gatilla la secreción de enzimas pancreáticas, la síntesis de sales biliares y produce un aumento de la actividad de las enzimas que se encuentran en el borde en cepillo intestinal, como por ejemplo, la fosfatasa alcalina; todo lo cual mejora la utilización de los nutrientes (Baranyiová, 1972; Uni *et al.*, 1995; Dibner *et al.*, 1998; González, 2000; Lenhardt y Mozes, 2003; Noy, 2005).

Se ha observado que las aves alimentadas inmediatamente después de la eclosión tuvieron mayores actividades de tripsina, amilasa y lipasa en la mucosa intestinal, lo cual se correlacionó con pesos intestinales y corporales mayores tanto a los 7 días como a la edad de faenación (Noy y Sklan, 1998; Sklan y Noy, 2000).

Por el contrario, la restricción de agua y/o alimento inmediatamente después de la eclosión también cambia la estructura de la mucosa intestinal deprimiendo la proliferación y migración enterocitaria del intestino y el desarrollo de la cripta y de la vellosidad, particularmente en el duodeno y el yeyuno, provocando una disminución del peso corporal. Así, los pollitos sin un

suplemento nutritivo adicional en las primeras 24 h, se encuentran claramente con un déficit energético e invariablemente perderán peso (Baranyiova 1972; Baranyiova y Holman, 1976; Deaton, 1995; Noy y Sklan, 1998; Uni *et al.*, 1998; Lenhardt y Mozes, 2003; Saki, 2005; Hooshmand, 2006; Maiorka y Dahlke, 2006).

Es por esto que el incremento progresivo en el área absortiva intestinal, en la secreción de enzimas pancreáticas y la capacidad hidrolítica de la mucosa sugieren que el consumo de alimento, el crecimiento del intestino y la actividad enzimática están coordinadas en aves jóvenes para mantener una eficiente disponibilidad de nutrientes (Sklan, 2000). Además, existe una estimulación mecánica del tracto gastrointestinal cercana a la eclosión (Noy y Sklan, 1998), pero sin ingesta de alimento que lo siga esta ventaja no se mantiene previniendo el estímulo de los nutrientes sobre el sistema digestivo y reduciendo, por consecuencia, el uso de los nutrientes disponibles en el saco vitelino, los cuales son esenciales para el desarrollo temprano de los pollitos (Noy, 2005; van Rensburg, 1999).

Un ejemplo de esto es que al nacer el pollo, el glicógeno hepático se consume rápidamente cuando el pollo tiene acceso al oxígeno. Sin embargo, durante este período inicial, el pollo tiene un alto requerimiento energético, que puede ser cubierto por los lípidos de la yema en una primera fase; pero, al no tener acceso a una fuente de glucosa (en caso de ayuno prolongado) para restablecer el glicógeno hepático sufre una cetosis producto de una activa gluconeogénesis (Best, 1966). Además, un catabolismo incompleto de ácidos grasos a esta edad, reduce la producción de agua metabólica que es crucial para la hidratación de los tejidos (Vieiria y Moran, 1999). Una falta en el aporte de

carbohidratos aumentará la dependencia de aminoácidos para gluconeogénesis disminuyendo la disponibilidad de aminoácidos para el crecimiento inicial (González, 2000).

Otro punto a destacar es que cuando los nutrientes no son aportados por la alimentación, los pollitos recién eclosionados usan la energía y proteína del saco vitelino para el crecimiento intestinal. Sin embargo, el 20% de las proteínas residuales del saco vitelino consisten en inmunoglobulinas maternas, y los lípidos residuales del saco vitelino son básicamente triglicéridos, fosfolípidos y colesterol. El uso de estos nutrientes para propósitos nutricionales puede privar al pollito recién eclosionado de la protección de anticuerpos aumentando el riesgo de la ocurrencia de enfermedad durante toda la vida del ave (Maiorka y Dahlke, 2006).

Por otra parte, los fosfolípidos y el colesterol tienen una vía metabólica energética deficiente, por lo que son utilizados de mejor manera como componentes esenciales de las membranas celulares. Incluso si todos los triglicéridos del saco vitelino fueran metabolizados con un 100% de eficiencia, la máxima cantidad de energía producida sería alrededor de 9 cal, lo cual es menor que las 11 cal necesarias para la mantención del pollito en los primeros días de vida. Es por esto que se sugiere que los componentes residuales del saco vitelino no sean usados como fuentes de aminoácidos y energía, porque éstos son más importantes y necesarios como macromoléculas intactas para el pollito recién eclosionado (inmunoglobulinas, fosfolípidos, etc.) que como moléculas metabolizables (Maiorka y Dahlke, 2006).

En resumen, a la eclosión, los polluelos están haciendo una transición metabólica y fisiológica desde obtener todos sus requerimientos nutricionales del huevo a satisfacer los requerimientos nutricionales de una fuente de nutrientes exógena. Durante esta transición, los carbohidratos y aminoácidos dietarios no son bien utilizados debido a limitantes en su digestión y absorción. En la mayoría de los casos los pollos se encuentran en un balance nutricional negativo y utilizan recursos críticos corporales (tejido muscular) para sobrevivir. Como resultado los pollos pierden peso y son más susceptibles a enfermedades. Una mortalidad de 2 a 5% durante el período crítico posteclosión no es poco común. Adicionalmente, los lotes exhiben un crecimiento retardado o ineficiente, baja resistencia a enfermedades y una pobre producción cárnica (Ferket y Uni, 2002, citado por Behnke y Beyer, 2000). El desarrollo temprano del intestino, el principal órgano abastecedor de nutrientes, es crítico para darle a los pollitos recién eclosionados un buen comienzo (Behnke y Beyer, 2000).

Esto concuerda con el planteamiento que el crecimiento final del ave es directamente proporcional al desarrollo temprano de los sistemas que suministran sustratos al resto del cuerpo, específicamente, los sistemas gastrointestinal y cardiovascular (Martin *et al.*, 2002).

Todo lo anteriormente expuesto nos indica que los pollos deben tener acceso al alimento tan pronto como sea posible después del nacimiento. Por esto, se deben evitar las demoras innecesarias en el despacho de los pollos a los pabellones de engorda y una vez que los pollos llegan a la granja deben tener acceso inmediato al alimento y agua (González, 2000).

En la práctica, como los embriones de pollo tienen una amplia ventana de eclosión, los criaderos comerciales no retiran las aves hasta que el número máximo de huevos eclosiona, y así a la salida del criadero los polluelos tienen un promedio de más de 1 día de edad. Los manejos del criadero tales como el despique, vacunación, el sexaje y el transporte a las granjas, dan lugar a un retraso de tiempo adicional antes que las aves tengan el primer acceso al alimento y al agua. Así, la mayoría de los polluelos ayunan por 48 horas o más antes del primer acceso a la alimentación (Noy y Sklan, 1998).

Según lo observado, un retraso de 24 a 48 horas desde la planta de incubación a las granjas de engorde lleva a una reducción del 50% en el peso del saco vitelino y a una reducción del peso corporal a las 3 y 7 semanas que pueden ser equivalentes a un aumento en el período de engorda de 1 a 2 días para alcanzar el peso de mercado (Nir y Levanon, 1993; Noy y Sklan, 1998; Hudson *et al.*, 1999). Así, cuando algunos pollitos no empiezan a alimentarse hasta pasados uno, dos o tres días, el lote se enfrenta a problemas de uniformidad y a un peso promedio al sacrificio que se verá significativamente reducido (Nicholson, 2004).

La nutrición temprana juega un rol importante en la producción y rentabilidad avícola. Al proveer la óptima nutrición en las primeras 48 horas se tiene un sustancial impacto en el rendimiento final de las aves (Hooshmand, 2006). Muchas investigaciones han demostrado que el peso del pollo a las 6-7 semanas de edad tiene una relación lineal con el peso en la primera semana de vida y que esto no se debió a la edad de las reproductoras o al peso del pollo al día de edad. La alimentación posteclosión puede afectar el rendimiento del broiler durante el período de crianza (Knight y Dibner, 1998; Saki, 2005).

En consecuencia, los pollos con una buena nutrición temprana conseguirán un peso final al sacrificio mucho mejor que los lotes que se encuentran con dificultades en cualquier momento del proceso de desarrollo. Un peso adicional de 10 g a los 7 días puede significar un incremento de un 50-70 g en el peso que se obtenga a los 40 días, momento del beneficio (Rushby, 2003; Nicholson, 2004).

El objetivo final es el rápido crecimiento de un ave sana. A menos que el sistema de suministros gastrointestinales pueda madurar rápidamente y proporcionar los sustratos necesarios, los órganos demandantes tales como el músculo, no podrán crecer a las tasas deseadas. Los nutrientes deben estar rápidamente disponibles y a niveles muy por encima de los requeridos para mantenimiento. De esta forma el aprovisionamiento temprano de nutrientes afecta no sólo la supervivencia inmediata y la resistencia a enfermedades, sino también la expresión final del potencial genético (Dibner *et al.*, 1998).

2.11.- Dietas de Preinicio

Si definimos la etapa inicial de crianza desde el nacimiento hasta los primeros 10-14 días de edad, nos encontramos con un período de la vida en el cual se produce el desarrollo anatómico, fisiológico e inmune de las aves, siendo por lo tanto sus requerimientos muy altos, fundamentalmente, por contar con un sistema termoregulador inmaduro (Venturino, 2006).

El manejo nutricional en las primeras etapas de crecimiento es fundamental para lograr adecuados resultados productivos. Lo que implica alimentar a las aves de tal forma de lograr el mayor aprovechamiento posible de

los nutrientes, manteniendo la integridad del sistema gastrointestinal. Esto significa lograr un desarrollo inicial adecuado para luego continuar con estrategias nutricionales tendientes a optimizar la rentabilidad del kilo de carne producido (González, 2000).

Como se indicó anteriormente, la fisiología y anatomía de los broiler durante la primera semana después de la eclosión son distintas de los broiler adultos, y su habilidad para absorber ciertos nutrientes se encuentra reducida. Por lo que se ha recomendado usar una dieta distinta durante la primera semana de edad. Esto se conoce como una dieta de preinicio (van Rensburg, 1999). Así, en el último tiempo se ha hecho una práctica común en la industria avícola utilizar una dieta de preinicio de 1 a 7 o 10 días de edad con el objeto de entregarle al pollo broiler una nutrición adecuada para el desarrollo del sistema gastrointestinal, compatibilizando las limitaciones fisiológicas con el aprovechamiento de los nutrientes (González, 2000; Saki, 2005).

Dada la relación tan estrecha entre el consumo inicial y el peso final, se infiere que las prácticas de manejo deben centrarse en que los pollitos desarrollen un buen apetito, desde el inicio, para aprovechar el crecimiento potencial, durante los primeros 7 días (Nicholson, 2004).

Si el manejo inicial no satisface las necesidades que plantea este período de crianza, posteriormente quedará muy poco tiempo para enmendar errores (Nicholson, 2004).

Cabe destacar que en los primeros 7 días de edad el pollo aumenta su peso vivo en un 400%, consume aproximadamente 150 a 180 gramos de alimento y

este período representa un 17% del período total de crecimiento. El bajo consumo de alimento 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 (Ensminger *et al.*, 1990 citado por Behnke y Beyer, 2000; González, 2000; Saki, 2005).

Una nutrición equilibrada en el período de preinicio significa asegurar que todos los broiler maximizan el consumo de nutrientes debido a que se correlaciona altamente con la ganancia de peso vivo. La maximización de la ingesta de nutrientes es una combinación de la estimulación de un alto consumo de alimento y el uso de una dieta de excelente calidad. Es bien sabido que mayores pesos vivos a los 7 o 10 días posteclosión, permitirán a los broiler alcanzar su peso de mercado a una edad más temprana. La contribución del nutricionista para maximizar el consumo de alimento es formular dietas de preinicio con altos niveles nutritivos (Kemp y Kenny, 2003b).

De acuerdo con Brito *et al.* (2006), el uso de un alimento preiniciador minipeletizado de alta calidad biológica es indispensable en la avicultura moderna. Además, han señalado diferencias importantes en el desarrollo de los órganos digestivos en pollitos de una semana de edad, al utilizar dietas de preinicio de alto valor biológico. Estos cambios incluyen hasta un 600% más de masa del intestino delgado, con un aumento del largo intestinal, profundidad de las criptas y área total de las vellosidades intestinales a nivel de duodeno, mejorando la capacidad digestiva de los pollos. Este parámetro resulta esencial para obtener un mayor peso de mercado.

