

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADOS DE PLUMAS SOBRE LA  
PERFORMANCE DE CERDOS EN ENGORDE

por

Federico Martín SIERRA HERNÁNDEZ

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2011

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. M Sc. Roberto Bauza Devessi

-----  
Ing. Agr. M Sc. Andrea González

-----  
D. M. V. Ph. D. Cecilia Cajarville

Fecha: 28 de noviembre de 2011

Autor: -----  
Federico Martín Sierra Hernández

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Daniela mi compañera de la vida, por ser el soporte e impulso permanente y fundamental para que diera este último paso para cerrar esta etapa de mi vida.

Al Ing. Agr. Roberto Bauza por su aporte académico y por sobre todas las cosas por el apoyo constante y paciente que siempre me demostró.

A la Ing. Agr. Andrea González por sus aportes y opiniones siempre valiosas.

A las estudiantes de grado Cecilia Bratschi y Lorena Scaglia por su colaboración durante el trabajo de campo.

A todos los que colaboraron para que culminara con esta etapa de mi formación.

## TABLA DE CONTENIDOS

|  | Página |
|--|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....  | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....   | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....  | VI     |
| <br>   |        |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....   | 1      |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....   | 2      |
| 2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PLUMAS.....   | 2      |
| 2.2 LAS PLUMAS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.....                                      | 2      |
| 2.3 MÉTODOS DE HIDRÓLISIS.....   | 2      |
| 2.3.1 <u>Métodos físicos</u> .....   | 3      |
| 2.3.2 <u>Métodos químicos</u> .....  | 3      |
| 2.3.3 <u>Métodos biológicos</u> .....  | 4      |
| 2.4 COMPOSICIÓN DE LOS HIDROLIZADOS.....   | 4      |
| 2.4.1 <u>Calidad de la proteína</u> .....  | 6      |
| 2.5 UTILIZACIÓN DE HIDROLIZADOS DE PLUMAS EN<br>LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.....        | 6      |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....   | 8      |
| 3.1 LUGAR Y PERÍODO DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO.....                                 | 8      |
| 3.2 TRATAMIENTOS EVALUADOS.....  | 8      |
| 3.3 ALIMENTOS ESTUDIADOS.....  | 8      |
| 3.4 COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS ESTUDIADAS.....                                      | 11     |
| 3.5 ANIMALES UTILIZADOS EN EL ENSAYO.....  | 12     |
| 3.6 MANEJO EXPERIMENTAL.....   | 12     |
| 3.6.1 <u>Plan de alimentación</u> .....  | 13     |
| 3.7 PARÁMETROS EVALUADOS.....  | 14     |
| 3.7.1 <u>Consumo de alimento</u> .....   | 14     |
| 3.7.2 <u>Ganancia de peso diaria</u> .....   | 14     |
| 3.7.3 <u>Eficiencia de conversión del alimento</u> .....                           | 15     |
| 3.8 MODELO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                               | 15     |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....   | 16     |
| 4.1 CONSUMO DE ALIMENTO.....   | 16     |
| 4.2 GANACIA DE PESO DIARIA.....  | 18     |
| 4.3 EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO.....                                     | 19     |
| 4.4 EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADOS<br>DE PLUMAS SOBRE LA PERFORMANCE..... | 21     |

|  |    |
|--|----|
| 5. <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> ..... | 23 |
| 6. <u>RESUMEN</u> .....                        | 24 |
| 7. <u>SUMMARY</u> .....                        | 25 |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....                   | 26 |
| 9. <u>APÉNDICES</u> .....                      | 30 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.   | Página |
|--|--------|
| 1. Composición química de los hidrolizados de plumas obtenidos por presión y temperatura según diferentes autores.....   | 5      |
| 2. Composición química del hidrolizado de plumas obtenido por NaOH y del hidrolizado de plumas obtenido por Presión y temperatura. Resultados expresados en base seca..... | 9      |
| 3. Composición química de los alimentos utilizados en la elaboración de las dietas. Expresados en base seca.....   | 10     |
| 4. Composición química del Concentrado Vitamínico-Mineral.....   | 10     |
| 5. Composición de las dietas de los diferentes tratamientos (expresada en % de MS de los alimentos).....   | 11     |
| 6. Composición química (% de nutrientes en base seca) de las dietas estudiadas.....  | 11     |
| 7. Escala de alimentación según peso vivo (Kg/animal/día).....   | 13     |
| 8. Cálculo de proporción de hidrolizado químico.....   | 14     |
| 9. Consumo total promedio de alimento por animal según tratamiento.....  | 16     |
| 10. Nivel de consumo y rechazo diario de alimento, promedio por animal según tratamiento para las fases de recría y terminación.....                                       | 17     |
| 11. Ganancia de peso diaria (kilogramos) por animal promedio según tratamiento.....  | 18     |
| 12. Índice de conversión del alimento promedio según tratamiento.....  | 19     |

Gráfico No.

1. Evolución del peso vivo en función del tiempo de tratamiento..... 19

## 1 INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda mundial de alimentos para consumo humano y el destino cada vez mayor de materias primas para la producción de biocombustibles ha provocado un alza de los precios que hace cada vez más necesaria la búsqueda de alimentos para los animales que no compitan con los primeros, esto es especialmente acentuado en las fuentes proteicas.

Las plumas son un subproducto de la industria avícola. Del peso total de un pollo aproximadamente el 79 % corresponde a carne y carcasa y el 2,9 % a las plumas<sup>1</sup>. Considerando que la faena aviar en el país en el año 2007 fue de 63452 toneladas de carne (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2007) y utilizando el criterio anteriormente mencionado, el volumen de plumas producido en el mismo periodo se puede estimar en el entorno de 2330 toneladas.

En la actualidad, en nuestro país las plumas no tienen un destino útil, ya que según la normativa vigente deben ser retiradas de las plantas de faena y enterradas en rellenos sanitarios, constituyendo un problema para los mataderos su eliminación, al tiempo que la solución adoptada no disminuye el problema de la contaminación ambiental ni el riesgo sanitario que se genera (Mallo et al., 2005).

A nivel mundial existen numerosas investigaciones sobre el uso de las plumas como fuentes proteicas alternativas en la alimentación de suinos. A nivel nacional solo se registra un antecedente de utilización de la pluma de aves en alimentación animal: la harina de pollo producida por la "AVICOLA MORO" constituida por vísceras, cabezas, sangre y plumas que eran sometidas a un tratamiento con presión y temperaturas elevadas, y que fuera utilizada por la misma empresa incorporándola a las raciones de los pollos a razón de un 5 %<sup>1</sup>.

Este trabajo tiene por objetivo evaluar las performances de cerdos en el período de engorde recibiendo dietas que contienen dos tipos de hidrolizados de plumas como parte de su fuente proteica. Se enmarca en el proyecto "Estudio del aporte nutritivo para cerdos de plumas hidrolizadas por diferentes métodos" se realiza en Facultad de Agronomía con el financiamiento de CSIC y el apoyo de una empresa elaboradora de harinas de origen animal.

---

<sup>1</sup> Velázquez, C. 1994. Estudio de disponibilidad y uso actual de productos y subproductos de origen animal en el Uruguay. Primer informe de trabajo realizado en el marco de trabajo de la beca de iniciación en investigación dentro del Programa Regular de Recursos Humanos. Área; temas Agropecuarios. Montevideo CONICYT. 26p. (sin publicar)

## 2 REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PLUMAS

Las plumas a la salida de planta de faena de pollos, tienen un 30 % de materia seca y según análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía (González, 2007). El contenido de Proteína Cruda de las plumas varía entre 81 y 90 % según los diferentes autores consultados: de 81 a 90% (de Blas et al., 2003), 87 % (Coello et al., 2003).

Según Coello et al. (2003), un 88 % de la fracción proteica corresponde a alfa-queratina. Las alfa queratinas son especialmente ricas en aminoácidos con grupos hidrofóbicos como fenilalanina, isoleucina, valina, metionina y alanina y particularmente ricas en cistina llegando a un 18 % en el caso de las alfa queratinas más duras como las del caparazón de las tortugas (Lehninger et al., 1995).

