

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
Escuela de Zootecnia

Rendimientos de Pollos de Engorde con Dietas Formuladas con  
Valores de Aminoácidos Totales o Digestibles Estimados  
utilizando Espectrofotometría Infrarroja Cercana (NIRS)

Gustavo González Salas

Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo  
en el grado académico de Licenciatura con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
Noviembre 2006

**CAPÍTULO I**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **CAPÍTULO II**

# **PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA**

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS**

# **CAPÍTULO IV**

## **DISCUSIÓN**

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES**

**CAPÍTULO VI**  
**RECOMENDACIONES**

## **BILIOGRAFÍA**



# **ANEXOS I**

## **ANEXOS II**

## RESUMEN

Se realizó un experimento con 2880 pollos de engorde, de la línea Avian 48 FS (autosexables); se distribuyeron al azar en 3 tratamientos con 12 repeticiones de 80 pollos cada uno, estos con 40 machos y 40 hembras por repetición

Los tratamientos fueron: 1) Testigo: Dieta formulada con base a aminoácidos totales (AAT). 2) NIRS AAT: Dieta formulada con base en aminoácidos totales, con datos de NIRSA (Adisseo). 3) NIRS AAD: Dieta formulada con base en aminoácidos digestibles, con datos de NIRSA (Adisseo).

Las variables productivas evaluadas fueron ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad y rendimiento en planta de proceso (a canal, de la pechuga y % de grasa abdominal); además se determinaron los costos de alimentación.

No existieron diferencias significativas entre tratamientos para las variables al final del experimento ( $P \geq 0,05$ ).

La ganancia de peso más alta la produjo el tratamiento NIRS AAT, siendo este valor 4,55 % superior al NIRS AAD, a su vez tuvo la ganancia de peso más baja al final del experimento. El TESTIGO, presentó una ganancia de peso de 2,23 % sobre el NIRS AAD. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para todas las variables en las semanas 3 y 6; en la semana 3 el tratamiento NIRS AAD presenta variaciones significativas con respecto al TESTIGO y al NIRS AAT; sin encontrarse diferencias entre los dos últimos. Mientras que para la semana 6 se encontraron diferencias significativas entre las tres formulaciones evaluadas.

El menor consumo de alimento lo produjo en el tratamiento NIRS AAD, ya que el TESTIGO y el NIRS AAT tuvieron consumos superiores en 1,93 y 1,81 %, respectivamente. En la semana 3 se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), para la dieta NIRS AAD con relación a los otros dos tratamientos, sin embargo no se presentó variación entre el TESTIGO y el NIRS AAT.

Los valores de conversión alimenticia son muy similares para los tres tratamientos; sin embargo la menor conversión fue para NIRS AAT, seguido por la dieta TESTIGO y por último NIRS AAD, con la conversión más alta. Sin embargo en la semana 4 y 6 se presentaron variaciones significativas ( $P < 0,05$ ); para las dos semanas el tratamiento NIRS AAD obtuvo la mejor conversión.

La mortalidad final acumulada, disminuyó respecto al TESTIGO en 7,44 % cuando se formuló por NIRS AAD y en 23,05 % al formular por NIRS AAT.

El peso en canal no mostró variaciones entre los tratamientos, sin embargo NIRS AAD presentó el menor rendimiento, un 4,02 y 3,67 % por debajo de la dieta NIRS AAT y TESTIGO, respectivamente. El peso de la pechuga presentó significancia estadística entre los tratamientos, siendo NIRS AAD el que mostró diferencias con respecto a las otras dos dietas; los tratamientos TESTIGO y NIRS AAT tuvieron un rendimiento mayor en 6,42 y 5,62 % respectivamente. En el porcentaje de grasa abdominal de los pollos de engorde no se presentaron variaciones, obteniéndose resultados muy similares en las tres dietas evaluadas.

Se determinó que el sexo tuvo significancia estadística ( $P \leq 0,05$ ), sobre el rendimiento de los pollos en la planta de proceso; ya que los machos en general tuvieron un rendimiento de 16 % mayor con relación a las hembras.

El menor costo de alimentación fue para el tratamiento CONTROL y el de mayor costo fue el NIRS AAD. El menor costo de alimentación por kilogramo de pollo vivo lo obtuvieron las dietas NIRS AAT y CONTROL con valores muy similares.

## TRIBUNAL EXAMINADOR

M. Sc. Mario E. Zumbado Alpizar  
Director de Tesis

---

M. Sc. Jorge Sánchez G.  
Miembro del Tribunal

---

Ing. Oscar Cambroner  
Miembro del Tribunal

---

Dra. Rebeca Zamora S.  
Miembro del Tribunal

---

M. Sc. Rodolfo Wingchine J.  
Miembro del Tribunal

---

Gustavo González Salas  
Sustentante

---

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su desinteresado e incondicional apoyo y por sus años de lucha, esfuerzo y dedicación.

A Dios, por permitirme la vida y ser estímulo de lucha.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser la luz que me ilumina y por estar siempre presente en las buenas y en las malas.

A mis padres por su sacrificio y darme la oportunidad de cumplir con una meta importante en mi vida.

Al M.Sc. Mario Zumbado, por darme la oportunidad y brindarme su asistencia, para la realización de este proyecto.