Las necesidades proteicas y de aminoácidos son fundamentales en los primeros días de vida de los pollos y son determinantes en el rendimiento final (Martin *et al.*, 2002). La información claramente demuestra que al aumentar el nivel de aminoácidos disponibles en la dieta de preinicio se aumenta significativamente el peso vivo a los 7 y 42 días, la ganancia de peso total, mejoran la uniformidad, la conversión alimenticia y el rendimiento de pechuga (Kemp y Kenny, 2003b; Powley, 2004).

En resumen, las primeras dos semanas de vida son particularmente importantes en el desarrollo del ave. Es durante este tiempo que la función gastrointestinal, si es adecuadamente estimulada, se desarrolla completamente. Es también durante este período que el pollito se encuentra más sensible a la proteína dietaria mientras la sensibilidad a la energía dietaria se desarrolla. Sin embargo, la entrega de adecuadas cantidades de carbohidratos, proteínas y grasas pueden inducir las vías enzimáticas requeridas para un óptimo crecimiento y eficiencia alimenticia a edades mayores (Brake, 2002).

2.12.- Hidrolizados Proteicos de Pescado

A las proteínas de pescado se les reconoce un alto valor nutricional; sin embargo, un alto porcentaje de la captura (especies de bajo valor comercial y residuos de la industrialización) es desechado o subaprovechada lo que presenta serios problemas de contaminación del ambiente. La aparición de nuevos productos en el mercado de alimentos pecuarios puede ser posible mediante la optimización y reducción del volumen de estos residuos sólidos en el procesamiento de pescados. Una de las soluciones a corto plazo sería el surgimiento de alternativas tecnológicas con valor agregado, las cuales además

ofrecen ventajas en los aspectos económicos y sociales por la incorporación inmediata de mano de obra y generación de empleos (Furlan y Oetterer, 2002).

Así, se ha procurado un mejor aprovechamiento de esa materia prima secundaria con la preparación de harinas de pescado (HAPES), concentrados proteicos de pescado (FPC) e hidrolizados proteicos de pescado (HPP) (Martone *et al.*, 2003).

Los HPP (o FPH por su sigla en inglés según lo designado por la FAO), son considerados concentrados proteicos, obtenidos mediante un proceso de hidrólisis de las proteínas del pescado. Este producto puede alcanzar una concentración proteica de 90%, además de presentar propiedades funcionales útiles para la industria alimenticia (Diniz y Martin, 1999; Furlan y Oetterer, 2002).

El desarrollo de los HPP se inició en Canadá en la década del '40 (Ruiter, 1999, citado por Furlan y Oetterer, 2002). Su primera aplicación fue como fuente de nitrógeno para el cultivo de microorganismos, demostrando que la carne de pescado hidrolizada por enzimas propiciaba un mejor desarrollo bacteriano que los hidrolizados preparados por hidrólisis química. Desde entonces los HPP son considerados como excelentes peptonas para las bacterias, comparables con las mejores peptonas cárnicas del mercado (Furlan y Oetterer, 2002).

No existen datos que hagan posible determinar con claridad qué especie de pescado se ajusta mejor al proceso de hidrólisis. La elección de la materia prima depende de la disponibilidad del fabricante y de las especificaciones exigidas por el cliente. La materia prima actualmente usada son los descartes comestibles del procesamiento de pescado magro, y se ha observado que especies con alto tenor

graso promueven el desarrollo de aromas intensos en el producto final (Wu *et al.*, 1984; Furlan y Oetterer, 2002).

Las propiedades de cualquier HPP dependen tanto de la selección de las materias primas como el proceso de hidrolización (Refstie *et al.*, 2004). La carne del pescado cuando es hidrolizada enzimáticamente, bajo condiciones controladas, mantiene la calidad nutricional del sustrato original y sus productos son reproducibles y bien definidos (Venugopal, 1994; Diniz y Martin, 1999). La composición típica de un HPP producido a partir de un pescado magro en base seca contiene un 85-90% de proteína, 2-4% de lípidos y un 6-7% de ceniza (Furlan y Oetterer, 2002).

En general, los HPP poseen un contenido de aminoácidos esenciales similares o hasta superiores a la proteína de referencia sugerida por la FAO. Las pruebas biológicas de digestibilidad, como el PER (Protein Efficiency Ratio), comparan su valor nutritivo con el de la caseína de la leche (Diniz y Martin, 1999; Furlan y Oetterer, 2002).

Los HPP se pueden obtener básicamente por tres métodos: hidrólisis alcalina, hidrólisis enzimática e hidrólisis ácida (Lahl y Braun, 1994). La hidrólisis enzimática se consigue por medio de la acción de una enzima con actividad proteolítica y presenta diferentes ventajas (Aurrekoetxea y Perera, 2002) frente a los métodos químicos de procesado para la obtención de HPP entre las que se pueden citar:

-La especificidad de acción de la enzima, lo que posibilita el control de las características en el producto final.

-La digestión bajo condiciones moderadas permite obtener un producto soluble de elevada calidad, ya que el músculo no es sometido a temperaturas y pH extremos ni a la acción de disolventes orgánicos, bases o ácidos que pudieran comprometer el valor nutritivo del producto final.

-Características funcionales atractivas, como solubilidad y dispersión, sin destrucción de aminoácidos esenciales, conservando el valor nutritivo de la proteína nativa (Diniz y Martin, 1999; Furlan y Oetterer, 2002) mejores que los hidrolizados ácidos y básicos tradicionales.

-La inactivación de la enzima por calor haciendo innecesaria su eliminación del medio de reacción.

Por todo esto, la hidrólisis enzimática aparece como una de las tecnologías más extendidas para la obtención de hidrolizados proteicos a partir de subproductos de la pesca (Diniz y Martin, 1997).

Las enzimas vegetales, animales y/o microbianas actúan como catalizadores biológicos que aceleran la hidrólisis de las proteínas. Las enzimas más comúnmente empleadas en estos procesos son la papaína, pancreatina y bromelina (Furlan y Oetterer, 2002). Existen hoy proteasas disponibles en el mercado que son mezclas de estas enzimas y normalmente se venden en estado líquido o en pellets (Guadix *et al.*, 2000).

El proceso de obtención del HPP es relativamente simple y rápido. Aplicado en la recuperación de la proteína de los desperdicios del fileteo del pescado, estos residuos son finamente cortados o molidos y colocados en un recipiente con agua, seguida de la adición de enzimas. La cantidad de enzima a

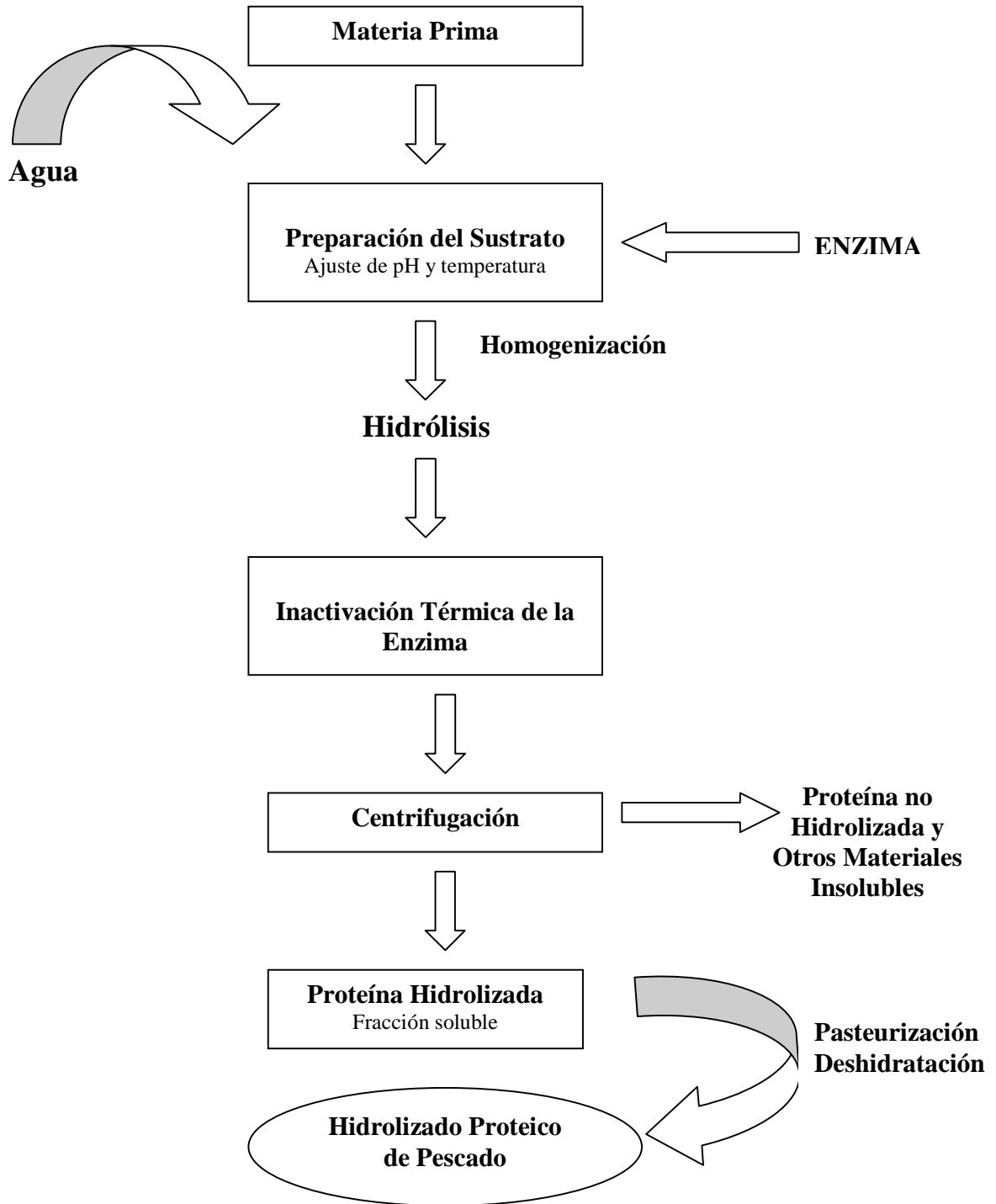
ser adicionada depende de su actividad proteolítica y del porcentaje de proteína de la materia prima que se digerirá. Algunos investigadores utilizan una parte de la enzima en 200 de proteína (1: 200). Generalmente se utilizan medios ácidos o alcalinos para proporcionar condiciones óptimas de digestión o para prevenir el crecimiento bacteriano (Furlan y Oetterer, 2002).

El empleo de enzimas proteolíticas para la solubilización de la proteína de pescado, da como resultado dos fracciones: soluble e insoluble. La fracción insoluble se puede utilizar en la alimentación animal y la fracción soluble, que contiene la proteína hidrolizada, puede constituir un ingrediente para ser incorporado al consumo humano y animal (Furlan y Oetterer, 2002).

Los aminoácidos presentes en los hidrolizados son similares a los que están en la proteína original, cuando no es separada la fracción insoluble, y la calidad proteica de los HPP es un poco inferior, si se considera solamente la fracción soluble. En este caso, la composición aminoacídica depende del grado de la hidrólisis obtenida (Shahidi *et al.*, 1995) el cual puede ser controlado a través de la velocidad de la reacción, y el que a su vez influencia las características funcionales del producto final como solubilidad, dispersión, la capacidad de retención de agua y emulsificación. Un aumento en el tiempo de hidrólisis o en la relación enzima/sustrato dará lugar a una reducción de la longitud media de las cadenas de péptidos de la fracción soluble (proteína hidrolizada). Sin embargo, una proteolisis prolongada dará lugar a la formación de péptidos extremadamente solubles con características funcionales indeseables, promoviendo la formación de un gusto amargo (Diniz y Martin, 1999). La intensidad del sabor amargo frecuentemente encontrado en los HPP depende entonces del grado de hidrólisis y de la especificidad de la proteasa, y por lo tanto, del tamaño de los péptidos

generados y la intensidad de ruptura de los enlaces. Algunos autores han observado que el sabor amargo se debe a la exposición de aminoácidos hidrofóbicos en un ambiente acuoso (Furlan y Oetterer, 2002; Martone *et al.*, 2003).

Organigrama de la Producción de un Hidrolizado Proteico de Pescado
(Furlan y Oetterer, 2002).



La hidrólisis enzimática de proteínas es un proceso que transcurre a través de un conjunto de etapas en serie (Guadix *et al.*, 2000):

Proteínas → Proteosomas → Peptonas → Péptidos → Aminoácidos

Cada uno de estos productos intermediarios, se diferencia básicamente de los otros en su solubilidad, lo que se relaciona con los tamaños moleculares medios (MW) y con la relación nitrógeno amino/nitrógeno total (NA/NT) los cuales se pueden observar en la Tabla 1 (Knights 1985, Guadix *et al.*, 2000; Belén *et al.*, 2007).