### 2.2 LAS PLUMAS EN LA ALIMENTACION ANIMAL

El alto contenido proteico de las plumas ha motivado que las mismas sean por muchos años objeto de estudio para utilizarlas en la alimentación animal, pero su alto contenido de queratina la hace poco digestible por parte de los animales. En esta proteína las cistinas de cadenas polipeptídicas adyacentes se unen mediante enlaces disulfuro, estos enlaces son covalentes, y por tanto muy fuertes y originan fibras fuertemente cohesionadas. Los valores de digestibilidad in vitro de la proteína de las plumas sin procesar, determinadas mediante HCl y pepsina varía entre 12,54 % (Piccioni, 1970); el 5 % (de Blas et al., 2003) y 26 % según Coello et al. (2003).

### 2.3 MÉTODOS DE HIDRÓLISIS

La estructura indigestible de las plumas crudas debe ser hidrolizada para su uso como alimento para animales (Moritz y Latshaw 2001, Kim et al. 2002, de Blas et al. 2003). Los tratamientos realizados tienen como objetivo romper los enlaces disulfuro entre las cistinas de cadenas adyacentes de la queratina, para aumentar la digestibilidad de la fracción proteica de las plumas.

Los tratamientos se pueden agrupar en: métodos físicos, sometiendo a las plumas a diferentes combinaciones de presión, temperatura y tiempo; químicos, consistentes en someter las plumas a diferentes concentraciones de ácidos y álcalis fuertes; y biológicos, que suponen el tratamiento de las plumas con enzimas producidas por hongos y bacterias.

Para comprobar la eficiencia de los procesos de hidrólisis suele determinarse la digestibilidad in vitro con pepsina. Valores de digestibilidad in vitro comprendidos entre 66 y 80 % se consideran adecuados. Por debajo de 65 % indican que la hidrólisis ha sido insuficiente y superior a 80 % un procesamiento excesivo, con menor disponibilidad de cistina y otros aminoácidos (de Blas et al., 2003).

### 2.3.1 Métodos físicos

Consisten en someter a las plumas presiones y temperaturas elevadas por un período de tiempo determinado. Presiones de vapor de 3,2 atmósferas y temperaturas de 146° C durante aproximadamente 30 minutos, producen la ruptura de los enlaces químicos que dan estructura a la queratina (de Blas et al., 2003). Otros autores (Latshaw et al. 1994, Apple et al. 2003) mencionan presiones de vapor entre 2,4 y 3,3 atmósferas y temperaturas de entre 110 y 140° C. por periodos de 30 a 90 minutos.

Como resultado de estos tratamientos se produce una degradación significativa de la cistina, reduciendo su contenido de 8,8 % en plumas sin tratar a 3,6 % de la proteína en las plumas tratadas (Moran et al., 1966). Tratamientos excesivos dan lugar a transformaciones de aminoácidos en compuestos de menor valor nutritivo, que afectan negativamente la digestibilidad de la proteína: lisina en lisinoalanina, cistina en lantionina (Moritz y Latshaw 2001, de Blas et al. 2003).

### 2.3.2 Métodos químicos

Consisten en someter las plumas a soluciones de ácidos o bases fuertes, generalmente NaOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, puros o combinados, por diferentes periodos de tiempo. Steiner et al. (1983) trataron plumas con diferentes concentraciones de NaOH o H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> y encontraron incrementos en la digestibilidad de las plumas a medida que se aumenta el tiempo de contacto químico de 0 a 16 horas y las concentraciones de NaOH y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> de 0 a 9 %. A similar conclusión llegaron Papadoupoulos et al. (1985). Mientras que Kim et al. (2002), aplicando una solución de NaOH 1 Normal por 24 horas a 37° C logró una solubilidad del nitrógeno de la pluma de 78,83%.

Otros métodos utilizados combinan tratamientos con NaOH con la utilización de enzimas proteolíticas sintéticas (Papadoupoulos et al. 1985, Kim et al. 2002) obteniendo mejores valores de digestibilidad de la pluma tratada. Dalve, citado por Kim et al. (2002) evaluó un tratamiento combinado de NaOH y enzimas proteolíticas sintéticas para el procesamiento de plumas, los últimos autores

mencionados, utilizando un tratamiento combinado de NaOH y enzima lograron una solubilidad del nitrógeno de alrededor del 50 %.

Tiempos de procesamientos prolongados e incrementos de concentraciones de NaOH reducen la digestibilidad de algunos aminoácidos de la harina de plumas. Algunos aminoácidos esenciales como la lisina, metionina e histidina tienen una digestibilidad particularmente baja, mientras que la cistina fue marcadamente degradada (Kim et al., 2002). Bauza (2007) en base a información bibliográfica sostiene que la hidrólisis ácida no es recomendable dado que produce la ruptura del triptófano, al tiempo que Piccioni (1970) afirma que esto ocurre tanto por la hidrólisis ácida como por la alcalina.

### 2.3.3 Métodos biológicos

En los últimos tiempos se vienen desarrollando líneas de investigación en el uso de microorganismos, capaces de sintetizar enzimas que hidrolizan la queratina.

Entre los microorganismos con acción queratinolítica se han reportado hongos y bacterias (Böcke et al., Santos et al., Burt, citados por Coello et al., 2003) y sobre todo bacterias, *Bacillus subtilis* (Kim et al., 2002) y *Kocuria rosea* (Coello et al., 2003). Según este último autor la bacteria *K. rosea* aislada del suelo, secreta enzimas proteolíticas capaces de degradar queratina, colágeno y elastina, obteniendo un producto con 67% de proteína, cuya digestibilidad in vitro es de 88%. Adicionalmente se aumenta su valor nutricional debido al aporte de aminoácidos esenciales lisina, histidina y metionina proveniente de la propia proteína microbiana.

## 2.4 COMPOSICION DE LOS HIDROLIZADOS

Los productos resultantes del proceso de hidrólisis (hidrolizados), son muy variables tanto en su aspecto físico, como en su composición química, dependiendo del método empleado en su elaboración. Varían desde contenidos de materia seca mayor al 90 % para los productos de métodos físicos (conocidos también como harinas de plumas), a soluciones más o menos acuosas con menos de 20 % de MS, cuando se trata de producto de la hidrólisis química (González, 2007) o biológica (Coello et al., 2003) si no se someten a procesos de secado posteriores.

La composición química de los productos de la hidrólisis física también es variable en función de la variación de temperatura, presión y tiempo de procesamiento utilizados en cada caso. Según la bibliografía consultada los

productos obtenidos por métodos físicos presentan los valores de composición química expresados en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Composición química de los hidrolizados de plumas obtenidos por presión y temperatura según diferentes autores.

| Nutriente   | Rango       | Fuente  |
|---|-------------|---|
| Materia Seca (%)                                  | 93 – 97,3   | Fonseca et al. 1991,<br>Latshaw et al. 1994,<br>Apple et al. 2003 |
| En base seca                                      |             |   |
| PC (%)  | 81,2 – 93,4 |   |
| Extracto Etéreo (%)                               | 2,8 – 11    |   |
| Cenizas (%)                                       | 2,0 – 2,9   |   |
| Energía Metabolizable<br>(Mcal/kg MS)             |             |   |
| Digestibilidad de la Proteína<br>a la pepsina (%) | 66 – 80     | Latshaw et al. (1994)   |

El producto de la hidrólisis química en general resulta un producto con valores sensiblemente menores de materia seca. González (2007) trabajaron con productos con 15 % de materia seca, un 36.5 % de proteína cruda, 2.3 % de extracto etéreo, 33.8 % de cenizas. La digestibilidad de la proteína de estos hidrolizados fue de 70 % in vitro y de 61.4 % in vivo, presentando una solubilidad del N de 50.34 y 78.8 % para tratamientos con NaOH o NaOH mas pepsina respectivamente. Se hace notar el alto contenido de cenizas, producto de la formación de sales de sodio en el proceso de hidrólisis y de neutralización (Papadopoulos et al., 1985). La presencia de estas sales pueden provocar mayor actividad metabólica y por tanto un aumento de los órganos viscerales (Ssu et al., 2004)

Los productos de la hidrólisis biológica presentan una vez desecados un 93.8 % de materia seca. Su composición química en base seca es; 67.0 % de proteína cruda, 4.60 % de extracto etéreo, 15.60 % de cenizas, 0.39 % de fibra cruda, 6.2 % de carbohidratos, mientras que la digestibilidad in vitro de la proteína es del 88 % (Coello et al., 2003).