Al Ing. Oscar Cambrero, por su colaboración desinteresada y siempre gentil ayuda.

Al Dr. Henry Soto por su carisma y colaboración en los análisis estadísticos.

A la Ing. Catalina Salas, por su apoyo y colaboración.

A todos los empleados de la Corporación PIPASA, que se vieron involucrados en la realización de este proyecto.

Y a todas las personas que de alguna forma colaboraron para la realización de este trabajo, a todos que Dios los bendiga.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXO.....	ix
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
General.....	3
Específicos.....	3
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 Formulación por proteína ideal.....	5
1.1.2 Digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos.....	7
1.1.3 Importancia de la proteína de la dieta, sobre las respuestas a los aminoácidos y su aprovechamiento en los pollos.....	10
1.1.4 Uso de aminoácidos comerciales en la formulación de dietas para pollos de engorde.....	13
1.2 Medio ambiente y nutrición proteica de pollos de engorde.....	17
1.3 Análisis por espectrofotometría infrarroja cercana (NIR).....	20
CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA.....	23
2.1 Localización.....	24
2.2 Aves utilizadas.....	24
2.3 Alojamiento de las aves.....	25
2.4 Dietas experimentales.....	25
2.5 Tratamientos.....	27
2.6 Distribución de los corrales en la galera experimental.....	28
2.7 Variables evaluadas.....	28
2.8 Modelo estadístico.....	29



	<b>Página</b>
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	31
3.1 Ganancia de peso corporal de las aves.....	35
3.2 Consumo de alimento.....	37
3.4 Conversión alimenticia.....	38
3.4 Mortalidad.....	40
3.5 Rendimientos en planta de proceso.....	41
3.6 Costos de alimentación.....	42
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	48
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXO I.....	56
ANEXO II.....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
1. EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA DE LA DIETA, SOBRE EL DESEMPEÑO, CONSUMO DE PROTEÍNA Y HUMEDAD DE LA CAMA, EN POLLOS DE ENGORDE, HEMBRAS DE 1 A 41 DÍAS DE EDAD.....	14
2. NIVELES DE ENERGÍA METABOLIZABLE, PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS, UTILIZADOS EN LAS DIETAS PARA MACHOS Y HEMBRAS.....	16
3. EFECTO DEL NIVEL PROTEICO EN LA DIETA, SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NH <sub>3</sub> DEL AIRE Y CARACTERÍSTICAS DE LA CAMA DE POLLOS DE ENGORDE DE 1 A 43 DÍAS.....	19
4. PORCENTAJE DE MACHOS Y HEMBRAS POR TRATAMIENTO AL FINAL DE LA PRUEBA.....	24
5. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS COMO PROMEDIO PONDERADO EN LAS 3 FASES DE ALIMENTACIÓN.....	26
6. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO.....	27
7. RESULTADOS DEL LABORATORIO ADISSEO, SOBRE EL ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS TOTALES Y DIGESTIBLES PARA LAS MATERIA PRIMAS.....	32
8. RENDIMIENTOS POR SEMANA DE POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AMINOÁCIDOS TOTALES Y DIGESTIBLES MEDIDOS CON NIRS.....	33
9. RENDIMIENTO ACUMULADO PROMEDIO DE POLLOS DE ENGORDE, CON DIETAS FORMULADAS CON AMINOÁCIDOS TOTALES Y DIGESTIBLES MEDIDOS UTILIZANDO NIRS.....	34
10. RENDIMIENTO PROMEDIO DEL PESO EN CANAL Y PESO DE LA PECHUGA DE LAS AVES, SEGÚN EL TRATAMIENTO.....	41
11. COSTOS DE ALIMENTACIÓN AL FINALIZAR LA PRUEBA DE 42 DÍAS DE CRECIMIENTO, SEGÚN TRATAMIENTO.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Página</b>
1. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS POR CORRAL EN LA GALERA EXPERIMENTAL.....	28
2. PESO PROMEDIO FINAL DE POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS	36
3. GANANCIA DE PESO SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....	36
4. CONSUMO PROMEDIO TOTAL DE POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS	37
5. CONSUMO SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS	38
6. CONVERSIÓN ALIMENTICIA PROMEDIO FINAL DE POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....	39
7. CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....	39
8. MORTALIDAD ACUMULADA FINAL DE POLLOS DE ENGORDE EN CADA TRATAMIENTO.....	40
9. RENDIMIENTO EN EL PESO A CANAL Y PESO DE LA PECHUGA DE LAS AVES, EN LA PLANTA DE PROCESO.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEXO I

1.7

<b>FIGURAS ANEXO I</b>	<b>1.8</b>	<b>Página</b>
1.1 PESO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA ACUMULADOS AL FINAL DEL PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN.....		57
1.2 GANANCIA DE PESO ACUMULADO SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS .....		57
1.3 CONSUMO ACUMULADO SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....		58
1.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA ACUMULADA SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTOMADOS POR NIRS. ....		58
1.5 MORTALIDAD POR SEMANA DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....		59
1.6 MORTALIDAD ACUMULADA SEMANAL DE LOS POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS FORMULADAS CON AAT O AAD ESTIMADOS POR NIRS.....		59

## ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXO II

<b>CUADRO ANEXO II</b>	<b>Página</b>
2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 1.....	61
2.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 2.....	61
2.3 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 3.....	61
2.4 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 4 .....	62
2.5 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 5.....	62
2.6 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA GANANCIA DE PESO EN LA SEMANA 6.....	62
2.7 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL PESO ACUMULADO DE LOS POLLOS HASTA LA SEMANA 6.....	63
2.8 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 1.....	63
2.9 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 2.....	63
2.10 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 3.....	64
2.11 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 4.....	64
2.12 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 5.....	64
2.13 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE LAS AVES EN LA SEMANA 6.....	65
2.14 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO HASTA LA SEMANA 6...	65

	<b>Página</b>
2.15 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 1.....	65
2.16 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 2.....	66
2.17 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 3.....	66
2.18 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 4.....	66
2.19 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 5.....	67
2.20 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN SEMANA 6.....	67
2.21 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA ACUMULADA HASTA LA SEMANA 6.....	67
2.22 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 1.....	68
2.23 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 2.....	68
2.24 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 3.....	68
2.25 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 4.....	69
2.26 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 5.....	69
2.27 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD EN LA SEMANA 6.....	69
2.28 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA MORTALIDAD ACUMULADA HASTA LA SEMANA 6.....	70
2.29 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA PESO A CANAL EN PLANTA DE PROCESO.....	70

	<b>Página</b>
2.30 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA PESO DE LA PECHUGA EN PLANTA DE PROCESO.....	70
2.31 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA GRASA ABDOMINAL EN PLANTA DE PROCESO.....	71

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, numerosos investigadores se han dedicado al estudio de distintas formas de obtener una dieta ideal, que llene completamente las necesidades nutricionales de las aves, incluidos los aminoácidos esenciales.

Las formulaciones de las dietas se han basado en requisitos de proteína cruda y aminoácidos totales durante mucho tiempo, de esto, con frecuencia resultaron dietas con niveles de aminoácidos, por debajo o sobre los requisitos verdaderos de las aves. Además, esta formulación no garantiza los máximos rendimientos. Actualmente es factible formular dietas con el concepto de proteína ideal, basadas en el nivel del aminoácido lisina y el ajuste de los demás aminoácidos en forma proporcional a este mismo.

Los programas de alimentación se basan comúnmente en las tablas extranjeras de requisitos tales como NRC (1994), ARC (1975), INRA (1984), Beaker (1994) y Degussa (1997), y los aportados por las empresas genéticas. Pero los requisitos del aminoácido y de la proteína pueden variar según la fase de la producción y las metas previstas. Por lo tanto, es difícil establecer los requisitos para las aves, puesto que pueden ser afectados por un número considerable de factores, por ejemplo: energía metabolizable de la dieta, la edad, el género del producto y las condiciones ambientales.

Los avances en el conocimiento sobre requisitos de aminoácidos, metabolismo de la proteína y la disponibilidad de los aminoácidos sintéticos, aumentaron la eficacia general de la utilización de la proteína. Esto ha permitido la formulación de una dieta que contenga los niveles de aminoácidos más apropiados a las necesidades animales, buscando el equilibrio ideal del aminoácido en la dieta, sin deficiencias o excesos y proporcionando los requisitos de todos los aminoácidos necesarios para el mantenimiento y producción de las aves. El aminoácido se debe agregar en los niveles que estén tan cerca como sea posible de los requisitos de las aves, en cada fase de la producción y así, el exceso del aminoácido sería



reducido al mínimo en las dietas. De esta forma se busca mejorar la calidad de la dieta, para consecuentemente mejorar el rendimiento de la canal y la conversión alimenticia del animal.

Considerando además que en los últimos años, los avances informáticos han hecho posible el desarrollo de programas de computador, basados en algoritmos matemáticos complejos para el cálculo de raciones; debemos aprovechar y ajustar esta tecnología a nuestras condiciones, para mejorar la calidad del balance y precisión de los nutrimentos de los alimentos concentrados ofrecidos a los animales.

Pero no menos cierto es, que el desarrollo y actualización en el cálculo de raciones no ha ido acompañado de una actualización similar en la calidad de los datos (alimentos y necesidades), que sustentan dichos programas y que así mismo, son escasos los proyectos desarrollados que permitan una verdadera validación y retro-alimentación, con base en la cantidad y calidad de los recursos disponibles, del propio animal y su medio y de la cantidad y calidad del producto final obtenido. Por lo que es importante empezar a implementar estas tecnologías en nuestro país.

Los aminoácidos disponibles comercialmente permiten alguna flexibilidad en la fijación del nivel de proteína alimenticia; así, al suplementar con éstos, se reduce la cantidad total de proteína o nitrógeno suministrado al animal y las exigencias mínimas de aminoácidos esenciales quedan satisfechas

La alimentación puede representar, a partir del tipo de cálculo que se realice, entre el 50 y el 70% del costo total de la producción. Por el alto costo de las materias primas utilizadas para la elaboración de los concentrados, es importante conocer la composición nutricional de éstas, a fin de que la suplementación sea la más adecuada y rentable.

# OBJETIVOS

## **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la formulación de dietas con aminoácidos totales utilizando el concepto de proteína bruta y aminoácidos digestibles por proteína ideal, utilizando lecturas de NIRS correlacionadas con una base de datos internacional (NIRSA), sobre los rendimientos productivos y de procesamiento de pollos de engorde.