Tabla 1. Características de los Productos Obtenidos en la Hidrólisis de Proteínas (Guadix *et al.*, 2000).

	MW (Da)	AN/TN
Proteínas	> 20.000	< 0,01
Proteosomas	5.000 – 10.000	< 0,01
Peptonas	1.000 – 6.000	0,1 – 0,5
Péptidos	200 - 500	0,5 – 0,8
Aminoácidos	75 - 200	0,8 – 0,9

La proteasa actúa sobre el enlace peptídico, rompiéndolo, y liberando el grupo amino y el grupo carboxilo (Guadix *et al.*, 2000).

Hay que tener presente además, que la hidrólisis proteolítica no es una sola reacción, sino que se trata de un conjunto de reacciones simultáneas de ruptura de enlaces, con distintas especies cargadas en equilibrio, lo que da una gran complejidad a este tipo de procesos (Guadix *et al.*, 2000).

La relación entre los productos obtenidos de la hidrolización proteica puede ser controlada y optimizada de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada especie a la cual está orientado. Este diseño de distribución de peso molecular optimizado para cada especie permite que las moléculas generadas sean digeribles y altamente absorbidas por los animales, lo que evita la aparición de problemas gástricos propios de los animales en fases iniciales de crecimiento, con un aparato digestivo inmaduro (Millán, 2005). Por tanto, el control del proceso de reacción y la caracterización de los hidrolizados en base al tamaño de los péptidos son procesos importantes en la hidrólisis de proteínas (Guadix *et al.*, 2000).

Tradicionalmente, se piensa que todas las proteínas dietarias necesitan ser hidrolizadas para liberar los aminoácidos que posteriormente serán absorbidos. Este concepto cambió cuando el primer transportador de oligopéptidos intestinal (PepT1) fue identificado y clonado en ratas y conejos (Boll *et al.*, 1994; Fei *et al.*, 1994 citado por Zhao, 2005). Después se identificó y caracterizó este mismo transportador en animales domésticos como los cerdos (Klang *et al.*, 2005), pollos (Chen *et al.*, 1999), pavos (Van *et al.*, 2005) y animales rumiantes (Chen *et al.*, 1999).

La proteína PepT1 se encuentra localizada en la membrana en cepillo de las células epiteliales intestinales y se ha demostrado que tiene una amplia especificidad por el sustrato, en comparación con la reducida especificidad de la mayoría de los transportadores de aminoácidos. Un amplio rango de di o tri-péptidos, sin importar su peso molecular, carga eléctrica e hidrofobicidad, pudieron ser transportados por los PepT1 de ovinos y pollos, demostrando la importancia del transporte de péptidos en los animales domésticos (Zhao, 2005).

La absorción de péptidos intactos desde el tracto gastrointestinal constituye parte de los productos finales de la proteína dietaria que entran a la sangre. Los péptidos más pequeños sirven como fuente de aminoácidos para satisfacer las necesidades de los tejidos. Existen claras evidencias *in vitro* e *in vivo* de la utilización de los péptidos por los tejidos (Zhao, 2005).

Desde la identificación de los PepT1 en las células epiteliales intestinales, numerosos estudios han demostrado que la absorción de los productos de la digestión proteica en el intestino delgado ocurre principalmente en la forma de pequeños péptidos más que como aminoácidos, basado en el hecho que los productos finales de la digestión proteica en el lumen intestinal son principalmente pequeños péptidos. Por otra parte, la absorción de péptidos desde el lumen es más rápida y más eficiente que el transporte de aminoácidos. Teóricamente, por lo tanto, es posible que la incorporación de pequeños péptidos en la dieta pudiera ser benéfica para el crecimiento de animales. Sin embargo, existe poca información disponible sobre la utilización de péptidos como fuente de proteína en la dieta de animales debido a que no es habitual su fabricación y la dificultad de los métodos de detección de péptidos (Zhao, 2005).

Las propiedades de los HPP son un factor importante en determinar su uso como un ingrediente funcional. El adicionar enzimas para hidrolizar las proteínas del pescado es un proceso importante que puede alterar las propiedades funcionales de la proteína nativa sin perjudicar su valor nutritivo (Sathivel *et al.*, 2003). Los resultados obtenidos hasta ahora evidencian que los HPP contienen moléculas que pueden proveer beneficios además de su aporte nutricional (Thorkelsson, 2005).

El concepto de componente bioactivo y su relación con los alimentos no es una idea nueva, aunque sí lo es el hecho de querer explotar su potencial y conocer las bases científicas de su modo de acción. Un componente bioactivo es aquel compuesto químico que ejerce un efecto beneficioso para alguna función corporal del individuo produciendo una mejora en su salud y bienestar o reduciendo un riesgo de enfermedad (Vioque y Millán, 2005; Martínez y Martínez, 2006).

En los últimos años, el estudio de las proteínas de los alimentos como componentes beneficiosos, no sólo desde un punto de vista funcional o nutricional, está recibiendo una gran atención. En este sentido, se ha investigado la presencia de diferentes péptidos bioactivos en proteínas de diversos tipos de alimentos. Los 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 procesado previo del mismo. También, las proteínas de los alimentos pueden digerirse de manera artificial en el laboratorio mediante el uso de reactores de hidrólisis enzimática para liberar los péptidos bioactivos (Vioque y Millán, 2005; Martínez y Martínez, 2006).

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)

Los péptidos bioactivos han sido encontrados principalmente en las proteínas de la leche y en derivados de la leche como quesos o yogurts, pero también se ha observado su existencia en otras proteínas animales, pescados y

diversos vegetales como soya, arroz o garbanzo e incluso hongos (Vioque y Millán, 2005).

Con respecto a su aplicación en el hombre, los HPP tienen importantes efectos biológicos benéficos, ya que estos productos pueden ser usados tanto como un material farmacéutico o nutricional (Berge, 2007).

Se ha observado en el hombre, que los HPP bajan la concentración de colesterol en plasma y los triglicéridos en el hígado. También inducen un cambio favorable en el patrón de ácidos grasos y bajan la concentración de homocisteína en el plasma. También se relaciona su uso como un agente anti-aterogénico y cardio y arterio protector, administrado como un componente farmacéutico o nutricional, por ejemplo, como un alimento funcional. Debido a estos descubrimientos, se anticipa que los HPP tiene un efecto preventivo/terapéutico en la estenosis, aterosclerosis, enfermedad coronaria, trombosis, infarto al miocardio e hígado graso. Los niveles de hiperhomocisteinemia se establecen antes de que se manifiesten las enfermedades anteriores (Wergedahl *et al.*, 2004; Berge, 2007; Belén *et al.*, 2007).

Como producto para el consumo humano, sirve como suplemento en ciertos tipos de galletas, caramelos y hamburguesas, entre otros. Los HPP también pueden ser adicionados como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales con destino a la alimentación infantil y/ o de adultos, para pacientes con problemas de digestión o de mala absorción de proteínas, gracias a su elevada digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos esenciales (Guadix *et al.*, 2000; Furlan y Oetterer, 2002).

Numerosos estudios *in vitro* han identificado a los péptidos de los HPP como inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, moduladores del metabolismo del calcio y fósforo, estimuladores de la secreción de enzimas y motilidad intestinal, por tener efectos antioxidantes y como buenos inhibidores en la proliferación de dos líneas de cáncer de mamas (Thorkelsson, 2005).

Respecto de su aplicación en animales, los HPP presentan propiedades de importancia que, sin embargo, han sido poco estudiadas. Uno de ellas se refiere a la mayor resistencia a enfermedades observadas en los animales domésticos que consumen el producto (Furlan y Oetterer, 2002).

Una aplicación de importancia se relaciona con su uso como suplemento proteico para aquellos animales con importancia económica como aves, bovinos, ovinos, caprinos o porcinos, especialmente en aquellos que entregan productos para el consumo humano como carne, leche y huevos. También como sustituto de la leche en el destete de terneros y cerdos, como elemento atractivo en las dietas para peces y crustáceos, y en la alimentación de mascotas como perros y gatos (Furlan y Oetterer, 2002; Martone *et al.*, 2003; Berge, 2007). Goldhor y Regenstein (1988) enumeran varias características y/o cualidades que ellos presentan para la nutrición animal, como la mejora en la palatabilidad de los alimentos para animales monogástricos como perros, gatos y salmónidos; la mejora en la digestibilidad del alimento para animales muy jóvenes; la elevada solubilidad, que permite el control del tenor de aceite y de la humedad del producto, además del alto contenido proteico y el bajo porcentaje de ceniza. Esta última característica es de suma importancia en la preparación de productos destinados a la acuicultura (Furlan y Oetterer, 2002; Berge, 2007).

La acción de enzimas proteolíticas sobre la proteína del pescado da lugar a un producto final con aceptables propiedades funcionales y de elevado valor nutricional, facilitando su comercialización e incorporación en otros productos alimenticios. El desarrollo de procesos biotecnológicos produce una mejora de la tecnología en la producción de los HPP (Diniz y Martin, 1999).

Algunos de estos procesos aún se encuentran en escala de plan piloto, apuntando hacia las futuras tecnologías que se implantarán para mejorar la calidad del producto y bajar los costos. Otros procesos se encuentran ya totalmente desarrollados y en marcha, pero la mayoría de ellos están patentados, por lo que las condiciones en las que se llevan a cabo aparecen siempre descritas con unos márgenes tan amplios que no aportan información de gran valor (Guadix *et al.*, 2000).

Existe dificultad en la entrega de información representativa de la composición de los HPP y de los criterios de calidad, puesto que la mayor parte de la investigación en este campo se ha desarrollado para diversos procesos de obtención y, por lo tanto, con productos de características muy diversas (Furlan y Oetterer, 2002).

Una correcta separación e identificación de los péptidos de un HPP complementaría la información dada por la determinación del grado de hidrólisis y la distribución en pesos moleculares, y ayudaría a un mejor conocimiento de la composición del producto (Guadix *et al.*, 2000).

En resumen, los HPP están orientados a entregar un núcleo cuyas características nutricionales y moleculares permitan satisfacer los requerimientos proteicos, así como complementar la proteína vegetal presente en las dietas de preiniciación, facilitando y estimulando la digestibilidad y absorción nitrogenada, de

manera que el crecimiento inicial junto a un adecuado desarrollo gastrointestinal, permitan proyectar el máximo potencial genético de las aves (Millán, 2005).

2.13.- BIOCP®

BIOCP® es un producto de elevado valor nutricional por ser elaborado con pescado entero de alta calidad y fresca, el cual contiene nucleótidos, poliaminas, ácidos grasos Ω -3 y Ω -6 y especialmente, polinsaturados de cadena larga (EPA Y DHA). La proteína utilizada en la preparación de BIOCP®, ha sido hidrolizada enzimáticamente bajo condiciones controladas producto de lo cual se han generado proteosas, peptonas, péptidos y algunos aminoácidos libres que serán absorbidos eficientemente por el epitelio intestinal de los animales pequeños. Muchos de estos compuestos son péptidos y polipéptidos de bajo peso molecular que se encuentran incluidos en la proteína nativa y son liberados mediante el proceso de hidrólisis enzimática, por lo que el BIOCP® podría tener funcionalidad biológica benéfica para ser usado como ingrediente en dietas de preinicio de los pollos (Anónimo, 2006).

De esta forma se espera que los pollos recién eclosionados, con un desarrollo incompleto del sistema digestivo, puedan absorber eficientemente fuentes nitrogenadas para el desarrollo de estructuras y crecimiento de las aves, en tanto que la proteína de alto peso molecular y de alta digestibilidad de BIOCP® en conjunto con el resto de la proteína de la dieta inducen el buen desarrollo del sistema digestivo (Anónimo, 2006).

La inclusión de BIOCP® en las dietas iniciales suministradas en cuanto ocurre la eclosión permite que el pollo comience a alimentarse inmediatamente

con un recurso proteico y lipídico de alta eficiencia, lo que le permitirá desarrollar adecuadamente su sistema digestivo, superando la etapa de estrés a la que está sometido. Superada esta etapa, el pollo podrá comenzar a recibir su alimentación de crianza la cual digerirá y metabolizará adecuadamente (Anónimo, 2006).

A su vez, el BIOSH® se produce bajo los mismos conceptos del BIOCP®, pero en condiciones de procesamiento más controladas (enzimáticas, tiempo, temperatura, etc.). Por lo que es considerado un “sobrehidrolizado”, con lo que se obtienen menores pesos moleculares de los subproductos del proceso, lo que se asocia a mejores digestibilidades (Millán, 2005).