### 2.4.1 Calidad de la proteína

La mayoría de los autores consultados coinciden en considerar a la proteína de los hidrolizados de plumas como de bajo valor biológico debido a su desbalance en aminoácidos esenciales. Moran et al. (1966), Smith (1968), Latshaw et al. (1994), Chiba et al. (1996) hallaron que los hidrolizados de plumas son extremadamente deficientes en aminoácidos como alanina, histidina, leucina, lisina, metionina, triptófano, ácido aspártico y valina. Fonseca et al. (1991) experimentando con aves concluyeron que la proteína de los hidrolizados de plumas es de bajo valor biológico, debido a la escasa biodisponibilidad de los aminoácidos, dado que hallaron que su digestibilidad promedio era del 51.82%.

En los hidrolizados de plumas obtenidos por métodos físicos, la elevada temperatura y presión de vapor, utilizadas en el proceso de elaboración, necesaria para la eliminación de agentes patógenos y para romper los enlaces entre los aminoácidos que forman la queratina, pueden degradar significativamente la cistina (Moran et al., 1966), dando lugar a transformaciones de aminoácidos en compuestos de menor valor nutritivo, que afectan negativamente la digestibilidad de la proteína: lisina en lisinoalanina, cistina en lantionina (Wang y Parson 1997, Moritz y Latshaw 2001, de Blas et al. 2003).

La inclusión de sangre durante el proceso de elaboración de hidrolizados de plumas obtenido por métodos físicos atenúa el desequilibrio en aminoácidos del producto final (Van Heugten y Van Kempem, 2002).

## 2.5 UTILIZACIÓN DE HIDROLIZADOS DE PLUMAS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

La mayoría de los autores consultados plantean que la principal limitante para la inclusión de hidrolizados de plumas en la alimentación animal es su deficiencia en algunos aminoácidos esenciales, que limita los niveles de inclusión en las dietas.

Entre los productos mencionados como complementarios a los hidrolizados de plumas buscando levantar su desbalance aminoacídico se mencionan harina de sangre o harina de carne y huesos (Piccioni 1970, Van Heugten y Van Kempem 2002, Apple et al. 2003).

En rumiantes el hidrolizado de plumas puede aportar una cantidad importante de aminoácidos azufrados limitantes para el crecimiento, y además

la adición de proteína de sobrepaso ruminal resulta en aumentos de la ganancia de peso (Klemesrud et al., 2000). Pese a que la digestibilidad de la proteína de hidrolizado de plumas en rumiantes es elevada (hasta 82 %), su inclusión en la dieta no debe sobrepasar el 2 o 3 % de no ser suplementada con metionina y lisina (de Blas et al., 2003).

Trabajando con aves Moran et al. (1966) hallaron que se puede sustituir un 6 % de la proteína de la dieta o inclusive usarlo como única fuente proteica si se suplementa con aminoácidos como metionina, lisina, histidina, glicina y triptófano. A similares conclusiones arriban Coello et al. (2003) quienes recomiendan niveles de inclusión en dietas para aves del 5 % y hasta 40 % en peces cuando se suplementa con aminoácidos especialmente lisina. Por su parte de Blas et al. (2003) sugieren niveles de inclusión máximos de hasta 2 % de hidrolizado de plumas en dietas para alimentación de aves.

En cerdos se ha constatado que el uso de las harinas de plumas como única fuente de proteína, en reemplazo de fuentes proteicas convencionales, deteriora la performance, aún en dietas ajustadas por los niveles de lisina (Piccioni 1970, Chiba et al. 1995). Chiba et al. (1995) afirma que es posible realizar inclusiones hasta un 15% de harina de plumas, pero recomienda no superar el 9 % de inclusión de harina de plumas suplementada con lisina en dietas a base de maíz y harina de soja, puesto que niveles mayores provocaron decrecimientos lineales en la ganancia diaria y eficiencia de conversión.

Otros autores coinciden en señalar niveles de inclusión de hidrolizado de plumas de 5 a 8 % (Van Heugten y Van Kempen 2002, Apple et al. 2003) cuando se adiciona al hidrolizado aminoácidos esenciales (especialmente lisina) según los requerimientos de la categoría. Estos autores mencionan que niveles superiores impactan negativamente sobre los indicadores de performance como ganancia de peso, consumo diario y la relación ganancia /consumo. Ssu et al. (2004) ajustando la lisina digestible comprobó reducción en la performance de cerdos con inclusión de 20% de hidrolizado de plumas con respecto a inclusiones del 10%, siendo mayor la afectación en animales en recría que al final del periodo de engorde.

Según los autores consultados es posible la utilización de hidrolizados de plumas como fuente proteica en la alimentación de cerdos en engorde, en sustitución parcial de las fuentes proteicas tradicionales en la medida que no se superen los niveles de inclusión recomendados.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR Y PERÍODO DE REALIZACION DEL ENSAYO

El ensayo se realizo en la Estación de Pruebas de Porcinos de la Facultad de Agronomía, Sayago, en el periodo comprendido entre 15 de diciembre de 2006 y 6 de abril de 2007.

#### 3.2 TRATAMIENTOS EVALUADOS

El ensayo consistió en someter a cerdos en etapa de engorde a tres dietas isoprotéicas.

Tratamiento 1: (testigo) ración estándar, compuesta por maíz, harina de soja y núcleo vitamínico formulada de acuerdo a las recomendaciones NRC (1998).

Tratamiento 2: dieta incluyendo hidrolizado de plumas obtenido mediante tratamiento con NaOH, en la proporción adecuada para cubrir el 30% de la PC.

Tratamiento 3: dieta incluyendo hidrolizado de plumas obtenido mediante el sometimiento de las plumas a presión y temperatura, en la proporción adecuada para cubrir el 30% de la PC.

#### 3.3 ALIMENTOS ESTUDIADOS

Se trabajó con dos hidrolizados de plumas obtenidos mediante diferentes métodos: químico y físico.

El hidrolizado químico se obtuvo en la Facultad de Agronomía, al someter plumas provenientes de una planta de faena de pollos parrilleros a una solución de hidróxido de sodio, 1 molar, por un periodo de 36 horas en una proporción solución/pluma de 4 partes a 1 y posterior neutralizado con ácido acético.

La harina de plumas fue obtenida en la planta industrial de AGUAL S.A. mediante el sometimiento de plumas del mismo origen que el empleado en el método anterior, a temperatura (máxima 100 °C) por inyección de vapor de agua a presión (máxima de 3 atm) en tambor rotatorio durante tres horas y posterior secado al aire.

La composición química de ambos hidrolizados, determinada en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía se presenta en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2 Composición química del hidrolizado de plumas obtenido por NaOH y del hidrolizado de plumas obtenido por presión y temperatura.

|                             | Hidrolizado de plumas obtenido por NaOH | Hidrolizado de plumas obtenido por presión y temperatura |
|-----------------------------|---|--|
| Materia Seca (%)            | 10.8                                    | 92.4   |
|                             | En base seca                            |  |
| Proteína Cruda (%)          | 36.5                                    | 82.9   |
| Extracto al Éter (%)        | 2.3                                     | 10.34  |
| Cenizas (%)                 | 33.83                                   | 3.47   |
| Energía Bruta (Mcal/kg. MS) | 3.41                                    | 5.78   |

De la comparación de ambos productos hacemos notar que mientras el primero es una solución con bajo porcentaje de materia seca, el segundo tiene una consistencia de harina y por tanto alto contenido de materia seca. Tanto el porcentaje de proteína cruda como la fracción grasa son sensiblemente menores en el hidrolizado obtenido métodos químicos, debido a la formación de sales de sodio en el proceso de neutralización, mientras que en la harina estos niveles son bajos.

La composición química de los otros alimentos utilizados en el ensayo se presenta en el cuadro No. 3.