## **Objetivos específicos**

1. Utilizar una base de datos internacional (NIRSA) para estimar valores de AAT y AAD por correlación a partir de la lectura de espectros de materias primas obtenidos utilizando NIRS.
2. Comparar el efecto de la formulación con aminoácidos totales o digestibles sobre los rendimientos productivos, de procesamiento y económicos de pollos de engorde.
3. Evaluar el concepto de proteína ideal para formular dietas con AAD en pollos de engorde.



## 1.1 Formulación por Proteína Ideal

Michel (1964), citado por Parsons y Baker (1994), fue quien definió “proteína ideal” como la mezcla de aminoácidos o de proteínas con total disponibilidad para la digestión y para el metabolismo, cuya composición es idéntica a las exigencias para el mantenimiento y crecimiento del animal. Por tanto, el concepto de “proteína ideal” no es nuevo; sin embargo, todavía existen algunas dificultades para su introducción en las formulaciones de dietas para pollos de engorde y otros animales. Entre ellas está el desconocimiento de la digestibilidad de los aminoácidos en los diferentes ingredientes y la relación más conveniente de la lisina con los demás aminoácidos esenciales.

Los aminoácidos contenidos en los ingredientes usados en la formulación de dietas, tienen diferente grado de digestibilidad; por ejemplo la lisina contenida en harina de soya y harina de pescado, tiene una digestibilidad entre 85 – 90%, mientras que la contenida en harina de carne y hueso varía entre 75 – 80% según Parsons et al., (1992). Por esto, cuando se formula con base en aminoácidos totales, estamos ignorando estas diferencias tan grandes y además la formulación es casi exclusivamente para satisfacer los requerimientos nutricionales, sin tomarse ventaja de los conceptos antes mencionados y mejorar el rango de eficiencia proteica, y del incremento consecuente de la energía neta para producción. Como resultado de esto, tenemos raciones poco eficientes, las cuales no contienen las cantidades ideales de aminoácidos necesarios para un buen desarrollo.

Algunos de los motivos por los cuales los nutricionistas continúan formulando por medio de aminoácidos totales incluyen: costumbre, considerar que la formulación por aminoácidos digestibles es un riesgo, considerar que este tipo de formulación es confusa o considerar que no existen ventajas con este tipo de formulación.

Otro problema es la inadecuada valoración de los ingredientes con altos niveles de aminoácidos digestibles, que están siendo subvaluados y

viceversa. Esto puede ocasionar que se tome una decisión inapropiada al momento de comprar y usar los ingredientes. Por otro lado los excesos en aportes son comunes, mismos que no necesariamente son benéficos a los animales.

El concepto de proteína ideal implica el uso de valores de aminoácidos digestibles de los alimentos para mejorar aún más la precisión de los requerimientos. La lisina fue elegida por los investigadores como referencia (estándar = 100) y los niveles de los otros aminoácidos digestibles esenciales son expresados como porcentaje del requisito de lisina digestible.

La lisina suele ser utilizada como aminoácido de referencia, aunque normalmente es el segundo aminoácido limitante en aves después de la metionina. Las razones para esta elección son que el análisis de la lisina es más fácil que el de la metionina, y especialmente que el análisis de la cistina; y que la lisina es casi exclusivamente utilizada para la deposición de proteína corporal y por lo tanto no se ve implicada en caminos metabólicos diferentes en relación con el mantenimiento o en el emplume según Morales (1999).

La principal ventaja de usar el concepto de proteína ideal está en que la relación ideal de aminoácidos permanece igual para animales de cualquier potencial genético, aunque los requerimientos serán diferentes dependiendo de sexo, edad y estirpe, pero sobre todo de su capacidad de depositar tejido magro, Baker et al. (1998).

Las formas sintéticas de los cuatro principales aminoácidos limitantes (lisina, metionina, treonina y triptofano) están disponibles a un precio más competitivo cada año, en relación con los costos de los aminoácidos presentes en los alimentos. El nivel de proteína bruta de la ración de las aves puede ser reducido con la sustitución parcial de la harina de soya por aminoácidos sintéticos sin afectar negativamente el desempeño animal.

### **1.1.2 Digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos**

La diferencia entre digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos, radica en que la digestibilidad determina la diferencia entre la cantidad de aminoácidos ingeridos y la cantidad de aminoácidos excretados. La disponibilidad se refiere a la cantidad de aminoácidos que es digerida, absorbida y utilizada para la síntesis de proteína, Machado y Penz (1993).

La digestibilidad verdadera no considera la porción endógena de aminoácidos que es añadida a las heces por las células de descamación y por la flora del último tercio del tracto digestivo. Debido a que no existe absorción de aminoácidos en el intestino grueso, la materia residual puede permanecer en la parte posterior del tracto gastrointestinal durante algún tiempo y la microflora local puede alterar significativamente la composición de aminoácidos en la materia fecal, Machado y Penz (1993).