Se cree que la apropiada mezcla de estos hidrolizados proteicos en combinación con fuentes de proteína vegetal producirían, además de bajar el costo del uso de estos hidrolizados, una sinergia de las características nutricionales de estos productos que potenciarían aún más los beneficios productivos que si fueran usados por sí solos (Millán, 2005).

3. HIPÓTESIS

Los Hidrolizados Proteicos de Pescado incorporados solos o con la adición de una fuente de proteína vegetal, en la dieta de preinicio de pollos broiler, mejoraría el rendimiento productivo de éstos durante y al término de su ciclo comercial, sin detrimento de los indicadores económicos.

4. OBJETIVOS

Objetivo General:

Mejorar los indicadores productivos y económicos de pollos broiler durante un ciclo comercial completo, incorporando en la dieta de preinicio dos niveles de suplementación de hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®) y dos fuentes de proteína vegetal (Gluten de Maíz A® y Gluten de Maíz B®).

Objetivos Específicos:

- 1.- Evaluar el efecto de la suplementación de BioCp® y BioSH®, solos y con distintas fuentes de proteína vegetal, sobre los indicadores productivos: peso vivo, consumo de alimento, eficiencia de conversión alimenticia y mortalidad a las edades y períodos: 1, 14, 24, 35 y 43 días de edad, y sobre el “índice de eficiencia europeo” para el total del experimento.
- 2.- Evaluar el efecto de la suplementación de BioCp® y BioSH®, solos y con distintas fuentes de proteína vegetal, sobre los indicadores económicos “margen bruto” y “costo alimentario de la ganancia de peso” al término del estudio.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Producción y Nutrición Avícola de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, ubicada en Santa Rosa 11.735, comuna de La Pintana, Santiago.

Se emplearon 630 pollos broiler machos (Ross 308) de 1 día de edad seleccionados mediante un procedimiento de estandarización de pesajes. Se utilizaron pollos en un rango de pesos vivos entre 38 y 44 g que fueron distribuidos en 30 corrales de piso con 21 pollos cada uno, siendo cada corral una repetición.

Durante un período experimental de 43 días, las aves recibieron 4 dietas, siguiendo los estándares de la crianza comercial de pollos:

- Preinicio: de 1 a 14 días de edad.
- Inicio: de 15 a 24 días de edad.
- Intermedio: de 25 a 35 días de edad.
- Final: de 36 a 43 días de edad.

Exclusivamente durante el período de preinicio, las aves recibieron diferentes dietas de acuerdo a los tratamientos programados. Cada repetición fue asignada aleatoriamente a un tratamiento, cada tratamiento de igual manera a una dieta, conformándose así 5 tratamientos con 6 repeticiones cada uno.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1: Dieta maíz-soya (Control).

Tratamiento 2: Bio-SH[®] al 3,4% de inclusión.

Tratamiento 3: Bio-CP[®] al 3,4% de inclusión.

Tratamiento 4: Bio-SH[®] al 1,6% + 2,0% de Gluten de Maíz-A[®].

Tratamiento 5: Bio-SH[®] al 1,6% + 2,0% de Gluten de Maíz-B[®].

La composición de las dietas de preinicio y el análisis químico de los insumos experimentales se detallan en las **Tablas 2 y 3**.

Tabla 2. Composición (% de la dieta en base fresca) y aportes nutricionales de las dietas de preinicio de pollos broiler suplementadas con hidrolizados proteicos de pescado y/o proteína vegetal ⁽¹⁾.

INGREDIENTES %	TRATAMIENTOS				
	1 Control Maíz Soya	2 Bio SH al 3,4%	3 Bio CP al 3,4%	4 Bio SH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	5 Bio SH 1,6% + 2% Gluten Maíz B
Maíz nacional	52,813	56,355	56,483	52,466	52,664
Soya, afrecho	29,626	28,880	29,506	29,554	29,343
Soya, poroto	10,000	6,997	6,240	10,000	10,000
Maíz, gluten	2,972	-	-	-	-
Fosfato defluorinado	2,007	1,922	1,938	1,945	1,951
Aceite vegetal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Conchuela	0,525	0,614	0,586	0,575	0,571
Sal	0,178	0,175	0,192	0,193	0,191
Lisina, HCl	0,178	-	-	0,042	0,049
DL-Metionina	0,249	0,245	0,243	0,218	0,221
L-Treonina	0,053	0,012	0,012	0,007	0,010
Premix Vitaminas (2)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix Mineral (3)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Bio SH (EP-300)	-	3,400	-	1,600	1,600
Bio CP (lote 8072)	-	-	3,400	-	-
Gluten Maíz-A	-	-	-	2,000	-
Gluten Maíz-B	-	-	-	-	2,000
Promotor de crecimiento (4)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Anticoccidial (5)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Composición Nutricional Calculada por Formulación					
Proteína cruda, %	23,210	22,540	22,440	23,610	23,470
EMAn, Mcal/kg	2,950	2,950	2,950	2,950	2,950
Lisina, %	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380
Metionina, %	0,607	0,625	0,624	0,607	0,610
Met+Cis, %	1,009	1,007	1,006	1,012	1,011
Triptofano, %	0,273	0,276	0,276	0,283	0,281
Treonina, %	0,952	0,956	0,956	0,956	0,956
Calcio, %	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P disp., %	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
Sodio, %	0,203	0,222	0,222	0,218	0,217
Cloro, %	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Potasio, %	1,008	0,982	0,969	1,022	1,018

(1): Valores tabulares, base de datos para formulación de raciones de pollos broiler, Javier González F. (Comunicación personal).

(2): Premezcla vitaminas (aporte por kg de alimento): Vit.A: 7000 UI; Vit.D3: 3000 UI; Vit.E: 20 UI; Vit.K: 1500 mg; Vit.B1: 2,5 mg; Vit.B2: 5 mg; Ac. Pantoténico: 11 mg; Niacina: 30 mg; Vit.B6: 3mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15mg; Vit.B12: 0,012 mg; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.:2 g. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(3): Premezcla minerales (aporte por kg de alimento): Mn: 70 mg; Fe: 80 mg; Cu: 8 mg; Zn: 60 mg; Se: 0,25 mg; I: 0,4 mg; Excipientes c.s.p.: 750 mg. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(4): BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11% Alpha Inc. New Jersey, EE.UU.

(5): Clinacox® 0,5%. Cansen Pharmaceutica N.V. Beerse, Bélgica.

Tabla 3. Análisis químico proximal de las muestras utilizadas de las dietas de preinicio de pollos broiler suplementadas con hidrolizados proteicos de pescado y/o proteína vegetal ⁽¹⁾.

Muestra	%Humedad	% Base Seca					
		Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Cenizas	%Sal	Calcio mg/kg	%P
Bio-SH (EP-300)	6	74	13,6	6	2	137,4	0,8
Bio-CP (Lote 8072)	6,2	70,1	19,1	5,1	1,5	295	0,71
Gluten Maíz A (GM-1704)	6,9	63,4	2,1	3,8	<0,1	73,3	0,65
Gluten Maíz B (GM-0000)	11,8	60,3	2,6	2,4	<0,1	75,5	0,51

(1): Información aportada por Profish, S.A

Las dietas inicio, intermedio y final fueron las mismas para todas las aves y se detallan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Composición (% de la dieta en base fresca) y aportes nutricionales de de las dietas de Inicio, Intermedio y Final de pollos broiler suplementadas con hidrolizados proteicos de pescado y/o proteína vegetal durante el período de preinicio ⁽¹⁾.

INGREDIENTES %	Dieta		
	Inicio	Intermedio	Final
Maíz nacional	50,911	55,177	62,444
Soya, afrecho	27,675	19,745	10,765
Soya, poroto	12,000	14,000	17,000
Trigo, afrechillo	0,412	2,000	2,000
Maíz, gluten	3,000	3,000	2,000
Fosfato bicálcico	1,875	1,628	1,397
Aceite de Pollo	2,000	2,500	2,500
Conchuela	1,065	0,952	0,938
Sal	0,377	0,376	0,382
Lisina, HCl	0,088	0,074	0,106
DL-Metionina	0,198	0,163	0,168
L-Treonina	-	0,010	-
Premix Vitaminas (2)	0,200	0,200	0,200
Premix Mineral (3)	0,100	0,100	0,100
Promotor de crecimiento (4)	0,05	0,025	-
Anticoccidial (5)	0,05	0,050	-
Composición Nutricional Calculada por Formulación			
Proteína cruda, %	22,790	20,24	16,97
EMAn, kcal/kg	3,000	3,100	3,200
Lisina, %	1,300	1,126	0,970
Metionina, %	0,553	0,490	0,450
Met+Cis, %	0,950	0,850	0,760
Triptofano, %	0,270	0,235	0,194
Treonina, %	0,890	0,798	0,663
Calcio, %	1,000	0,880	0,800
P disp., %	0,450	0,400	0,350
Sodio, %	0,180	0,180	0,180
Cloro, %	0,281	0,275	0,281
Potasio, %	0,992	0,878	0,744

(1): Valores tabulares, base de datos para formulación de raciones de pollos broiler, Javier González F. (Comunicación personal).

(2): Premezcla vitaminas (aporte por kg de alimento): Vit.A: 7000 UI; Vit.D3: 3000 UI; Vit.E: 20 UI; Vit.K: 1500 mg; Vit.B1: 2,5 mg; Vit.B2: 5 mg; Ac. Pantoténico: 11 mg; Niacina: 30 mg; Vit.B6: 3mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15mg; Vit.B12: 0,012 mg; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.:2 g. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(3): Premezcla minerales (aporte por kg de alimento): Mn: 70 mg; Fe: 80 mg; Cu: 8 mg; Zn: 60 mg; Se: 0,25 mg; I: 0,4 mg; Excipientes c.s.p.: 750 mg. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(4): BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11% Alpharma Inc. New Jersey, EE.UU.

(5): Clinacox® 0,5%. Cansen Pharmaceutica N.V. Beerse, Bélgica.

Todas las dietas, según período productivo, cumplieron con los requerimientos nutritivos de la línea genética y del NRC (1994).

Las dietas experimentales de preinicio fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas y se presentaron molidas. Los pollos fueron mantenidos con un régimen de alimentación y consumo de agua *ad-libitum*, con una densidad de 12,5 pollos/m². Los corrales estaban ubicados en un pabellón experimental que consta de una estructura convencional, con ventilación natural manejada con cortinas laterales y calefacción mediante campanas a gas con control de temperatura por termostato, otorgando un programa de temperaturas ambientales del galpón e iluminación acorde a los estándares de la industria.

5.1.- Mediciones de Indicadores Productivos

- Peso vivo a los 1, 14, 24, 35 y 43 días de edad, para lo cual se pesaron los pollos de cada corral y se dividió por el número de aves de cada uno.
- Consumo de alimento, conversión alimenticia (consumo de alimento/ganancia de peso) y mortalidad a los 1, 14, 24, 35 y 43 días de edad, y correspondientes períodos acumulativos.
- Cálculo del Índice de Eficiencia Europeo (IEE) de cada tratamiento al final del estudio mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IEE} = \frac{\text{Viabilidad (\%)} \times \text{Peso Vivo (kg)} \times 100}{\text{Edad de Faenación (días)} \times \text{CA}}$$

Donde:

- Viabilidad (%)= % de pollos vivos al final del estudio con respecto al número de aves al inicio.
- Peso Vivo (kg)= Peso promedio de los pollos vivos al día de faenamiento.
- Edad de Faenación (días)= Número de días desde el inicio del ensayo al día de faenamiento.
- CA: Conversión Alimenticia calculada como consumo de alimento/ganancia de peso.

5.2.- Mediciones de Indicadores Económicos

- Cálculo del Costo alimentario de la ganancia de peso (CAGP) de los pollos de cada tratamiento del estudio:

$$\text{CAGP} = \text{Conversión Alimenticia} \times \$/\text{kg de dieta de cada tratamiento}$$

- Cálculo del Margen Bruto (MB) para cada tratamiento. Este indicador se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{MB}_i = [\text{K}_i \times \text{V}] - [(\text{CO}(\text{PI})_i \times \text{PA}(\text{PI})_i) + (\text{CO}(\text{IC})_i \times \text{PA}(\text{IC})) + (\text{CO}(\text{IT})_i \times \text{PA}(\text{IT})) + (\text{CO}(\text{FN})_i \times \text{PA}(\text{FN}))]$$

Donde:

-MB_i = Margen bruto del tratamiento i

-K_i = Peso total de pollos obtenidos del tratamiento i (kg)

-V = Precio por venta del kilogramo de pollo vivo en mercado (\$) ⁽¹⁾

-CO = Consumo de alimento del período respectivo (kg)

-PA = Precio del alimento (\$/kg)

-PI = Período preinicio

-IC = Período inicio

-IT = Período intermedio

-FN = Período finalizador

-i = Tratamiento i-ésimo (1,...,5)

(1): \$441,60. Revista del Campo de El Mercurio. 12 de Junio de 2006.