Cuadro No. 3 Composición química de los alimentos utilizados en elaboración de las dietas.

| Fracción   | Maíz      | Harina de Soja |
|--|-----------|----------------|
| Materia Seca (%)                                 | 86.22     | 88.07          |
|  | Base seca |                |
| Proteína Cruda (%)                               | 9.44      | 43.27          |
| Fibra Detergente Neutro corregida por ceniza (%) | 10.97     | 20.65          |
| Cenizas (%)                                      | 1.38      | 6.03           |
| Energía Bruta (Mcal/Kg MS)                       | 4.9       | 5.38           |

Las 3 dietas fueron suplementadas con un concentrado vitamínico-mineral cuya composición química se muestra en el cuadro No.4.

Cuadro No. 4 Composición química del Concentrado Vitamínico-Mineral.

| Fracción   | % En Base Seca |
|--|----------------|
| Materia Seca (%)   | 90             |
| Calcio (%)   | 19             |
| Fósforo (%)  | 5              |
| Sodio %  | 6              |
| Lisina (%)   | 0.2            |
| Metionina (%)  | 0.1            |
| Vitaminas y Minerales por kg. de producto: Vit. A: 99000 UI; Vit D3: 19800 UI; Vit. E: 1320 mg; Vit. K3: 33 mg; Vit. B1: 33 mg; Vit. B2: 66 mg; Vit. B6: 33 mg; Vit. 12: 330 mg; Acido Fólico: 16.5 mg; Acido Pantoténico: 330 mg; Biotina: 3.3 mg; Colina: 1500 mg; Niacina: 495 mg; Cu: 264 mg; I: 9.9 mg; Mn: 330 mg; Se: 8.25 mg; Zn: 2310 mg. |                |

Fuente: SUPRA<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Empresa SUPRA S.A. s.f. Etiqueta; núcleo vitamínico mineral (sin publicar).

### 3.4 COMPOSICION DE LAS DIETAS ESTUDIADAS

En función de los requerimientos de los cerdos en la categoría recría-terminación establecidos en las tablas NRC (1998): Proteína Cruda 18.0 % y Energía Digestible 3,4 Mcal/kg., se formularon tres dietas isoprotéicas, cuya composición porcentual y química se presentan en los cuadros No. 5 y No. 6. En los tratamientos 2 y 3, se incluyó la cantidad de hidrolizado necesaria para cubrir el 30 % de los requerimientos en proteína de la categoría. Se utilizó una dieta común para todo el ensayo.

Cuadro No. 5 Composición de las dietas de los diferentes tratamientos (expresadas en % de MS de los alimentos)

| Alimento                      | Trat. 1 | Trat. 2 | Trat. 3 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Maíz (%)                      | 69.0    | 73.0    | 77.3    |
| H. de Soja (%)                | 27.0    | 12.0    | 10.9    |
| Núcleo vitamínico             | 4.0     | 4.0     | 4.0     |
| Hidrolizado químico de plumas | -----   | 11.0    | -----   |
| Harina de plumas %            | -----   | -----   | 7.8     |
| Total                         | 100     | 100     | 100     |

Cuadro No. 6 Composición química (% de nutrientes en base seca) de las dietas estudiadas. (\*)

|              | Trat 1 | Trat 2 | Trat 3 |
|--------------|--------|--------|--------|
| PC %         | 18.2   | 18.2   | 17.96  |
| ED (Mcal/kg) | 3.36   | 3.2    | 3.27   |

(\*) Calculada a partir del aporte en EB de los alimentos que las componen y mediante la ecuación de predicción del NRC (1998):  $ED \text{ (kcal/kg)} = 949 + (0.789 \times EB) - (43 \times \%C) - (41 \times \%FDN)$

González (2009) en un ensayo experimental realizado con posterioridad a la realización del de este trabajo, se evaluó a dos hidrolizados de plumas uno obtenido por métodos físicos (en la misma planta industrial y a similar temperatura y presión) y un hidrolizado químico obtenido utilizando hidróxido de

sodio a igual concentración., se obtuvo que los valores de digestibilidad in vitro fueron de 70% para el hidrolizado químico y del 33% para el obtenido por medios físicos. Mientras que la digestibilidad aparente de la proteína fue de 68,1 % y 25,2 %, según se trate de hidrolizado obtenido por método químicos o físicos respectivamente.

La dieta del tratamiento 2 se compone de una ración base, incluyendo los alimentos secos, a la que se agregaba al momento del suministro a los animales, la cantidad correspondiente de hidrolizado de plumas. Esta medida se tomó a los efectos de evitar los posibles procesos de fermentaciones que podrían ocurrir en el caso de almacenar un alimento con alto contenido de humedad.

Las tres raciones conteniendo alimentos secos se elaboraron al comienzo del experimento siendo almacenadas en adecuadas condiciones para su conservación, mientras que el hidrolizado se elaboraba semanalmente y era almacenado en recipientes plásticos hasta su uso.

### 3.5 ANIMALES UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Se utilizaron 15 cerdos en etapa de recría-terminación: en el rango entre los 40 y los 100 kgs de peso vivo. Se trabajó con cerdos machos castrados, de la misma edad, similar estado de desarrollo y del mismo tipo genético (híbrido comercial), provenientes del criadero "Granja La Familia".

Los animales fueron asignados al azar, a razón de 5 animales por tratamiento.

### 3.6 MANEJO EXPERIMENTAL

El peso de los cerdos establecido para iniciar el período experimental fue de 40 kg  $\pm$  1 kg.

Los cerdos fueron alojados en el galpón de la Estación de Pruebas en bretes individuales, con piso de hormigón y separaciones de rejilla metálica, durante todo el periodo de ensayo, en similares condiciones ambientales. Cada brete contaba con un comedero y un bebedero, ambos tipos batea de hormigón. El agua fue suministrada manualmente y renovada diariamente.

Se efectuó control individual de peso en forma semanal. Los animales eran pesados en la mañana, antes del suministro del alimento, a los efectos de minimizar la variación por el contenido intestinal.

Se llevó control diario de suministro y rechazo de alimento por animal. Cuando se presentaron rechazos de alimento, fueron retirados diariamente, pesados y secados en estufa a 60° C durante 48 horas, para obtener el consumo efectivo diario por animal ajustado por el contenido de materia seca.

La finalización del periodo de engorde se fijo al alcanzar los cerdos un peso de 100 kg  $\pm$  1 kg.

### 3.6.1 Plan de alimentación

La alimentación se suministró en función del peso vivo según la escala que se presenta en el cuadro No. 7.

Cuadro No. 7 Escala de alimentación según peso vivo (Kg/animal/día)

| Peso Vivo | T1   | T2          |             | T3     |
|-----------|------|-------------|-------------|--------|
|           |      | Ración Base | Hidrolizado | Ración |
| 40 – 50   | 1.90 | 1.60        | 2.60        | 1.90   |
| 50 – 60   | 2.20 | 1.85        | 3.00        | 2.20   |
| 60 – 70   | 2.50 | 2.10        | 3.42        | 2.50   |
| 70 – 80   | 2.75 | 2.30        | 3.77        | 2.75   |
| 80 – 90   | 2.90 | 2.45        | 4.00        | 2.90   |
| 90 – 100  | 3.00 | 2.55        | 4.11        | 3.00   |

La cantidad de hidrolizado químico a ofrecer a ofrecer diariamente se ajustó teniendo en cuenta su contenido en MS y en PC (Cuadro No. 8).

El plan de alimentación contempla una restricción progresiva con respecto al consumo esperado a voluntad (INRA, 1988).

Cuadro No. 8 Cálculo de proporción de hidrolizado químico

| Peso Vivo (Kg) | Consumo del T1 (Kg) | PC/día (g) | 30% PC (g/día) | MS Hid. (36.5 % PC) g/día | Kg Hid. (10.8 %MS) |
|----------------|---------------------|------------|----------------|---------------------------|--------------------|
| 40 – 50        | 1.90                | 342        | 114            | 205                       | 2.60               |
| 50 – 60        | 2.20                | 396        | 132            | 237                       | 3.00               |
| 60 – 70        | 2.50                | 450        | 150            | 270                       | 3.42               |
| 70 – 80        | 2.75                | 495        | 165            | 300                       | 3.77               |
| 80 – 90        | 2.90                | 522        | 174            | 313                       | 4.00               |
| 90 – 100       | 3.00                | 540        | 180            | 324                       | 4.11               |

### 3.7 PARÁMETROS EVALUADOS

Para cada animal se determinaron los parámetros: consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia de conversión del alimento. Estableciendo los correspondientes promedios para cada tratamiento.