La disponibilidad de los aminoácidos en las materias primas es uno de los elementos más valiosos por conocer para una adecuada nutrición. Para formular un alimento, además de considerar la variación existente en los aportes de los aminoácidos, es importante conocer los coeficientes de su digestibilidad en contenidos totales. En los granos comúnmente utilizados como el maíz son bajos, sin embargo, sus coeficientes de digestibilidad verdadera son constantes. Por otro lado, en el caso de los subproductos agrícolas son mayores, y en forma más significativa, en los subproductos de origen animal (Harina de carne y hueso, Pluma, Pescado, etc.), pero menos constantes, Persons (1999).

La digestibilidad de los aminoácidos no es un valor constante en cada alimento. En realidad, el coeficiente de variación es del 4 al 6% para lisina y aminoácidos azufrados en la harina de soya, pero puede llegar a ser del 10 al 15% para productos tales como la harina de carne, Degussa (1992). Según Burgos et al. (1974), citado por Bolaños (1985), la disponibilidad de aminoácidos en cinco diferentes harinas de subproductos de aves, fue en

promedio de 92 %, con un valor máximo de 94,75 % y un mínimo de 85,22%.

La reducción en la disponibilidad de aminoácidos azufrados, que fue reportado para algunos ingredientes alimenticios, podría al menos en parte, ser explicado por la presencia del azufre oxidado en los aminoácidos de estos ingredientes. Tanto los métodos de procesamiento, como el proceso de extracción del solvente, el tostado, altas temperaturas de secado y la peletización, pueden crear circunstancias que favorezcan la oxidación de los aminoácidos azufrados, Millar et al. (1956), Gruttrdge y Lewis (1964), Nelly y Porter (1974), citados por Bolaños (1985). Desafortunadamente, el grado al cual la metionina y la cistina son oxidados en los ingredientes alimenticios y en el procesamiento de mezclado de ellos, no puede generalmente ser conocido por la dificultad que representan las medidas analíticas.

La metionina es uno de los aminoácidos más importantes, porque no sólo se encuentra en bajas cantidades en los alimentos, sino que su disponibilidad se disminuye con los métodos de procesamiento a que son sometidas las materias primas, Tanner y Richter (1984), citado por Bolaños (1985).

Los dos principales donadores de grupos metilo en el metabolismo de las aves son la metionina y la colina. El grupo de la colina puede usarse para sintetizar metionina a través de la homocisteína, mientras que el grupo metilo de la metionina puede ser usado para la síntesis biológica de la colina. La molécula de metionina contiene un átomo de azufre como elemento estructural y en situaciones de deficiencia de sulfato en el ave, la molécula de metionina puede ser degradada con el fin de satisfacer las necesidades de este compuesto, Miles y Ruíz (1983), citado por Bolaños (1985). La metionina como portador de azufre es precursor de la cisteina y por lo tanto de la cistina y taurina, Achío (1992).

La ínter-conversión antes mencionada, ocurre también para otros aminoácidos, lo que podría llevar a pensar, que se pueden sustituir en cierto porcentaje los aminoácidos esenciales, con otros que pudieran servir como precursores para generar los aminoácidos limitantes en la dieta, si el ave tuviera la capacidad de sintetizarlo. Sin embargo partir de esta premisa para formular dietas es poco probable, ya que ha sido poco documentado en experimentos prácticos. Además pueden existir antagonismos o sinergismos y otros factores que pueden afectar el desempeño de las aves. Por ejemplo el antagonismo puede existir cuando el exceso de un aminoácido se asocia a una deficiencia de otro, como la lisina que al exceder en 1.2 la arginina, las tasas de crecimiento se ven reducidas en las aves jóvenes. También el exceso de leucina puede reducir el crecimiento, Achío (1992).

Además hay que considerar que cuando se formula una dieta y uno o más aminoácidos son muy limitantes, la cantidad de aminoácidos sintéticos que se tiene que agregar es muy alta y se debe tener presente que estos aminoácidos se absorben rápidamente, no así los que provienen de la proteína natural, por lo que en un momento dado existirá a nivel sanguíneo una concentración alta de uno o más aminoácidos y tanto un faltante como un exceso son perjudiciales en la síntesis de proteína en el animal, los excesos de aminoácidos serán catabolizados con su correspondiente gasto energético y excreción de nitrógeno en la orina. En el caso de los pollos de engorde, es un problema debido al rápido crecimiento y mayor demanda de aminoácidos, Campabadal (2005).

Entre los factores que limitan la digestibilidad de los aminoácidos se encuentran:

- a) Factores antinutricionales de las materias primas, por ejemplo factores antitripsicos de la Soya, etc.
- b) Procesos industriales de los ingredientes (Calor, Presión, Humedad y procesos químicos).
- c) Edad de los animales: Zuprizal citado por Machado y Penz (1993), demostró que aves con 3 semanas de edad, presentan coeficientes



de digestibilidad verdadera de los aminoácidos superiores a los encontrados a 6 semanas de edad.

d) Sexo: Se ha reportado una diferencia en el coeficiente de digestibilidad verdadera de los aminoácidos entre pollos machos y hembras tanto a los 21 días como a los 42. En ciertos ensayos realizados por Wallis y Balnave (1984) y Zuprizal et al. (1993), se han encontrado diferencias consistentes para el sexo.