5.3- Análisis Químico de las Dietas

Todas las dietas fueron muestreadas y evaluadas mediante un análisis químico proximal (A.O.A.C., 2002) en el laboratorio LABSER, Rancagua. Para esto se tomó una muestra representativa de cada dieta correspondiente a los cinco tratamientos de la dieta de preinicio (1 a 14 días de edad) y de las restantes (Inicio, Intermedio y Final).

5.4- Análisis Estadístico

Las variables definidas fueron clasificadas según tratamiento y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias estadísticamente significativas entre ellas mediante el programa SAS¹, utilizando un diseño completamente al azar. A los resultados del ANDEVA que indicaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) se les realizó una prueba de Tukey de comparación de medias (Sokal y Rohlf, 1981).

El diseño estadístico utilizó el siguiente modelo:

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

Donde:

- Y_{ij} = respuesta observada

- μ = media poblacional

- T_i = efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1, \dots, 5$)

- E_{ij} = error individual

¹ STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 2004. Learning Edition 2.0 (2.1.40). Licensed to UNIVERSIDAD DE CHILE, Site 0000514771.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1.- Mediciones de Indicadores Productivos

6.1.1.- Peso Vivo Promedio

En la Tabla 5, se observan los resultados de los pesos vivos promedios por pollo (kg) para los distintos tratamientos a los 1, 14, 24, 35 y 43 días de edad en un ciclo productivo completo. En ella se observa que al día 1 del ensayo no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), debido al procedimiento de estandarización de pesos y distribución uniforme de los pollitos al inicio del estudio. Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) a los días 14 y 24. Cabe destacar que en estos períodos el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B, fue siempre superior numéricamente con respecto al tratamiento control Maíz-Soya, lo que se mantuvo hasta el final del ensayo.

El peso vivo promedio por pollo en los días 35 y 43 fue estadísticamente diferente ($p < 0,05$) entre el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B y el tratamiento BioCP 3,4% y BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A. A su vez, el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B no se diferenció de el tratamiento BioSH 3,4% ni del tratamiento control Maíz-Soya. El tratamiento control Maíz-Soya no se diferenció de ninguno de los demás tratamientos a los días 35 y 43.

El tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B obtuvo los mayores pesos en todas las edades con una diferencia de hasta 119 g al día 43, respecto al

tratamiento de menor rendimiento (BioCP 3,4%), y de 73 g respecto al tratamiento control.

Estos resultados concuerdan con lo descrito en la literatura por Knight y Dibner (1998) y Saki (2005) en donde se ha demostrado que el peso del pollo a las 6-7 semanas de edad tiene una relación lineal con el peso en la primera semana de vida. En otro estudio Rushby (2003) y Nicholson (2004) observaron que un peso adicional de 10 g a los 7 días puede incrementar 50-70 g el peso que se obtenga a los 40 días, al momento del beneficio. En este estudio, el peso de los pollos del tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B fue numéricamente superior en todo el estudio, y los 24 g más que el tratamiento control al día 14, se incrementaron a 73 g al final del estudio, menos que lo informado por Rushby (2003) y Nicholson (2004).

Tabla 5. Peso vivo promedio (kg) de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio a los 1, 14, 24, 35 y 43 días de edad (Promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Pesos Vivos Promedios (días)				
	1	14	24	35	43
Control Maíz-Soya	0,0414 \pm 0,0008	0,270 \pm 0,0158	0,867 \pm 0,03	1,909 ^{ab} \pm 0,07	2,663 ^{ab} \pm 0,07
BioSH 3,4%	0,0413 \pm 0,0002	0,288 \pm 0,0160	0,896 \pm 0,02	1,967 ^a \pm 0,05	2,731 ^a \pm 0,04
BioCP 3,4%	0,0409 \pm 0,0001	0,283 \pm 0,0166	0,855 \pm 0,07	1,877 ^b \pm 0,11	2,617 ^b \pm 0,10
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	0,0408 \pm 0,0003	0,284 \pm 0,0185	0,860 \pm 0,04	1,864 ^b \pm 0,05	2,632 ^b \pm 0,07
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	0,0409 \pm 0,0002	0,294 \pm 0,0098	0,912 \pm 0,04	1,975 ^a \pm 0,06	2,736 ^a \pm 0,07

^{a,b}Superíndices distintos, dentro de una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Según lo observado, la combinación de un hidrolizado proteico de pescado (BioSH al 1,6%) junto con una proteína vegetal (Gluten Maíz B) se diferenció del uso de BioCP 3,4%. Esto concuerda con lo descrito por diversos autores donde se observa que una correcta combinación de un ACP de origen animal con uno vegetal da mejores resultados productivos que los mismos por sí

solos. Se cree que estos resultados satisfactorios se pueden deber a la corrección de algunas deficiencias aminoacídicas presentes y de proveer un mejor balance de aminoácidos digestibles (Heuser, 1955b; Sturkie, 1967; Leeson y Summers, 2001b; Pokniak, 2002; Refstie *et al.*, 2004).

Los pesos vivos promedios que obtuvo el tratamiento BioCP 3,4%, fueron inferiores al tratamiento control a los 24, 35 y 43 días. Existió también una diferencia numérica a los 14 y 24 días, y estadística ($p < 0,05$) a los 35 y 43 días entre el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A y BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B, los cuales sólo se diferencian por el tipo de gluten de maíz incorporado. Al no tener mayor información sobre las diferencias composicionales entre estos dos glútenes de maíz, no se puede aventurar explicación a lo observado en los rendimientos comentados.

Si bien el uso de estos productos de mejor calidad sólo durante los primeros 14 días no logró modificar el PV al cabo de este período, sí pudieron diferenciarse al final del estudio.

6.1.2.- Consumo Promedio de Alimento

En la Tabla 6, se pueden observar los consumos promedios por pollo (kg) de los distintos tratamientos en los períodos de un ciclo productivo completo. Los resultados no arrojaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para ninguno de los períodos parciales ni acumulativos del ensayo. Se puede señalar, que para el período experimental (1-14 días), los tratamientos que mayores consumos tuvieron fueron los tratamientos BioSH 3,4% y BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A. Por el contrario, el que menos consumió fue el tratamiento control Maíz-Soya, a pesar que las dietas formuladas eran isoenergéticas.

Tabla 6. Consumo promedio de alimento (kg) de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio en los períodos 1-14, 1-24, 1-35, y 1-43 días (Promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Consumo Promedio (kg) por Pollo, según Período.			
	1-14 días	1-24 días	1-35 días	1-43 días
Control Maíz-Soya	0,352 $\pm 0,04$	1,619 $\pm 0,21$	3,825 $\pm 0,58$	5,640 $\pm 0,59$
BioSH 3,4%	0,374 $\pm 0,02$	1,653 $\pm 0,14$	3,772 $\pm 0,44$	5,609 $\pm 0,64$
BioCP 3,4%	0,369 $\pm 0,02$	1,750 $\pm 0,13$	4,232 $\pm 0,56$	5,969 $\pm 0,59$
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	0,374 $\pm 0,02$	1,743 $\pm 0,08$	4,095 $\pm 0,28$	5,827 $\pm 0,32$
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	0,365 $\pm 0,01$	1,640 $\pm 0,17$	3,665 $\pm 0,44$	5,407 $\pm 0,42$

En general, se puede deducir que los tratamientos con alguna inclusión de HPP tuvieron mayores consumos que el tratamiento control durante el período de preinicio. Dentro de las distintas características y/o cualidades que Goldhor y Regenstein (1988) enumeran para los HPP, está la de mejorar la palatabilidad de las dietas. Es posible que se pueda atribuir a la palatabilidad y sería interesante hacer un estudio que lo ratifique, en ese caso se podría decir que las dietas con alguna inclusión de HPP fueron más preferidas por los pollitos que la de Maíz-Soya, con una diferencia de hasta 22 g de consumo por pollito menos que los tratamientos BioSH 3,4% y BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz A.

Según lo que postula Nicholson (2004), la importancia de desarrollar un buen consumo desde el inicio es aprovechar el crecimiento potencial de la primera semana que como ya se ha señalado anteriormente tiene una relación lineal con el peso final de las aves. En este estudio, el consumo de alimento en el período de preinicio del tratamiento BioSH 3,4% y BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, fue 22 y 13 g superior al tratamiento control Maíz-Soya, respectivamente.

El tratamiento BioCP 3,4% fue el que más consumió tanto para la mayoría de los períodos como para el período total del experimento (1-43 días). Le siguió el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A. Estos consumos de alimento no se vieron reflejados en el peso final de los pollos, ya que estos mismos tratamientos fueron los de menores pesos del estudio, incluso menores que el tratamiento control. Por el contrario, el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B, fue el tratamiento que menos consumió para la totalidad del estudio, y que mayores pesos finales obtuvo, con 233 g menos de consumo por pollo que el tratamiento control y de aproximadamente 500 g por pollo menos que el tratamiento BioCP 3,4%.

6.1.3.- Conversión Alimenticia

Tabla 7. Conversión alimenticia (consumo de alimento/ganancia de peso) de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio en los períodos 1-14, 1-24, 1-35 y 1-43 días (Promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Conversión Alimenticia, según Período.			
	1-14 días	1-24 días	1-35 días	1-43 días
Control Maíz-Soya	1,535 $\pm 0,10$	2,050 $\pm 0,23$	2,086 $\pm 0,31$	2,151 $\pm 0,24$
BioSH 3,4%	1,513 $\pm 0,10$	2,008 $\pm 0,15$	2,006 $\pm 0,20$	2,081 $\pm 0,22$
BioCP 3,4%	1,529 $\pm 0,06$	2,256 $\pm 0,24$	2,352 $\pm 0,42$	2,342 $\pm 0,31$
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	1,543 $\pm 0,08$	2,230 $\pm 0,10$	2,295 $\pm 0,16$	2,244 $\pm 0,15$
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	1,441 $\pm 0,05$	1,967 $\pm 0,26$	1,941 $\pm 0,27$	2,008 $\pm 0,19$

En la Tabla 7, se presenta la conversión alimenticia expresada como consumo de alimento/ganancia de peso, para los distintos tratamientos en los períodos acumulativos en el tiempo que duró el ensayo. La conversión no originó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para ninguno de los períodos del estudio. Para el período de preinicio (1-14 días), la conversión alimenticia del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, fue numéricamente menor que la del resto de los tratamientos. Esto se debe en parte a que el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B fue el que tuvo uno de los menores consumos de

alimento por corral para el período 1-14 días junto con el tratamiento control Maíz-Soya, pero el que mayor ganancia de peso (kg) tuvo para el mismo período, obteniendo por lo tanto una mejor conversión alimenticia que el tratamiento control y el resto de los tratamientos. Para el resto de los períodos las mejores conversiones alimenticias fueron nuevamente para el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, seguido por el tratamiento BioSH 3,4%, debido nuevamente a que el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B tuvo un bajo consumo por corral y la mayor ganancia de peso del período, y en el caso del tratamiento BioSH 3,4% por tener el menor consumo del período y una ganancia de peso promedio dentro de los tratamientos.

Cabe destacar que si bien la conversión de alimentos no fue estadísticamente diferente ($p > 0,05$), se obtuvieron valores de p muy cercanos al valor significativo (0,07; 0,06; 0,08; 0,07 para los períodos 15-24; 1-24; 25-35; 1-35 respectivamente). Es posible que estos valores cercanos a significación estadística, se deban en parte al diseño experimental del presente estudio, que por razones de infraestructura experimental sólo pudo disponer de 6 repeticiones por tratamiento; idealmente pudieron considerarse un mayor número de repeticiones y sería conveniente hacer un análisis sobre cuál sería el más apropiado para este tipo de ensayos.

6.1.4.- Mortalidad

En la Tabla 8, se exponen los porcentajes de mortalidad de los tratamientos para los distintos períodos del ensayo como también para la totalidad del estudio. El porcentaje de mortalidad de todos los períodos fue

esperable para los estándares de la línea genética (Ross 308) utilizada y se encontró dentro de los rangos de un manejo productivo comercial.

Tabla 8. Porcentaje de mortalidad de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio en los períodos 1-14, 15-24, 25-35, 36-43 y 1-43 días.