#### 3.7.1 Consumo de alimento

Corresponde al consumo de alimento efectivo, se calcula restando al alimento suministrado por animal el rechazado por el mismo, luego de ajustado por su contenido de materia seca. Está referido a un determinado periodo de tiempo: consumo diario, semanal, o de todo el periodo del ensayo.

Consumo (kgrs) = alimento ofrecido en un periodo determinado – alimento rechazado en el mismo periodo.

Como se trabajó con dietas con importantes diferencias en su contenido de agua, el dato de consumo se habrá de expresar en forma de materia seca, a los efectos que los resultados sean comparables entre tratamientos.

#### 3.7.2 Ganancia de peso diaria

Es un indicador que expresa la velocidad con que un determinado animal aumenta de peso, en general se utiliza la ganancia de peso diaria, y se expresa en kilogramos de peso vivo ganados por día de tratamiento.

Ganancia diaria (en kilogramos) = ganancia del periodo (en kilogramos)/ duración del período (en días).

### 3.7.3 Eficiencia de conversión

Es la relación entre la ganancia de peso de un animal en determinado periodo de tiempo y la cantidad de alimento consumido en dicho periodo. La eficiencia de conversión del alimento expresa cuánto puede aumentar de peso un animal por kg de alimento consumido. En producción porcina, bajo esta denominación se expresa el Índice de Conversión, es decir la cantidad de alimento necesaria para aumentar 1 kg de peso vivo

Índice de Conversión= Kilogramos de alimento consumido/peso final del periodo- peso inicial del periodo

Al igual que los datos de consumo y por las mismas razones, los datos del Índice de Conversión se expresarán en base seca.

## 3.8 MODELO ESTADISTICO Y ANALISIS DE RESULTADOS

Se utilizó un diseño de parcelas al azar, con 5 repeticiones, constituyendo cada animal una parcela. Los resultados fueron analizados mediante la prueba F, con niveles de significación del 1 y 5%. En los casos que se detectaron diferencias significativas se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de mínimas diferencias significativas, con los mismos niveles de significación. Los que se expresan mediante subíndices literales: mayúsculas para  $p \leq 0.01$  y minúsculas para  $p \leq 0.05$ .

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CONSUMO DE ALIMENTO

El volumen de alimento consumido durante todo el periodo de engorde, fue significativamente mayor en los tratamientos con inclusión de hidrolizados de plumas. El consumo de MS fue de 62,77 kg más para el T3 y 60,53 kg más para el T2 respectivamente, con respecto al tratamiento testigo, no existiendo diferencias entre ellos.

La principal causa de la diferencia observada se debe a que en ambos casos se prolongó sensiblemente la duración del periodo de engorde (10 semanas en el caso del tratamiento testigo, contra 14,8 y 14 semanas de los tratamientos T2 y T3 respectivamente).

Cuadro No. 9 Consumo total promedio de alimento por animal según tratamiento

| TRATAMIENTO | CONSUMO. TOTAL DE MS (kg) |
|-------------|---------------------------|
| T1          | 153,20 A                  |
| T 2         | 213,73 B                  |
| T3          | 215,97 B                  |

Medias de tratamiento seguidas por igual letra, no difieren significativamente ( $P \geq 0.01$ )

En segundo lugar observamos una menor aceptación de las dietas conteniendo hidrolizados, con la existencia de rechazos de alimento, aún considerando que el plan de alimentación utilizado contempla una restricción progresiva con respecto al consumo esperado a voluntad (INRA, 1988). La inclusión en la dieta de hidrolizado de plumas obtenidos tanto por medios químicos como físicos determinó la existencia de rechazo de alimento. Si dividimos el periodo de estudio en dos fases en función del peso vivo de los animales: recría (de 40 a 70 kg) y terminación (de 70 a 100 kgs); (Cuadro No. 10), vemos que la evolución del consumo por tratamiento, en función del alimento ofrecido y los niveles de rechazo, varía entre las dos fases. Los mayores valores de rechazo se registraron en la fase de recría, los rechazos se verificaron hasta la semana 7 y 9 de tratamiento para el T3 y el T2 respectivamente, cuando los animales alcanzaron los 70 kilos de peso, con reducciones del consumo de 4,3 y 1,1 % para los tratamientos 2 y 3, respectivamente en relación a la dieta testigo. Esto es coincidente con lo expresado por varios autores (Van Heugten et al. 2002, Apple et al. 2003, Ssu

et al. 2004), quienes encontraron disminuciones en el consumo en etapas tempranas del crecimiento.

Cuadro No. 10 Consumo y rechazo diario de alimento, promedio por animal según tratamiento para las fases de recría y terminación

| TRATAMIE<br>NTO | FASE DE RECRÍA       |                      | FASE DE TERMINACION  |                      |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | CONSUMO/<br>DIA (Kg) | RECHAZO/<br>DIA (Kg) | CONSUMO/<br>DIA (Kg) | RECHAZO/<br>DIA (Kg) |
| T1              | 1,883                | 0,001                | 2,512                | 0,000                |
| T2              | 1,802                | 0,049                | 2,365                | 0,000                |
| T3              | 1,862                | 0,020                | 2,527                | 0,003                |

Los niveles de rechazo no fueron importantes, se restringieron a la etapa de recría en la etapa de recría y se encontraron asociados al tratamiento con hidrolizado químico, esto puede ser explicado al menos en parte porque se trata de un alimento muy voluminoso (10.8 % de MS). Los trabajos encontrados en la bibliografía consultada se realizaron con hidrolizados desecados y por tanto con porcentajes de MS superiores al 90 %, por lo que esta causa no aparece mencionada. Una segunda posibilidad es que el hidrolizado, especialmente el obtenido por métodos químicos, posea un sabor desagradable a los cerdos que, por lo tanto, requieren de un período de adaptación a su consumo, lo que fue también observado por Apple et al. (2003). Confirmarían esta hipótesis el hecho que los rechazos se produjeron principalmente en las 3 primeras semanas de tratamiento, periodo requerido para la adaptación de los animales al alimento.

Sin embargo en nuestro ensayo los niveles de rechazo diarios, por ser relativamente bajos, no pueden considerarse como la causa más importante al momento de explicar las importantes reducciones de performance registradas por la inclusión de hidrolizados.

## 4.2 GANANCIA DE PESO DIARIA

Cuadro No. 11 Ganancia de peso diaria (kilogramos) promedio por animal según tratamiento

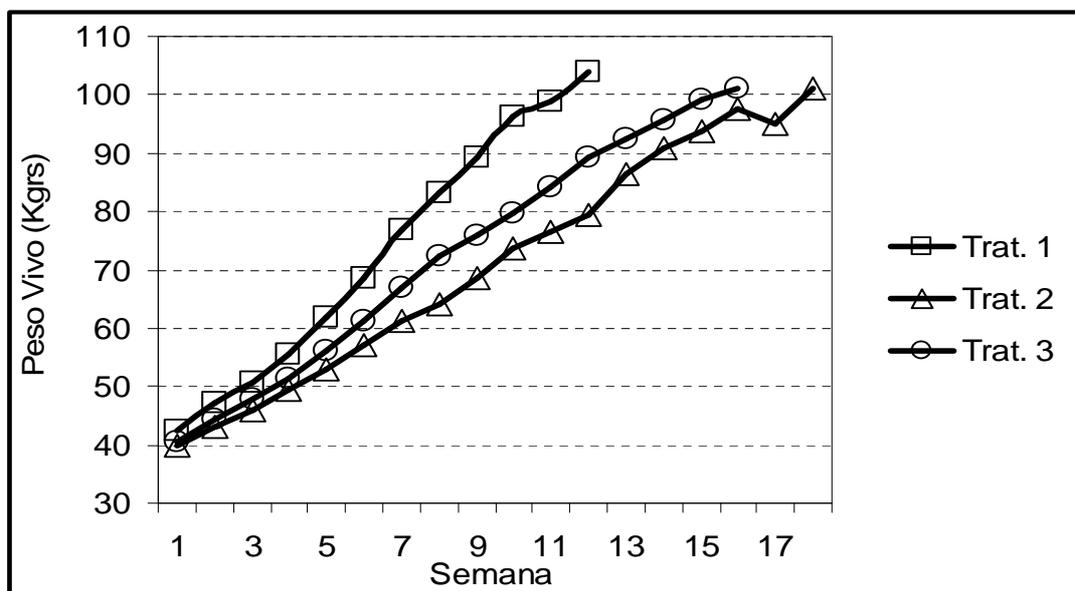
| TRATAMIENTO | GANANCIA DIARIA (Kg) |
|-------------|----------------------|
| T1          | 0,861 a              |
| T2          | 0,588 b              |
| T3          | 0.609 b              |