Un factor importante que afecta a la digestibilidad de los aminoácidos, como se mencionó anteriormente, es el tratamiento por calor que numerosos productos sufren durante su procesado. Johns et al. (1986) investigaron el efecto del calentamiento con vapor (steam-cooking) sobre la digestibilidad de los aminoácidos de la harina de carne. Cuando la duración del tratamiento aumentó, la digestibilidad de la lisina, metionina y treonina disminuyó sustancialmente.

Efectos similares fueron observados por Parsons et al. (1992) para la harina de soya sobre procesada. De estos datos puede deducirse que la lisina y la cistina son mucho más susceptibles a sufrir daños por calor que la mayoría de los otros aminoácidos.

Las condiciones de estrés por calor en las aves también pueden afectar significativamente la digestibilidad de los aminoácidos. Tanto Wallis y Balnave (1984) como Zuprizal et al. (1993) observaron un descenso de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos en harina de soya cuando la temperatura aumentaba de 21 a 32 °C. Sin embargo, no está claro si todos los aminoácidos se ven afectados por igual.

### **1.1.3 Importancia de la proteína de la dieta, sobre las respuestas a los aminoácidos y su aprovechamiento en los pollos**

Morris et al. (1992) encontraron una relación casi lineal entre el nivel de proteína de la dieta y las necesidades de metionina de broilers en

iniciación. Estos autores concluyen que la proporción óptima de metionina en la proteína de la dieta debería estar en torno al 2,5%.

Huyghebaert y Pack (1994) añaden evidencia sobre el concepto de que niveles altos de proteína aumentan las necesidades del ave en el primer aminoácido limitante (metionina). Estos trabajos refuerzan la importancia de un balance correcto de aminoácidos para conseguir rendimientos óptimos y utilización máxima de la proteína. La concentración de metionina y cistina en la dieta deben aumentarse al elevar el nivel de proteína si se quiere conseguir iguales resultados en cuanto a velocidad de crecimiento e índices de conversión.

En los pollos el contenido en lisina de la proteína corporal es alto, alrededor de dos veces mayor que la concentración en aminoácidos azufrados y treonina. En la proteína de plumas, sin embargo, la lisina es muy baja, mientras que los aminoácidos azufrados son extremadamente elevados debido al alto contenido en cistina de las plumas. Similarmente, las necesidades para mantenimiento de aminoácidos azufrados y treonina son mucho más altas que las necesidades de lisina, Person (1999).

Un aumento de la concentración de lisina sobre las necesidades para ganancia de peso puede inducir a un mayor peso de la pechuga. Por ello, las necesidades de lisina son mayores cuando se utiliza como criterio el peso de la pechuga en lugar de la ganancia de peso. De forma similar, el índice de conversión es utilizado a menudo para estimar las necesidades de aminoácidos y, por tanto, para calcular el perfil ideal en aminoácidos de la proteína de la dieta. Para varios aminoácidos, las necesidades para optimizar el índice de conversión son más elevadas que para la ganancia de peso, Han y Baker (1995); Leclercq (1997).

El primer intento de especificar una proteína ideal para broilers fue realizada por el profesor Baker en la universidad de Illinois. Basándose en estudios de crecimiento en pollitos con dietas incluyendo aminoácidos cristalinos, Baker y Han (1994) propusieron valores del 72, 67, 16 y 105%

para Met+Cys, Thr, Trp y Arg digestibles en relación a lisina. Para aves de mayor edad, recomendaron niveles más elevados de aminoácidos azufrados, treonina y triptófano en relación con la lisina. Esto porque sobre las bases de consumo diario, las necesidades netas de los aminoácidos aumentan casi en paralelo, lo que significa que la relación aminoácidos azufrados:lisina aumenta con la edad del ave. En aves jóvenes este índice sería de 65:100 y pasaría a 80:100 o incluso más en aves de 5 a 6 semanas de edad, Fisher (1993).

Las necesidades de lisina son casi exclusivamente para la deposición de proteína corporal (músculo); por el contrario, la mayor parte de las necesidades de metionina y cistina son para mantenimiento y plumaje. Esta porción aumenta considerablemente con la edad y el peso del ave. Para la treonina y para la mayor parte del resto de aminoácidos, su aumento con la edad es un poco menor, debido a que sus necesidades para mantenimiento y emplume son más bajas, Penz (1999).

Hay dos razones para que la “proteína ideal” cambie con la edad del animal. La primera de ellas se basa en la relación de las necesidades de mantenimiento y necesidades totales (mantenimiento+crecimiento). Boorman y Burgess (1985) estimaron hace algunos años las necesidades diarias de mantenimiento para pollos; las necesidades de lisina para mantenimiento son despreciables en los primeros 20 días de edad (ganancia diaria=80 g; peso vivo=750 g) y representan sólo el 5% de las necesidades totales. Al final del periodo de crecimiento, las necesidades de mantenimiento tienden a ser más importantes a medida que el peso corporal aumenta y la velocidad de crecimiento disminuye. El perfil en aminoácidos para mantenimiento es diferente al de crecimiento sólo para la arginina, histidina, treonina, leucina e isoleucina, cuyos valores relativos a la lisina disminuyen con la edad. Las necesidades de aminoácidos azufrados, triptófano, treonina, valina e isoleucina no deberían cambiar significativamente.