Tratamiento	Mortalidad (%). Períodos (días)				
	1-14	15-24	25-35	36-43	1-43
Control Maíz-Soya	0	0,93	0,93	0,94	2,38
BioSH 3,4%	1,59	2,83	0	0,97	4,76
BioCP 3,4%	0	0	3,7	0	3,17
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	1,59	0,94	0	0	3,38
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	0	0,93	0	0,93	1,59

En esta tabla se puede observar que tanto para la mayoría de los períodos como para la totalidad del experimento, el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B fue el que tuvo menor mortalidad, seguido del tratamiento control Maíz-Soya. A su vez el tratamiento que tuvo la mayor mortalidad fue el tratamiento BioSH 3,4%.

Todos los pollos que murieron durante el ensayo fueron enviados al Laboratorio de Patología Aviar de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Las causas aparentes de muerte del primer período (1-14 días) correspondieron a cuadros septicémicos asociados a onfalitis

y/o infección del saco vitelino. En el resto de los períodos, las causas de muerte se debieron a muerte súbita asociadas al crecimiento acelerado de algunas aves producto de la selección genética.

6.1.5.- Índice de Eficiencia Europeo

En la Tabla 9, se presentan los resultados del cálculo del Índice de Eficiencia Europeo (IEE), calculado para todos los tratamientos al final del ensayo. El IEE es utilizado ampliamente en ciertos países europeos y a nivel nacional² para comparar parvadas dentro de una integración o país. Mientras más alto sea el valor, mejor se considera el rendimiento técnico (Anónimo, 2002).

Tabla 9. Índice de Eficiencia Europeo en un ciclo productivo completo de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio.

Tratamiento	IEE
Control Maíz-Soya	283,00
BioSH 3,4%	292,43
BioCP 3,4%	256,03
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	267,41
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	313,21

En la Tabla 9 se puede observar que el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B fue el que más alto IEE tuvo con 30,2 puntos más que el

² Dr. Héctor Hidalgo O. (comunicación personal).

tratamiento control Maíz-Soya. Si se analizan los componentes utilizados para el cálculo de este índice, esta ventaja del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B se debe a que obtuvo la mayor viabilidad, mayor peso vivo promedio por pollo y una menor conversión alimenticia. El tratamiento que obtuvo el segundo más alto IEE fue el tratamiento BioSH 3,4%, que aunque fue el tratamiento que menor viabilidad tuvo, fue compensado con el peso vivo promedio por pollo y la conversión alimenticia, que fueron los segundos más altos después del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B.

Por el contrario el menor índice lo obtuvo el tratamiento BioCP 3,4% debido a que tuvo el menor peso vivo promedio por pollo y la mayor conversión alimenticia del estudio siendo su IEE incluso 27 puntos menor que el tratamiento control Maíz-Soya y 57 puntos menor que el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B.

En este estudio, el cálculo del IEE concuerda con los resultados de las mediciones de los indicadores productivos anteriormente analizados por separado. Los componentes de este índice incluyen los principales indicadores productivos (peso vivo, conversión alimenticia y viabilidad) y su resultado permite tener una visión global para comparar entre los tratamientos de este estudio.

6.2.- Mediciones de Indicadores Económicos

6.2.1.- Costo Alimentario de la Ganancia de Peso

En la Tabla 10, se observa que el tratamiento con menor costo alimentario de la ganancia de peso fue el tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, sólo necesitando de 256 pesos para engordar un kg de pollo vivo. En segundo lugar lo siguió el tratamiento BioSH 3,4% y el control Maíz-Soya con 268 y 272 pesos respectivamente. Por el contrario, el tratamiento con mayor costo alimentario de la ganancia de peso fue el tratamiento BioCP 3,4%, necesitando de 301 pesos para engordar un kg de pollo vivo.

Tabla 10. Costo alimentario de la ganancia de peso (CAGP) en un ciclo productivo completo de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio.

Tratamiento	CAGP
Control Maíz-Soya	272,65
BioSH 3,4%	268,04
BioCP 3,4%	301,40
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	286,10
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	256,13

El menor costo para producir un kg de pollo vivo del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, se debe en parte a que la inclusión de proteína vegetal y menor incorporación de estos hidrolizados en la dieta produjo una disminución del precio de la misma con un costo aproximado de 172 pesos versus 192 pesos por kg de alimento con la incorporación de estos hidrolizados al 3,4%. Aún

siendo una dieta 9 pesos/kg de alimento más cara que el tratamiento control Maíz-Soya, esto fue compensado con un bajo consumo de alimento por parte de los pollos para los distintos períodos y la menor conversión alimenticia lograda para la totalidad del ensayo por este tratamiento.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por distintos autores (Ensminger *et al.*, 1990; González, 2000; Saki, 2005) quienes concuerdan que si bien el precio de una dieta de preinicio formulada con ingredientes de alta calidad, en este caso hidrolizados proteicos de pescado, es mayor, el bajo consumo que ocurre en este período y las ventajas en indicadores productivos que se debieran obtener al final del ciclo productivo compensan y avalan económicamente el uso de este tipo de productos.

El mayor costo alimentario de la ganancia de peso obtenida por el tratamiento BioCP 3,4% se debe a que además de haber sido la dieta de preinicio más cara por kg de alimento (192 pesos), los consumos de alimento de los pollos para los distintos períodos y la peor conversión alimenticia lograda en el estudio no fueron capaces de compensar este mayor precio.

6.2.2.- Margen Bruto

Para realizar el análisis del Margen Bruto (MB) de cada uno de los tratamientos se calcularon los ingresos (Tabla 11), los egresos (Tabla 12) y finalmente el MB (Tabla 13).

Tabla 11. Ingresos económicos al final de un ciclo productivo por venta de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio.

Tratamiento	Nº de Pollos	Peso Vivo Total día 43 (kg)	\$/kg Pollo Vivo ¹	Ingresos (\$)
Control Maíz-Soya	105	279,654	441,6	123495,21
BioSH 3,4%	102	278,584	441,6	123022,69
BioCP 3,4%	104	272,316	441,6	120254,75
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	105	276,508	441,6	122105,93
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	106	289,986	441,6	128057,82

(1): \$441.60. Revista del Campo de El Mercurio. 12 de Junio de 2006.

Tabla 12. Egresos económicos del alimento consumido en un ciclo productivo completo por pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio.

Tratamiento	Costo Alimentación (\$) ¹				Egresos (\$)
	Preinicio	Inicio	Intermedio	Final	
Control Maíz-Soya	6217,04	17496,70	29346,18	22828,56	75888,47
BioSH 3,4%	7609,29	16984,13	27245,56	22302,53	74141,51
BioCP 3,4%	7653,33	19227,57	32178,66	21589,87	80649,43
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	6811,31	18556,91	30975,28	21747,55	78091,04
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	6773,01	17575,23	27199,89	22083,36	73631,48

(1): Consumo total de cada tratamiento × \$/kg de dieta.

Tabla 13. Margen Bruto (MB) en un ciclo productivo completo de pollos broiler suplementados con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio.

Tratamiento	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	MB
Control Maíz-Soya	123495,21	75888,47	47606,73
BioSH 3,4%	123022,69	74141,51	48881,19
BioCP 3,4%	120254,75	80649,43	39605,32
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A	122105,93	78091,04	44014,89
BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B	128057,82	73631,48	54426,33

En la Tabla 13 se puede observar que el tratamiento que mayor MB obtuvo fue BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B con \$6819 más que el tratamiento control Maíz-Soya y \$14821 más que el tratamiento BioCP 3,4%. Este mayor MB del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, se debió principalmente a que fue el corral más pesado al final del estudio (10,3 kg más que el tratamiento control Maíz-Soya) y el que menor costos por consumo de alimento tuvo para la totalidad del estudio.

El tratamiento BioCP 3,4% fue el de menor MB lo que se debe en parte al haber obtenido el menor peso por corral al final del estudio, lo que no fue afectado por la mortalidad del tratamiento. Además, el tratamiento BioCP 3,4% fue el tratamiento con mayores costos por consumo de alimento lo que además de no verse reflejado en el peso final de las aves, disminuyó su MB, siendo inferior \$8000 al tratamiento control Maíz-Soya.

El MB del tratamiento BioSH 3,4%, se vio afectado por la mortalidad obtenida al final del estudio, disminuyendo sus ingresos en términos de venta de pollos por kg de peso vivo. No siendo sus costos en términos de consumo de alimento altos, su MB fue un poco mayor numéricamente al tratamiento control Maíz-Soya.

Los resultados del MB de este estudio concuerdan con los cálculos del IEE y CAGP anteriormente analizados. En un análisis global de estos tres cálculos, el tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento fue el BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B, seguido del tratamiento BioSH 3,4% y el tratamiento control Maíz-Soya. A su vez los tratamientos que obtuvieron un rendimiento menor que el tratamiento control fueron el de BioCP 3,4% y BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz A.

Siendo la producción avícola nacional altamente intensiva y con un alto nivel de concentración, junto con niveles de producción y de consumo de carne que lo sitúan en el primer lugar (ODEPA, 2007), la búsqueda de nuevas estrategias alimentarias que aseguren que el potencial genético se traduzca en mayores beneficios resultan de alta significancia para el sector.

Si bien los resultados de peso vivo, consumo de alimento y conversión alimenticia de este estudio no marcaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) de los HPP en comparación con el tratamiento control Maíz-Soya, la tendencia numérica del tratamiento BioSH 1,6% +2% Gluten Maíz B se vio reflejado en los principales indicadores productivos y económicos como el IEE, CAGP y MB, no siendo despreciable para la industria avícola nacional.

6.3.- Análisis Químico de las Dietas

El análisis químico de las distintas dietas ofrecidas a los pollos broiler de este estudio, se expresan en la Tabla 14.

Tabla 14. Análisis químico de las dietas utilizadas en un ciclo productivo completo en la suplementación de pollos broiler con hidrolizados proteicos de pescado (BioCp® y BioSH®), solos y con distintas fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio

Análisis ¹	DIETAS							
	PREINICIO					INICIO	INTERMEDIO	FINAL
Control Maíz- Soya	BioSH 3,4%	BioCP 3,4%	BioSH 1,6% + 2% GM A	BioSH 1,6% + 2% GM B				
Humedad	10,77	10,56	10,68	10,44	10,65	11,28	11,57	11,41
Prot. Total	22,13	22,46	21,83	21,84	22,38	21,94	20,28	15,99
Grasa Total	4,87	5,25	4,98	5,71	5,41	6,14	6,83	7,60
Cenizas	5,67	6,23	5,67	5,43	5,31	6,66	5,91	6,09
Fibra Cruda	2,76	2,78	3,01	2,47	2,68	3,58	3,46	3,34

(1): Todos los análisis fueron realizados en Laboratorio LABSER, Rancagua.

Todas las dietas fueron concordantes con los aportes nutricionales de la formulación del estudio y se encontraron dentro de los estándares utilizados para la línea genética (Ross 308) utilizada (Anónimo, 2002).

No se puede concluir el bajo rendimiento productivo y económico que obtuvo el tratamiento BioCP 3,4%, en comparación con el tratamiento control

Maíz-Soya, así como también la diferencia que hubo entre el tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz A y BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B, siendo que sólo se diferenciaron por el tipo de gluten de maíz incorporado. Al no tener mayor información sobre las diferencias composicionales entre estos dos glútenes de maíz (Gluten de Maíz A = hidrolizado; Gluten de Maíz B = comercial), no se puede aventurar explicación a lo observado.

Tal como postula Furlan y Oetterer (2002) existe dificultad en la entrega de información representativa debido a protocolos de confidencialidad por parte de la empresa privada sobre la composición de los HPP y los criterios de calidad utilizados.

Una correcta separación e identificación de los tamaños y la distribución de los pesos moleculares de los péptidos del HPP, complementaría la información dada por el grado de hidrólisis, y ayudaría a un mejor conocimiento de la composición del producto (Guadix *et al.*, 2000).

Habría sido conveniente complementar este estudio con un análisis histológico del intestino para medir altura y longitud de las vellosidades y profundidad de las criptas y observar si efectivamente el uso de estos hidrolizados tiene un efecto a este nivel que pudiera explicar los resultados en los principales indicadores productivos y/o económicos del estudio y así poder identificar el o los péptidos bioactivos involucrados en estos cambios.

Al no tener mayor información sobre las diferencias composicionales entre los distintos insumos utilizados en la dieta de preinicio, no se puede aventurar una mejor explicación a lo observado en este estudio.