Medias de tratamiento con igual letra, no difieren significativamente ( $P \geq 0.05$ )

Se constató que la ganancia de peso diaria en ambos tratamientos con inclusión de hidrolizados de plumas fue inferior en el orden del 40 % con respecto a la lograda con la dieta testigo, no encontrándose diferencias significativas entre ellos. Los animales sometidos a las dietas con inclusión de hidrolizados de plumas demoraron 4,8 y 4 semanas más (T2 o T3, respectivamente) en comparación con la dieta testigo para alcanzar el peso de faena, esto hace inviable económicamente al utilización de estos hidrolizados de plumas para la alimentación de cerdos en etapa de engorde, ya que el eventual ahorro por sustitución de una fuente proteica convencional por los hidrolizados no compensa el mayor gasto de alimentos, el mayor tiempo de utilización de las instalaciones y mano de obra requeridas por la mayor duración del periodo de engorde.

La menor ganancia no solo se registró en la fase de recría, donde fue disminuido levemente el consumo (Fiahlo et al. 1982, Van Heugten et al. 2002), sino durante todo el período de engorde (Grafico No. 1). Trabajando con dietas conteniendo los mismos hidrolizados y en proporciones similares, González (2009) obtuvo los siguientes valores de energía digestible (2.54 y 1.95 Mcal/kg. MS), para un tratamientos incluyendo hidrolizado químico y físico respectivamente, por lo que concluimos que en el diseño del trabajo habíamos sobre estimado la digestibilidad de la energía de los hidrolizados y que la ecuación de predicción del NRC (1998) no es aplicable para este alimento.

Grafico No.1 Evolución del peso vivo en función del tiempo de tratamiento



#### 4.3 EFICIENCIA DE CONVERSION DEL ALIMENTO

Existen diferencias entre los valores medios de eficiencia de conversión del tratamiento testigo y ambas dietas con inclusión de hidrolizados de plumas, mientras que no existen diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos (Cuadro No.12).

Cuadro No. 12 Índice de conversión del alimento promedio según tratamiento

| TRATAMIENTO | INDICE DE CONVERSION (kg MS/kg). |
|-------------|----------------------------------|
| T1          | 2,525 a                          |
| T2          | 3,532 b                          |
| T3          | 3,632 b                          |

Medias de tratamiento con igual letra, no difieren significativamente ( $P \geq 0.05$ )

Se observó un severo aumento del índice de conversión de los alimentos de ambas dietas con hidrolizados con respecto a la dieta testigo, del orden del

40 %, no registrándose diferencias significativas entre ellas. La disminución de la eficiencia de conversión de las dietas con inclusión de hidrolizados de plumas es coincidente con lo observado por algunos de los autores consultados (Fiahlo et al. 1982, Chiba et al. 1995). Y en concordancia con otros estudios en los que se recomienda la suplementación, para balancear los aminoácidos, y no obtener disminuciones en la eficiencia de conversión, ni en la performance de cerdos en engorde (Chiba et al. 1996, Van Heugten et al. 2002, Apple et al. 2003).

Como posibles causas de los bajos valores de eficiencia de conversión hallados podemos mencionar que el elevado nivel de inclusión de los hidrolizados en las dietas acentuó el desbalance aminoacídico de la proteína de los hidrolizados de plumas, bajos valores de digestibilidad de su proteína y energía digestible.

Hay que tener presente también que los niveles de inclusión de hidrolizado de plumas en las dietas en este ensayo fue mayor sobre todo en el caso del hidrolizado obtenido por métodos químicos (11 y 7.8 % para los tratamientos 2 y 3 respectivamente) que los aconsejados por todos los autores consultados; desde 2% en dietas de animales adultos (Blas et al., 2002), de 5 a 8 % (Van Heugten y Van Kempen 2002, Apple et al. 2003) y hasta un 9 % (Chiba et al., 1996) cuando se adiciona al hidrolizado aminoácidos esenciales (especialmente lisina) según los requerimientos de la categoría.

Los valores determinados de digestibilidad *in vitro* fueron de 70% para el hidrolizado químico y del 33% para el obtenido por medios físicos. Mientras que la digestibilidad aparente de la proteína fue de 68,1 % y 25,2 %, según se trate de hidrolizado obtenido por método químicos o físicos respectivamente. (González, 2009). En el primer caso el valor de digestibilidad de la proteína hallado fue similar al encontrado por otros autores (Steiner et al. 1983, Kim y Patterson 2000) y se encuentra dentro del rango de valores aceptado por los organismos internacionales controladores de calidad como el FEDNA (de Blas et al., 2003). Esto no es así en el caso del hidrolizado obtenido por métodos físicos, cuyos valores de digestibilidad están muy por debajo del mínimo exigido por el FEDNA (de Blas et al., 2003), quienes establecen como rango óptimo entre 66 y 80 %, y afirman que valores por debajo de 65 % indican que el proceso de hidrólisis fue insuficiente.

Pese a los aceptables valores de digestibilidad del hidrolizado químico al tratarse de un alimento muy voluminoso, la velocidad de pasaje del alimento por el tracto digestivo del animal es alta, pudiendo actuar reduciendo la digestibilidad del mismo (González, 2009).

#### 4.4 EFECTOS DE LOS HIDROLIZADOS DE PLUMAS SOBRE LA PERFORMANCE

La inclusión de hidrolizados de plumas en cantidad necesaria para satisfacer el 30 % de los requerimientos de PC, afectó negativamente la performance de cerdos en etapa de engorde, a pesar de los diferentes valores de digestibilidad no se registraron diferencias entre el hidrolizado obtenido por métodos químicos con respecto al obtenido por métodos físicos, esto último pudo haberse compensado por la interferencia metabólica producida por el alto contenido de sales de sodio en la dieta conteniendo hidrolizado, que explicarían el mayor peso de los riñones provenientes de los animales sometidos a dietas con inclusión de hidrolizado<sup>3</sup>. También Ssu et al. (2004) en ensayos con inclusiones de hidrolizados de plumas observaron un mayor peso de órganos viscerales, atribuyéndolo a la mayor actividad metabólica de los animales.

Por un lado se registró un rechazo de alimento, particularmente durante la fase de recría y asociado principalmente al hidrolizado obtenido por métodos químicos, que no afectó significativamente el consumo diario durante todo el ensayo. Por otra parte se registró una disminución importante de la ganancia de peso diaria (40 %), denunciando una inferior (40 % menos) eficiencia de conversión de los hidrolizados con respecto a la dieta convencional. Como resultado, se produce una importante prolongación (más de 4 semanas con respecto al tratamiento testigo) del periodo de engorde y un consiguiente mayor consumo de alimento total (más de 60 kg de MS).

En líneas generales, estos resultados están en concordancia con los obtenidos por la mayor parte de los autores consultados, quienes determinaron que la proteína de los hidrolizados de plumas es de bajo valor biológico dado su desbalance en aminoácidos esenciales y por tanto requiere ser suplementada para su uso en alimentación de cerdos. Por otro lado se remarca la importancia de un adecuado proceso de hidrólisis para obtener un producto con valores de digestibilidad aptos para el consumo animal.

A nivel práctico ambos productos presentan limitantes a la hora de su producción. La elaboración de utilizando de métodos físicos un cierto grado de inversiones en el equipamiento adecuado y sobre todo tiene un elevado costo energético que hace inviable en el corto plazo su producción a escala comercial. La producción de hidrolizado químico a nivel predial resulta bastante compleja (al menos en la mayoría de los predios con producción porcina), debido a que las complicaciones en la manipulación tanto del NaOH como del ácido acético, tanto por los olores que estos desprenden como por lo delicado

---

<sup>3</sup> Bielli, A. 2007. Com. personal.

del proceso de dosificación de los productos, sobre todo a la hora de la neutralización.