La segunda razón para el cambio del perfil de la proteína ideal podría estar relacionada con el crecimiento de la proteína corporal y la proteína de las plumas. Sin embargo, el crecimiento de ambos es progresivo y la proteína de las plumas representa una cantidad pequeña en relación con la proteína corporal. No es fácil estimar el efecto específico del crecimiento de las plumas sobre el perfil de aminoácidos. Las proteínas de las plumas son ricas en cistina, prolina, serina, aminoácidos aromáticos y valina y pobres en histidina y lisina, Nitsan et al. (1981).

Existen tres componentes principales para determinar el perfil óptimo en aminoácidos esenciales:

1. Las necesidades netas para deposición de proteína corporal y el plumaje.
2. Las necesidades de mantenimiento.
3. La utilización de los aminoácidos digeribles para estas funciones metabólicas.

#### **1.1.4 Uso de aminoácidos comerciales en la formulación de dietas para pollos de engorde**

Para confirmar la flexibilidad ofrecida por el uso de lisina, metionina, y treonina en la fijación del nivel de proteína en la ración de los pollos de carne, Van Cauwenberghe (2001) llevó a cabo dos pruebas de alimentación. En éstas, todas las dietas fueron formuladas y suplementadas para mantener los mismos niveles mínimos de aminoácidos digeribles, mientras se reducía el nivel de proteína bruta. Además de lisina, metionina y treonina, también se mantuvieron niveles mínimos de isoleucina, valina, triptófano y arginina en el diseño. Se concluyó que cuando se formulan dietas para pollos de carne, basadas en aminoácidos digeribles y se utilizan aminoácidos suplementarios (L-Lisina, DL-Metionina y L-Treonina) es posible reducir la proteína de la dieta alimenticia entre un 7 y 10 %, sin ningún efecto perjudicial en el desempeño de los pollos de carne. En otras

palabras, la proteína puede reducirse a un nivel en el que la lisina constituye más del 6 % de la proteína en las etapas inicial y de crecimiento y por encima del 5,8 % en la etapa de terminación, obteniéndose mejoras en el rendimiento en la canal y un aumento en la producción de carne de pechuga (no obstante, sin significancia estadística).

El efecto de la reducción del contenido de la proteína dietética y de potasio sobre la productividad de pollos de engorde, hembras, fue estudiado por Rostagno (2002) con el uso de raciones que contenían el mismo nivel de los nutrientes más importantes (EM, lisina, met + cis, calcio, fósforo disponible y sodio). Los resultados experimentales mostraron que mediante la formulación de dietas con menor contenido de proteína y con el empleo de la proteína ideal, es posible la obtención de un desempeño similar al de las aves alimentadas con dietas de altos niveles proteicos. Se observó, además, una mejora en la ganancia de peso promedio de las aves. De la misma manera, la reducción del contenido proteico y de potasio resultó en menor consumo de proteína y de camas con menor humedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del nivel de proteína de la dieta, sobre el desempeño, consumo de proteína y humedad de la cama, en pollos de engorde, hembras, de 1 a 41 días de edad.

Tratamientos fase / proteína (%)	Ganancia de peso (g)	Consumo de proteína (g)	Conversión alimenticia	Humedad de la cama %
1) 24,5/23,5/20,5%	1991	761,2	1,793	43,17
2) 23,5/22,5/19,5%	1989	731,0	1,809	41,07
3) 22,5/21,5/18,5%	2009	701,5	1,807	39,19

Fases: Preinicial (1 a 10 días); Inicial (11 a 21 días) y Final (22 a 41 días), Rostagno *et al.* (2002).

Leclercq (1998) investigó la reducción de proteína para pollos de carne de 20 a 42 días de edad. En cada nivel de proteína (16 % y 20 %), se aumentó el nivel de lisina digerible adicionando L-Lis HCl. Para evitar

deficiencias en aminoácidos limitantes secundarios, se agregaron a las dietas L-Trp, L-Arg, L-Ile, L-Val y L-His. El nivel de proteína de la ración no tuvo un efecto significativo, mientras que el nivel de lisina sí resultó en una mejora del desempeño de las aves.

En este experimento, se obtuvo un rendimiento menor de hasta 2 % en la conversión alimenticia y de 4 % en el aumento de peso para el nivel de lisina más alto. Sin embargo, no fueron significativos estos resultados en el desempeño de los pollos de carne alimentados con el nivel de proteínas más bajo. Mack *et al.* (1999), con el mismo tipo de aves, suministrándoles un nivel de lisina similar, consiguieron el mismo desempeño con una dieta al 16 % de PB.

De acuerdo con lo que se sabe, parecería que la concentración de lisina en la dieta no puede elevarse por encima de un 6% en las raciones para pollos de carne y por encima de un 5,5% para ponedoras, sin afectar el desempeño de las aves. Además, para entender mejor las exigencias de los aminoácidos secundarios (valina, isoleucina, arginina, fenilalanina) se hace necesaria también más información, sobre el impacto de los aminoácidos no-esenciales, Van Cauwenberghe (2001).