7. CONCLUSIONES

- Los resultados productivos globales de este estudio pueden clasificarse como esperables y satisfactorios para la línea genética utilizada (Ross 308) de acuerdo a las condiciones experimentales a las que fueron sometidos.
- Los tratamientos que incorporaron BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B y BioSH 3,4% en la etapa de preinicio lograron los mejores pesos al término del ensayo ($p < 0,05$).
- El consumo de alimento, la conversión alimenticia y la mortalidad no fueron afectados por los tratamientos evaluados ($p > 0,05$).
- La combinación de un hidrolizado proteico de pescado (BioSH 1,6%) junto con una proteína vegetal (Gluten Maíz B) otorgó mejores resultados productivos (IEE) y económicos (CAGP y MB) que el uso de hidrolizados proteicos de pescado solos y en un mayor porcentaje de incorporación (BioCP y BioSH 3,4%), no siendo despreciable para la industria avícola nacional.
- De acuerdo a los resultados globales obtenidos, tanto numérica como estadísticamente superiores del tratamiento BioSH 1,6% + 2% Gluten Maíz B, sería importante seguir investigando sobre esa misma línea y complementar la información con ensayos de campo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **ALMQUIST, H.J.** 1952. Amino acid requirements of chickens and turkeys. Poultry Science. 31: 969-981.

- **ANÓNIMO.** 2002. Ross broiler management manual. [en línea]
<[http://www.aviagen.com/docs/Broiler%20manual%20\(Spanish\).pdf](http://www.aviagen.com/docs/Broiler%20manual%20(Spanish).pdf)>
[consulta : 27 Septiembre 2007].

- **ANÓNIMO.** 2006. Características y usos de BIOCP® en aves. [en línea]
<<http://www.profish.cl/espanol/usos03.htm>>
[consulta : 01 Junio 2006].

- **AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.**
2002. Official methods of analysis. 17 Ed. Editado por William Horwitz.
EE.UU.

- **AURREKOETXEA, G.; PERERA, M.N.** 2002. Aprovechamiento de recursos pesqueros infrautilizados para la obtención de alimentos mejorados para el cultivo de peces. Boletín Instituto Español de Oceanografía. 18(1-4): 87-93.

- **AUSTIC, R.E.** 1985. Development and adaptation of protein digestion. Journal of Nutrition. 115(5): 686-697.

- **AVILA, E.G.; BALLOUN, S.I.** 1974. Effect of anchovy fish meal in broiler diets. Poultry Science. 53: 1372-1379.

- **BARANYIOVA, E.** 1972. Influence of deutectomy, food intake and fasting on the digestive tract dimensions in chicken after hatching. Acta Veterinaria Brno. 41: 373-384.

- **BARANYIOVA, E.; HOLMAN, J.** 1976. Morphological changes in the intestinal wall in fed and fasted chickens in the first week after hatching. *Acta Veterinaria Brno.* 45: 151-158.

- **BAR-SHIRA, E.; FRIEDMAN, A.** 2005. Ontogeny of gut associated immune competence in the chick. *Israel Journal of Veterinary Medicine.* 60(2): 42-50.

- **BARTOV, I., PLAVNIK, I.** 1998. Moderate excess of dietary protein increase breast meat yield of broiler chicks. *Poultry Science.* 77 (5): 680-688.

- **BELÉN, D.R.; MORENO, M.J.; GARCÍA, D.; MEDINA, C.; SIDOROVAS, A.** 2007. Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez caribe colorado (*Pygocentrus cariba* Humboldt, 1821). *Interciencia.* 32(3): 188-194. [en línea] <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33912609>> [consulta: 27-08-2007].

- **BEHNKE, K.; BEYER, S.** 2000. Effect of feed processing on broiler performance. **In:** VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. Santiago, Chile. Octubre 9-11, 2002. [en línea] <<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf>> [consulta : 26-06-2006].

- **BERGE, R.K.** 2007. Fish protein hydrolysate. United States patent US 2007/0142274 A1 (514012000).

- **BEST, E.E.** 1966. The changes of some blood constituents during the initial post-hatching period in chickens. II. Blood total ketone bodies and the reduced glutathione/ketone body relationships. *British Poultry Science.* 7(1): 23-28.

- **BOLL, M.; MARKOVICH, D.; WEBER, W.M.; KORTE, H.; DANIEL, H.; MURER, H.** 1994. Expression cloning of a cDNA from rabbit small intestine related to proton-coupled transport of peptides, β -lactam antibiotics and ACE-inhibitors. *European Journal of Physiology*. 429: 146-149 (citado por Zhao, J. 2005. **In:** Impact of dietary proteins on growth performance, intestinal morphology, and mRNA abundance in weanling pigs. Doctor of philosophy in Animal Science. Virginia, EE.UU. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 155 p).

- **BRAKE, J.T.** 2002. The role of bile in early gastrointestinal development of poultry. Department of Poultry Science. North Carolina State University. [en línea]
<http://www.afma.co.za/afma_template/sept_therole_of.htm>
[consulta : 13-08-2006].

- **BRITO, D.V.H; CASARIN V.A.; DELGADO, C.J.; GARCÍA, E.M.; FORAT, S.M.** 2006. Uso de un alimento de recepción: cambios en el aparato digestivo de pollo de engorda durante la primera semana de edad. [en línea]
<http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=303&AREA=AVG>
[consulta :12-08-2006].

- **CAMPABADAL, C.M.; ZUMBADO, M.E.** 1985. Evaluación de fuentes de proteína en la alimentación de pollos de engorde. *Agronomía Costarricense*. 9(1): 41-46.

- **CHEN, H.; WONG, E.A.; WEBB, K.E.Jr.** 1999. Tissue distribution of a peptide transporter mRNA in sheep, dairy cows, pigs, and chickens. *Journal of Animal Science*. 77: 1277-1283.

- **CHOCT, M.; KOCHER, A.** 2000. Use of enzymes in non-cereal grain feedstuffs. World Poultry Science Congress (citado por González, J. 2000. Influencias de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. [en línea] [<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc>](http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc) [consulta :14-08-2006]).

- **CLASSEN, H.L.; BEDFORD, M.R.** 1991. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. Recent Advances in Animal Nutrition. pp 95-116 (citado por González, J. 2000. Influencias de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. [en línea] [<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc>](http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/prafesional/aves/3.doc) [consulta :14 Agosto 2006]).

- **CORLESS, A.B.; SELL, J.L.** 1999. The effects of delayed access to feed and water on the physical and functional development of the digestive system of young turkeys. Poultry Science. 78: 1158-1169.

- **DEATON, J.W.** 1995. The effect of early feed restriction on broiler performance. Poultry Science. 74: 1280-1286.

- **DIBNER, J.J.; KNIGHT, C.D.; IVEY, F.J.** 1998. The feeding of neonatal poultry. [en línea] [<http://www.novusint.com/Public/Library/DocViewer.asp?ID=526>](http://www.novusint.com/Public/Library/DocViewer.asp?ID=526) [consulta : 14-09-2006].

- **DINIZ, F.M.; MARTIN, A.M.** 1997. Fish protein hydrolysates by enzymatic processing. Agro Food Industry Hi-Tech. May/Jun: 9-13.

- **DINIZ, F.M.; MARTIN, A.M.** 1999. Hidrolisado protéico de pescado. **In:** Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado. 1 ed. São Paulo. Editora Varela. pp. 360-365.

- **EGAÑA, J.I.** 2002. Proteínas. 3ª Edición Revisada. U. de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Depto. Fomento Producción Animal. pp. 1-23. (Serie Apuntes Docentes 005/2002).

- **ENSMINGER, M.E.; OLDFIELD, J.E.; HEINEMANN, W.W.** 1990. Feeds and Nutrition. 2nd ed. Ensminger Publishing Co., Clovis, California (citado por Behnke, K.; Beyer, S. 2000. Effect of feed processing on broiler performance. **In:** VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. Santiago, Chile. Octubre 9-11, 2002). [en línea] <<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf>> [consulta : 26-06-2006]).

- **FAIRCHILD, B.D.** 2002. Early chick development. The University of Georgia. [en línea] <http://poultry.uga.edu/tips/2002%20May%20B%20tip%20B%20F_LH.web.pdf> [consulta : 23-10-2006].

- **FEI, Y.; KANAI, Y.; NUSSBERGER, S.; GANAPATHY, V.; LEIBACH, F.H.; ROMERO, M.F.; SINGH, S.K.; BORON, W.F.; HEDIGER, M.A.** 1994. Expression cloning of a mammalian proton-coupled oligopeptide transporter. Nature. 368: 563-566 149 (citado por Zhao, J. 2005. **In:** Impact of dietary proteins on growth performance, intestinal morphology, and mRNA abundance in weanling pigs. Doctor of philosophy in Animal Science. Virginia, EE.UU. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 155 p).

- **FERKET, P.R.; UNI, Z.** 2002. Early nutrition and enteric development. Proc. 23rd Western Nutrition Conference. Animal Nutrition Association of Canada, Ottawa. Pp. 139-149 (citado por Behnke, K.; Beyer, S. 2000. Effect of feed processing on broiler performance. **In:** VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. Santiago, Chile. Octubre 9-11, 2002). [en línea]
<<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf>>
[consulta : 26-06-2006]).

- **FURLAN, E.F.; OETTERER, M.** 2002. Hidrolisado protéico de pescado. Revista de Ciência & Tecnología. 10(19): 79-89.

- **GOLDHOR, S.H.; REGENSTEIN, J.M.** 1988. U.S. fishery byproducts: a selective update and review. Feedstuffs. 60(6): 14-16.

- **GONZÁLEZ, J.** 2000. Influencias de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. [en línea]
<<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxi/profesional/aves/3.doc>>
[consulta :14 Agosto 2006].

- **GUADIX, A.; GUADIX, E.M.; PÁEZ-DUEÑAS, M.P.; GONZALES-TELLO, P.; CAMACHO, F.** 2000. Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. Ars Pharmaceutica. 41(1); 79-89.

- **HARRISON, G.H.; COATES, M.E.** 1972. Interrelationship between the growth-promoting effect of fish solubles and the gut flora of the chick. British Journal Nutrition. 28: 213-221.

- **HAVENSTEIN, G.B.; FERKET, P.R.; SCHEIDLER, S.E.; LARSON, B.T.** 1994. Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs. 1991 broilers when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. Poultry Science. 73: 1785-1794 (citado por Behnke, K.; Beyer, S. 2000. Effect of feed processing on broiler performance. **In:** VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. Santiago, Chile. Octubre 9-11, 2002). [en línea]
<<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/SEMINARIOS/semi2.pdf>>
[consulta : 26-06-2006]).

- **HEUSER, G.F.** 1955a. Alimentos para las aves. Complementos proteínicos de origen animal. **In:** La Alimentación en Avicultura. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México. pp. 153-195.

- **HEUSER, G.F.** 1955b. Alimentos para las aves. Complementos proteínicos de origen vegetal. **In:** La Alimentación en Avicultura. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México. pp. 196-226.

- **HEUSER, G.F.** 1955c. Composición de las plantas, los animales y las raciones. **In:** La Alimentación en Avicultura. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México. pp. 21-78.

- **HOOSHMAND, M.** 2006. Effect of early feeding programs on broiler performance. International Journal of Poultry Science 5(12): 1140-1143.

- **HUDSON, B.P.; LIEN R.J. ; HESS, J.B.** 1999. Current concepts in broiler production. Early broiler nutrition. Department of Poultry Science. Auburn University, EE.UU. V 2.

- **IJI, P.A.** 1999. The impact of cereal non-starch polyssacharides on intestinal development and function in broiler chickens. World’s Poultry Science Journal. 55: 375- 387.

- **IJI, P.A.; SAKI, A.; TIVEY, D.R.** 2001. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 2. Development and characteristics of intestinal enzymes. *British Poultry Science*. 42: 514-522.

- **IMONDI, A.R.; BIRD, F.H.** 1966. The turnover of intestinal epithelium in the chick. *Poultry Science*. 45: 142-146.

- **KEMP, C; KENNY, M.** 2003a. Alimentación del pollo moderno para mejor. [en línea]
<<http://www.aviagen.com/output.aspx?sec=2040&con=2420>>
[consulta: 18-05-2007].

- **KEMP, C; KENNY, M.** 2003b. Precise nutrition for breeders and broilers. [en línea]
<<http://www.aviagen.com/output.aspx?sec=2040&con=877&siteId=1>>
[consulta: 18-05-2007].

- **KLANG, J.E.; BURNWORTH, L.A.; PAN, Y.X.; WEBB, K.E.Jr.; WONG, E.A.** 2005. Functional characterization of a cloned pig intestinal peptide transporter (pPepT1). *Journal of Animal Science*. 83: 172-181.

- **KNIGHT, C.D.; DIBNER, J.J.** 1998. Nutritional and programming in hatchling poultry: why a good start is important. *Poultry Digest*. 57(4): 20-26.

- **KNIGHTS, R.J.** 1985. Processing and evaluation of the antigenicity of protein hydrolysates. **In:** *Nutrition for Special Needs in Infancy: Protein Hydrolysates*. Ed. Fina Lifshitz. New York, EE.UU. pp.105-115.