Este último método sigue siendo estudiado en Facultad de Agronomía sustituyendo el ácido acético por un material de uso común y mas fácil manipulación como el suero de queso como agente neutralizante del exceso de soda cáustica, de forma de facilitar a niveles prácticos el hidrolizado de la pluma<sup>4</sup>. La exigencia que tienen los productores que retiran las vísceras de las plantas de faena de pollo con destino a la alimentación de cerdos, de hacerse cargo de la eliminación de las plumas, justifica que se continúen buscando alternativas que permitan utilizar esta fuente proteica potencial.

---

<sup>4</sup> Bauzá, R. 2009. Com. personal.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inclusión de hidrolizados de plumas en cantidad necesaria para satisfacer el 30 % de los requerimientos de PC, afectó negativamente la performance de cerdos en etapa de engorde, observando sensibles disminuciones de la ganancia diaria y la eficiencia de conversión del alimento. No se registraron niveles de rechazos importantes con respecto a la dieta testigo, y aumentos del periodo de engorde.

Los efectos fueron similares tanto para cerdos alimentados con dietas que incluían hidrolizado producido por métodos químicos como por el producido por métodos físicos.

Los resultados conseguidos en esta prueba de performance hacen necesario revisar tanto los métodos de obtención de los hidrolizados como su aplicación en la alimentación de cerdos.

De acuerdo a estos resultados no resulta viable en el corto plazo la inclusión de hidrolizados de plumas de las características estudiadas en dietas de alimentación de cerdos en engorde, ameritando seguir con el estudio de alternativas de obtención y formulación de dietas.

Para la utilización de hidrolizados de plumas en alimentación de cerdos en recría -engorde, se deben cuidar los niveles máximos de inclusión en función de la categoría animal.

Se recomienda evaluar la suplementación de las dietas con aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, histidina) o complementar las dietas con algún subproducto que mejore su balance aminoacídico (sangre, harina de pescado).

La producción de hidrolizado de plumas por medio de la utilización de agentes de hidrólisis químicos, aparte de los inconvenientes en la manipulación de estos químicos, presenta el inconveniente de dar como resultado un alimento excesivamente voluminoso, por lo que tendría que ser desecado para su uso sobre todo en alimentación de animales de categorías jóvenes.

## 6 RESUMEN

Se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar las performances de cerdos en engorde recibiendo dietas que contienen dos tipos de hidrolizados de plumas como parte de su fuente proteica. Se utilizaron 15 cerdos machos castrados en etapa de engorde (40-100 kgs de peso vivo), distribuidos a razón de 5 animales por tratamiento. Se utilizó un diseño de parcelas al azar, constituyendo cada animal una parcela. Se evaluaron tres dietas isoproteicas: Tratamiento 1 (T1): ración estándar, compuesta por maíz, harina de soja y núcleo vitamínico; Tratamiento 2 (T2): dieta incluyendo hidrolizado obtenido mediante tratamiento de plumas con NaOH 1M, en la proporción adecuada para cubrir el 30% de la PC; Tratamiento 3 (T3): dieta incluyendo hidrolizado de plumas obtenido por presión y temperatura, en la proporción adecuada para cubrir el 30% de la PC. La alimentación se suministró en función del peso vivo. Se evaluaron los parámetros consumo diario y total de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión de la MS. Los resultados fueron analizados según el procedimiento GLM del programa SAS. No se encontraron diferencias entre tratamientos en el consumo diario de MS. El consumo total de MS fue significativamente mayor ( $p \leq 0.01$ ) para T2 y T3 con respecto a T1. Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos para la ganancia diaria de peso y la eficiencia de conversión de la MS. Los peores valores de performances los presentaron las dietas T2 y T3 con respecto a la dieta testigo T1, no hallándose diferencias entre las dietas con inclusión de hidrolizado. A partir de estos resultados se concluye que la utilización de hidrolizados de plumas, de las características estudiadas, en dietas para cerdos en engorde no resulta viable. Se considera importante profundizar en la búsqueda de métodos de hidrólisis de las plumas, que aúnen facilidad de empleo con eficiencia en el proceso de hidrólisis.

Palabras clave: Hidrolizados de Plumas; Cerdos; Engorde; Nutrición.

## 7 SUMMARY

A test was conducted to evaluate the performance of fattening pigs receiving diets containing two types of hydrolyzed feather as part of their protein source. Was monitored in 15 castrated male pigs for fattening stage (40-100 kg live weight), distributed at the rate of 5 animals for treatment. We used a random plot design, each animal constitutes a plot. It was tested three isoproteic diets: Treatment 1 (T1): standard ration consisting of corn, soybean meal and vitamin nucleus; Treatment 2 (T2): diet including hydrolyzed feather obtained by treatment with 1M NaOH, in proper proportion to cover 30% of crude protein (CP; Treatment 3: diet including feather hydrolyzate obtained by pressure and temperature, in proper proportion to cover 30% of the PC. The food supply is a function of body weight. Parameters evaluated were daily and total dry matter (DM), daily gain and conversion efficiency of dry matter. The results were analyzed by GLM procedures of SAS software. No differences were found between treatments in daily consumption of dry matter (DM). The total DM intake was significantly higher ( $p \leq 0.01$ ) for T2 and T3 compared to T1. Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) were observed between treatments for daily weight gain and efficiency of conversion of DM. The worst performances were presented by the diets T2 and T3 compared to the control diet, found no difference between diets including hydrolyzed. It was concluded that the use of hydrolyzed feather, obtained by de methods studied in this work, as feed for fattening pigs is considered no viable. I was advsible to search other methods for hydrolysis of feathers that are both easy to use and effective in the hydrolysis process.

Keywords: Hydrolyzed Feather; Pigs; Fattening Stage; Nutrition.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. APPLE, J.K.; BOGER, C.B., BROWN, D.C.; MAXWELL, C.V.; FRIESEN, K.G.; ROBERTS, W.J.; JOHNSON, Z.B. 2003. Effect of Feather meal on live animal performance and carcass quality and composition of growing-finishing Swine. *Journal of Animal Science*. 81: 172-181.
2. BAUZA, R. 2007. Alimentos alternativos para animales monogástricos. *In*: Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos (9º, 2007, Montevideo, Uruguay). Memorias. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 47-55.
3. CHIBA, L. I.; IVEY, H. W.; CUMMINS, K. A.; GAMBLE, B. E. 1995. Effects of the hydrolyzed feather meal as a source of extra dietary nitrogen on growth performance and carcass traits of finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 53: 1-16.
4. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1996. Hydrolyzed feather meal as a source of amino acids for finisher pigs. *Animal Feed Science Technology*. 57: 15-24.
5. COELLO, N.; BERNAL, C.; BERTSCHI, A.; ESTRADA, O.; MOCCÓ, Y.; HASEGAWA, M. 2003. Las Plumas como residuo agroindustrial: su utilización biotecnológica para producir insumos de interés industrial. *Revista de la Facultad de Ingeniería (Universidad Central de Venezuela)*. 18 (3): 119-126.
6. DE BLAS, C.; MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G. 2003. Tablas de FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. (en línea). Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 423 p. Consultado 11 jul. 2008. Disponible en <http://www.etsia.upm.es/fedna/>
7. FIALHO, E. T.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; PROTAS, J. F.; FREITAS, A. R. 1982. Farinha de pena e vísceras hidrolisadas em rações de suínos. EMBRAPA. Comunicado técnico no. 35. 3 p.