- **KROGDAHL, A.; SELL, J.L.** 1984. Development of digestive enzymes and fat digestion in poults. **In:** *Proceedings 17th World Poultry Congress*. Helsinki, Finlandia. pp. 352-354.

- **LAHL, W.J.; BRAUN, S.D.** 1994. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. *Food Technology*. 48(10): 68-71.

- **LENHARDT, L.; MOZES, S.** 2003. Morphological and functional changes of the small intestine in growth-stunted broilers. *Acta Veterinaria Brno*. 72: 353-358.

- **LESKE, K.L.; COON, C.N.** 1999. Nutrient content and protein and energy digestibilities of ethanolextracted, low α -galactoside soybean meal as compared to intact soybean meal. *Poultry Science*. 78: 1177-1183.

- **LEESON, S.; SUMMERS, J.D.** 2001a. Feed ingredients and feed formulation. **In:** Scott's Nutrition of the chicken. 4 Ed. University books. Guelph, Ontario, Canadá. pp. 473-510.

- **LEESON, S.; SUMMERS, J.D.** 2001b. Proteins and amino acids. **In:** Scott's Nutrition of the chicken. 4 Ed. University books. Guelph, Ontario, Canadá. pp. 100-175.

- **LEESON, S.; ZUBAIR, A.K.** 2001a. La digestión en las aves I: las proteínas y las grasas. [en línea]
<<http://www.novusint.com/Public/Library/TechPaper.asp?ID=99>>
[consulta: 13-07-2006].

- **LEESON, S.; ZUBAIR, A.K.** 2001b. La digestión en las aves II: carbohidratos, vitaminas y minerales. [en línea]
<<http://www.novusint.com/Public/Library/TechPaper.asp?ID=100&selLocale=es-MX>>
[consulta: 13-07-2006].

- **MAIGUALEMA, A.; GERNAT, G.** 2003. The effect of feeding elevated levels of tilapia (*Oreochromus niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. *International Journal of Poultry Science*. 2(3): 195-199.

- **MAIORKA, A.; DAHLKE, F.** 2006. Broiler adaptation to post-hatching period. *Ciencia Rural*. 36(2): 701-708.

- **MARTÍN, O; MADRAZO, G; RODRÍGUEZ, A.** 2002. Evaluación de dietas de preinicio en el comportamiento de pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Avícola*. 26: 151-158.

- **MARTINEZ, O; MARTINEZ, V.** 2006. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria* 21, s.2: 1-14.

- **MARTONE, C.B.; PETRUZZELO, M.; CASSIA, R.O.; PÉRES BORLA, O.; BUSCONI, L.; FOLCO, E.J.E.; SÁNCHEZ, J.J.** 2003. Obtenção e usos de hidrolisados protéicos de resíduos de pescado. **In:** I Workshop Brasileiro em Aproveitamento de Sub-productos do Pescado. Itajaí-SC, Brasil. 04-05 diciembre 2003. Universidade do Vale do Itajaí.

- **MATEOS, G.G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.I.** 2002. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. **In:** XVIII Curso de Especialización FEDNA: "Avances en nutrición y alimentación animal". Madrid, España. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp.13-37.

- **MILLÁN, M.T.** 2005. Proyecto "Desarrollo de bio aviar, nucleo proteico para aves en períodos iniciales de crianza". Santiago, Chile. Profish S.A. 3 p.

- **MORAN, E.T.** 1985. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. *Journal of Nutrition*. 115: 665-674.

- **NICHOLSON, D.** 2004. Tools for evaluating brooding management. *Zootecnica*. [en línea].
<<http://www.aviagen.com/output.aspx?sec=2040&con=1027&siteId=1>>
[consulta: 27-06-2007]

- **NIR, I.; LEVANON, M.** 1993. Effect of posthatch holding time on performance and on residual yolk and liver composition. *Poultry Science*. 72: 1994-1997.

- **NITSAN, Z.; BEN-AVRAHAM, G.; ZOREF, Z; NIR, I.** 1991. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *British Poultry Science*. 32: 515-523.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*. 74: 366-373.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1998. Metabolic responses to early nutrition. *Journal of Applied Poultry Research*. 7: 437-451.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1999. Nutrición de aves en los primeros días de vida. **In:** XV Curso de Especialización FEDNA: "Avances en nutrición y alimentación animal". Madrid, España. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp: 113-124.

- **NOY, Y.** 2005. Critical care: early nutrition in poultry. **In:** Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings of Alltech's 21st International Feed Industry Symposium. Kentucky, EE.UU. pp 35-41.

- **NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 1994. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. National Academy of Sciences Press. Washington, D.C., EE.UU. 155p.

- **ODEPA – OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS – MINISTERIO DE AGRICULTURA – GOBIERNO DE CHILE.** 2005. Mercado de la carne de ave. [en línea]. <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=B494C423E3E4054315BF0E6BE6E7F49D?idcla=2&idcat=8&idn=1613>> [consulta: 29-09-2006]

- **ODEPA – OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS – MINISTERIO DE AGRICULTURA – GOBIERNO DE CHILE.** 2006. Situación actual y perspectivas para 2006 en la producción de carnes. [en línea].
<<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=B494C423E3E4054315BF0E6BE6E7F49D?idcla=2&idcat=8&idn=1789>>
[consulta: 29-09-2006]

- **ODEPA – OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS – MINISTERIO DE AGRICULTURA – GOBIERNO DE CHILE.** 2007. Mercado de la carne de ave. [en línea].
<<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=B494C423E3E4054315BF0E6BE6E7F49D?idcla=2&idcat=8&idn=1948>>
[consulta: 10-06-2007]

- **PALO, P.E.; SELL, J.L.; PIQUER, F.J.; VILASECA, L.; SOTO-SALANOVA, M.F.** 1995. Effect of early nutrient restriction on broiler chickens. 2. Performance and digestive enzyme activities. Poultry Science. 74: 1470-1483.

- **PENNACCHIOTTI, I.** 1998. Las proteínas: generalidades y su importancia en nutrición y en la industria de alimentos. Santiago, Chile. 92 p.

- **POKNIAK, J.** 2002. Alimentos concentrados proteínicos. Apunte docente. U. de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Depto. Fomento Producción Animal. pp. 1-13.

- **POWLEY, J.** 2004. Understanding high level, predictable broiler performance. Asian Poultry Magazine. [en línea].
<<http://www.aviagen.com/docs/Understanding%20high%20level,%20predictable%20broiler%20performance.pdf>>
[consulta: 17-06-2007]

- **REFSTIE, S.; OLLI, J.J.; STANDAL, H.** 2004. Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*. 239: 331-349.

- **RUITER, A.** 1999. Productos pesqueros. **In:** El Pescado y los Productos Derivados de la Pesca: Composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Ed. Acribia, Zaragoza, España. pp. 335-369 (citado por Furlan, E.F.; Oetterer, M. 2002. Hidrolisado protéico de pescado. *Revista de Ciência & Tecnología*. 10(19): 79-89).

- **RUSHBY, A.** 2003. Primera semana de vida. *Poultry World*. Junio 2003. [en línea].
<<http://www.aviagen.com/output.aspx?sec=2040&con=2075&siteId=1>>
>
[consulta: 13-04-2007]

- **SAKI, A.A.** 2005. Effect of post-hatch feeding on broiler performance. *International Journal Poultry Science*. 4: 4-6.

- **SATHIVEL, S.; BECHTEL, P.J.; BABBITT, J.K.; SMILEY, S.; REPPOND, K.D.; PRINYAWIWATKUL, W.** 2003. Functional and nutritional properties of protein hydrolysates from herring (*Clupea harengus*). [en línea]
<http://ift.confex.com/ift/2003/techprogram/paper_18676.htm>
[consulta: 27-08-2007].

- **SHAHIDI, F.; HAN, X.O.; SYNOWIECKI, J.** 1995. Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*. 53: 285-293.

- **SKLAN, D.** 2000. Development of the digestive tract of poultry. In: XXI World Poultry Congress. Montreal, Canadá. 21-24 agosto.

- **SKLAN, D.** 2001. Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal*. 57: 415-28.

- **SKLAN, D.; NOY, Y.** 2000. Hydrolysis and absorption in small intestine of posthatch chicks. *Poultry Science*. 79: 1306-1310.

- **SKLAN, D.; NOY, Y.** 2004. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. *Poultry Science*. 83: 952-961.

- **SOKAL, R; ROHLF, F.J.** 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 2º ed. New York, EE.UU. Freeman and Company. 859 p.

- **STURKIE, P.D.** 1967. Alimentación de aves: Sistema Digestivo del Ave. **In:** *Fisiología Aviar*. 2a ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

- **SWATSON, H.K.; GOUS, R.; IJI, P.A.** 2002. Effect of dietary protein level, amino acid balance and feeding level on growth, gastrointestinal tract, and mucosal structure of the small intestine in broiler chickens. *Animal Research*. 51: 501-515.

- **THORKELSSON, G.** 2005. Bioactive components identified in enzyme hydrolysed fish proteins. [en línea] <http://www.seafoodplus.org/Bioactive_components_i.393.0.html> [consulta: 27-08-2007].

- **UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D.** 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry Science*. 77: 75-82

- **UNI, Z; NOY, Y; SKLAN, D.** 1995. Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy and light strain chicks. *Poultry Science*. 74: 1622-1629.

- **UNI, Z; NOY, Y; SKLAN, D.** 1999. Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poultry Science*. 78 (2): 215-222.

- **VAN, L.; PAN, Y.X.; BLOOMQUIST, J,R, WEBB, K.E.Jr.; WONG, E.A.** 2005. Developmental regulation of a turkey intestinal peptide transporter (PepT1). *Poultry Science*. 84:75-82.

- **VAN RENSBURG.** 1999. The use of broiler pre-starter diets. [en línea] <<http://www.spesfeed.co.za/winter99.htm#Broiler%20Performance%20Data>> [consulta :19-11-2006]

- **VÁSQUEZ, M., GARCÍA LUNA, P.P.** 2006. Patología Renal aguda y crónica. Monografías: "Proteínas en nutrición artificial". SENPE. Unidad de Nutrición. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla, España.

- **VENTURINO, J.J.** 2006. Manejo de parrilleros en las primeras semanas de vida. Sitio Argentino de Producción Animal. [en línea] <http://www.produccionbovina.com/produccion_avicola/33-manejo_parilleros.pdf> [consulta :23-07-2006]

- **VENUGOPAL, V.** 1994. Production of fish protein hydrolysates by microorganisms. **In:** Fisheries Processing: Biotechnological applications. Chapman & Hall. Londres, U.K.

- **VIEIRA, S.L.; MORAN Jr, E.T.** 1999. Effects of egg origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World Poultry Science Journal*. 56 (2): 125-142.

- **VIOQUE, J; MILLÁN, F.** 2005. Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. *Agrocsic. CTC Alimentación* 26: 103-107.

- **WARNICK, R.E.; ANDERSON, J.O.** 1968. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of essential amino acids. *Poultry Science*. 47: 281-287.

- **WERGEDAHL, H.; LIASET, B.; GUDBRANDSEN, O.A.; LIED, E.; ESPE, M.; MUNA, Z.; MORK, S.; BERGE, R.K.** 2004. Fish protein hydrolysate reduces plasma total cholesterol, increases the proportion of HDL cholesterol, and lowers Acyl-CoA:cholesterol acyltransferase activity in liver of zucker rats. *The Journal of Nutrition*. 134: 1320-1327.

- **WIJTEN, P.J.A.; PRAK, R.; LEMME, A.; LANGHOUT, D.J.** 2004. Effect of different dietary ideal protein concentrations on broiler performance. *British Poultry Science*. 45: 504-511.

- **WU, Y.C.; KELLEMS, R.O.; HOLMES, Z.A.; NAKAUSE, H.S.** 1984. The effect of feeding four fish hydrolyzate meals on broiler performance and carcass sensory characteristics. *Poultry Science* 63: 2414-2418.

- **YU, B; LEE, T.T.T.; CHIOU, P.W.-S.** 2002. Effects of sources of protein and enzyme supplementation on protein digestibility and chyme characteristics in broilers. *British Poultry Science*. 43: 424-431.

- **ZAVIEZO, D.** 1997. Nutrición proteica de las aves: de proteína cruda a proteína ideal. *Industria Avícola* 44: (12): 27-31 (citado por Martin, O; Madrazo, G; Rodríguez, A. 2002. Evaluación de dietas de preinicio en el comportamiento de pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Avícola*. 26: 151-158).

- **ZHAO, J.** 2005. Impact of dietary proteins on growth performance, intestinal morphology, and mRNA abundance in weanling pigs. Doctor of philosophy in Animal Science. Virginia, EE.UU. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 155 p.