8. FONSECA, J.B.; ABÉ, P. T.; SANTANA, R.; ROSTAGNO, H.S. 1991. Determinação dos valores de energia de aminoácidos aparentemente metabolizáveis da farinha de penas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 20: 291-297.
9. GONZÁLEZ, A. 2007. El hidrolizado de las plumas, un proceso para valorizar un residuo contaminante. *In: Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos (9º, 2007, Montevideo, Uruguay). Cursos pre-evento. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 49- 53.*
10. \_\_\_\_\_. 2009. Valor nutritivo de las plumas tratadas por dos métodos para la alimentación de cerdos en crecimiento. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 61 p.
11. KIM, W. S.; LORENZ, E. S.; PATTERSON, P. H. 2002. Effect of enzymatic and chemical treatments on feather solubility and digestibility. *Poultry Science*. 81: 95-98.
12. KLEMESRUD, M.J.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LEWIS, A.J. 2000. Evaluation of meal as a source of sulfur amino acids for growing steers. *Journal of Animal Science*. 78: 207-215.
13. LATSHAW, J.D.; MUSHARAF, N.; RETRUM, R. 1994. Processing of feather meal to maximize its nutritional value for poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 47:179-188.
14. LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M. M. 1995. *Principios de Bioquímica*. 2a. ed. Barcelona, Omega. 1087 p.
15. MALLO, M.; LUCAS, R.; DEL CAMPO, M. J. 2005 Diagnóstico nacional de residuos sólidos industriales y agroindustriales por sector productivo; versión preliminar. (en línea). Montevideo, MVOTMA. pp. 12-13. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php>
16. MORAN, R.T., Jr.; SUMMER, J. D.; SLINGER, S. J. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. *Poultry Science*. 45:1257-1266.

17. MORITZ, J.S.; LATSHAW, J.D. 2001. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poultry Science*. 80:79-86.
18. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1998. Nutrient requirements of swine. 10<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C., Academic Press. 150 p.
19. PAPADOPOULOS, M.C. 1986. The effect of enzymatic treatment on amino acid content and nitrogen characteristics of feather meal. *Animal Feed Science and Technology*. 16: 151-156.
20. PICCIONI, M. 1970. Diccionario de alimentación animal. Zaragoza, Acribia. pp. 584-587.
21. SMITH, R.E. 1968. Assessment of the availability of amino acids in fish meal, soybean meal and feather meal by chick growth assay. *Poultry Science*. 47:1624-1630.
22. SSU, K. W.; BRUMM, M. C.; MILLER, P.S. 2004. Effect of feather meal on barrow performance. *Journal of Animal Science*. 82: 2588-2595.
23. STEINER, R.J.; KELLEMS, R.O.; CHURCH, D.C. 1983. Feather and hair for ruminants. IV. Effects of chemical treatments of feathers and processing time on digestibility. *Journal of Animal Science*. 57: 495-502
24. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2007. Anuario 2007. (en línea). Montevideo. 70 p. Consultado jun. 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/diea/anuarios>
25. VAN HEUGTEN, E.; VAN KEMPEN T.A.T.G. 2002. Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing- finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. *Journal of Animal Science*. 80: 171-178.

26. WANG, X.; PARSONS, C.M. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meals and hog hair meals. *Poultry Science*. 76: 491-496

## 9 APÉNDICES

Consumo total de alimento (Kgrs) por animal según tratamiento

|     | Repeticiones |            |            |            |            | media<br>s |
|-----|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| o 1 | 139,9<br>2   | 152,5<br>4 | 170,8<br>0 | 139,1<br>0 | 163,6<br>3 | 153,2<br>0 |
| o 2 | 187,3<br>0   | 201,2<br>3 | 217,5<br>4 | 209,5<br>7 | 253,0<br>0 | 213,7<br>3 |
| o 3 | 216,8<br>7   | 200,0<br>5 | 210,5<br>9 | 221,6<br>7 | 230,6<br>9 | 215,9<br>7 |

| R cuadrado | Coefficiente de<br>variación | Media  |
|------------|------------------------------|--------|
| 0,77       | 9,40                         | 193,83 |

| Fuentes de<br>variación | Grado<br>s de<br>libertad | Suma<br>de<br>cuadrados | Cuadrado<br>medio | Valor<br>de F | PR>F   |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------|
| Total                   | 14                        | 3980,66                 |                   |               |        |
| Tratamiento<br>s        | 2                         | 13264,7<br>3            | 6632,37           | 19,99         | 0,0002 |
| Error                   | 12                        | 0,002                   | 331,72            |               |        |

El valor de F es significativo por lo tanto existen diferencias entre medias de los diferentes tratamientos, para determinar entre que tratamientos existe diferencias se realiza prueba de Diferencia Mínima Significativa (MDS).

### Prueba T (DMS)

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| alfa                         | 0,05   |
| Grados de libertad del error | 12     |
| Cuadrado medio del error     | 331,72 |
| Valor critico de T           | 2,18   |
| DMS                          | 25,10  |

|               |        |   |
|---------------|--------|---|
| Tratamiento 3 | 215,97 | a |
| Tratamiento 2 | 213,73 | a |
| Tratamiento 1 | 151,79 | b |

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra, por tanto hay diferencia significativa entre Tratamiento 1 y los Tratamientos 2 y 3, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos 2 y 3.

Ganancia de peso diaria

Cuadro Ganancia de peso diaria (Kgrs) por animal según tratamiento

|   | Repeticiones |      |      |      |      | medias |
|---|--------------|------|------|------|------|--------|
| 1 | 0,92         | 0,85 | 0,83 | 0,90 | 0,81 | 0,86   |
| 2 | 0,66         | 0,62 | 0,58 | 0,57 | 0,51 | 0,59   |
| 3 | 0,64         | 0,65 | 0,62 | 0,56 | 0,59 | 0,61   |

| R cuadrado | Coefficiente de variación | Media |
|------------|---------------------------|-------|
| 0,89       | 6,97                      | 0,69  |

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor de F | PR>F    |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------|---------|
| Total                | 14                 | 0,26              |                |            |         |
| Tratamientos         | 2                  | 0,23              | 0,12           | 50,47      | >0,0001 |
| Error                | 12                 | 0,003             | 0,002          |            |         |

El valor de F es significativo por lo tanto existen diferencias entre medias de los diferentes tratamientos, para determinar entre que tratamientos existe diferencias se realiza prueba de Diferencia Mínima Significativa (MDS).

Prueba T (DMS)

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| alfa                         | 0,05  |
| Grados de libertad del error | 12    |
| Cuadrado medio del error     | 0,002 |
| Valor critico de T           | 2,18  |
| DMS                          | 0,07  |

|               |      |   |
|---------------|------|---|
| Tratamiento 1 | 0,86 | a |
| Tratamiento 3 | 0,61 | b |
| Tratamiento 2 | 0,59 | b |

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra, por tanto hay diferencia significativa entre Tratamiento 1 y los Tratamientos 2 y 3, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos 2 y 3.

#### Eficiencia de conversión del alimento

#### Eficiencia de conversión del alimento por animal según tratamiento

|   | Repeticiones |      |      |      |      | medias |      |
|---|--------------|------|------|------|------|--------|------|
| 1 | Tratamiento  | 2,29 | 2,56 | 2,69 | 2,46 | 2,62   | 2,53 |
| 2 | Tratamiento  | 3,12 | 3,30 | 3,57 | 3,49 | 4,18   | 3,53 |
| 3 | Tratamiento  | 3,47 | 3,39 | 3,48 | 4,07 | 3,75   | 3,63 |

| R cuadrado | Coefficiente de variación | Media |
|------------|---------------------------|-------|
| 0,78       | 9,17                      | 3,23  |

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | Valor de F | PR>F   |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------|--------|
| Total                | 14                 | 4,80              |                |            |        |
| Tratamientos         | 2                  | 3,75              | 1,87           | 21,35      | 0,0001 |
| Error                | 12                 | 1,05              | 0,09           |            |        |

El valor de F es significativo por lo tanto existen diferencias entre medias de los diferentes tratamientos, para determinar entre que tratamientos existe diferencias se realiza prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

#### Prueba T (DMS)

|                              |      |
|------------------------------|------|
| alfa                         | 0,05 |
| Grados de libertad del error | 12   |
| Cuadrado medio del error     | 0,09 |
| Valor crítico de T           | 2,18 |
| DMS                          | 0,41 |

|               |      |   |
|---------------|------|---|
| Tratamiento 3 | 3,63 | a |
| Tratamiento 2 | 3,53 | a |
| Tratamiento 1 | 2,53 | b |

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra, por tanto hay diferencia significativa entre Tratamiento 1 y los Tratamientos 2 y 3, y no existe diferencia significativa entre los tratamientos T2 y T3.