Terrazas *et al.* (2005), hicieron tres experimentos para probar el efecto de incorporación de harina de pescado en la dieta. Uno de estos ensayos fue precisamente para evaluar la formulación por aminoácidos totales (AAT) versus aminoácidos digestibles (AAD); en una prueba de crecimiento de 42 días, con un lote de pollos mixtos, de 2 días de edad. Determinaron que el efecto del método de formulación, mostró que la ganancia de peso, consumo de alimento y la mortalidad fueron similares en AAT y AAD, sin embargo, en la eficiencia alimenticia se encontró una diferencia ( $P \leq 0,05$ ) entre ambos métodos de formulación, siendo ésta favorable para AAD.

Salete et al. (2004), realizaron un experimento para determinar el desempeño productivo de pollos, comparando una dieta formulada mediante el concepto de proteína bruta (PB) versus proteína ideal (PI). Además utilizaron dietas con diferentes niveles de nutrientes para machos y para hembras. Se disminuyó el nivel de proteína en un 10 % entre las fases de crecimiento y un 5 % para las hembras en relación con los machos.

Cuadro 2. Niveles de energía metabolizable, proteína y aminoácidos, utilizados en las dietas para machos y hembras.

	1- 21 DIAS		22- 35 DIAS		36- 42 DIAS	
	PB	PI	PB	PI	PB	PI
<b>MACHOS</b>						
Proteína (%)	23,00	20,97	20,70	19,61	18,63	18,08
EM(Kcal/kg)	3000	3000	3100	3100	3200	3200
Met (%)	0,333	0,548	0,308	0,472	0,285	0,426
Lis (%)	1,267	1,120	1,104	1,008	0,959	0,907
Tre (%)	0,907	0,750	0,815	0,705	0,731	0,656
<b>HEMBRAS</b>						
Proteína (%)	21,85	19,99	19,66	18,65	17,69	17,21
EM(Kcal/kg)	3000	3000	3100	3100	3200	3200
Met (%)	0,321	0,518	0,297	0,456	0,275	0,402
Lis (%)	1,182	1,064	1,028	0,957	0,891	0,861
Tre (%)	0,861	0,712	0,773	0,670	0,693	0,623

Obtuvieron resultados muy similares en ambos sexos. Para la dieta formulada por PB hubo un mayor consumo; encontrándose en la fase inicial una diferencia estadísticamente significativa (nivel de significancia del 10 % de probabilidad).

Para la ganancia de peso y la conversión alimenticia, reportaron que las aves tenían un mejor rendimiento con las dietas bajo el concepto de PI, con diferencia estadística en el peso y en la conversión alimenticia, para todas las fases del experimento; quizá debido a un mejor balance de energía/aminoácidos en las dietas PI, Salete et al. (2004). Además determinaron que los pollos que consumieron la dieta bajo el concepto de PB, ganaron 5,5 % menos peso y tuvieron una conversión inferior en 7,2 %;

probablemente debido a un gasto de energía para eliminar el nitrógeno extra, Zaviezo (1998); Suida (2001); citado por Salete et al. (2004).

Al final del experimento determinaron que el costo de la dieta PB era 1,93 y 2,20 % más barata que la PI, para machos y hembras respectivamente; pero los costos de producción por tonelada de peso vivo fueron 4,40 y 2,96 % más altos en la dieta PB.

## **1.2 Medio ambiente y nutrición proteica de pollos de engorde**

La mayor parte del nitrógeno de las heces proviene de la proteína cruda y en menor cuantía de aminoácidos libres y nitrógeno no proteico. La generalidad de dietas son formuladas con un contenido específico de proteína cruda, simplemente para suministrar los aminoácidos requeridos. Si las dietas fueran formuladas con base en el requerimiento de aminoácidos esenciales, independientemente de su contenido de proteína cruda, éstas contendrían menos proteína y por consiguiente menos nitrógeno, con lo que al reducir el nivel de proteína y nitrógeno de la dieta, se reduce tanto el consumo como la excreción de nitrógeno, Penz (1999).

Solamente el 45 % del nitrógeno consumido por las aves de corral es retenido como proteína animal. Por lo tanto, el 55% de la ingestión de nitrógeno es excretado en el estiércol y tiene que ser desechado. El exceso de nitrógeno se puede reducir con medidas nutricionales, a través de la alimentación, con dietas más eficientes y sobre todo, con el suministro de menos proteínas.

La cama de pollo es una importante fuente de nutrientes cuando es usada como fertilizante del suelo. Además de ser rica en nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y potasio (K), contiene micronutrientes importantes para las plantas como zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn); conjuntamente, la materia orgánica de la pollinaza mejora la estructura y aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, Rostagno *et al.*



(2004). Pero estos nutrientes también pueden transformarse en contaminantes del medio ambiente si no son usados adecuadamente. La cantidad de nutrientes y olores lanzados al ambiente, que están asociados con la producción animal, puede ser alterada a través de diferentes estrategias nutricionales, cuya aplicación práctica es dependiente de los costos y de las posibles limitaciones biológicas.

La cama de pollo por mucho tiempo se ha utilizado en rumiantes, como fuente de nitrógeno, fósforo, azufre y fibra. Sin embargo, debido a los problemas sanitarios ocurridos en Europa, como la Encefalopatía Espongiforme Bovina (mal de la vaca loca), ha provocado que esta práctica no sea bien vista, tanto así que en Europa y algunos otros países como Costa Rica, no se permita el uso de la pollinaza como alimento para los rumiantes. En principio, lo que se teme no es la presencia de excretas de pollos, sino más bien, la de restos de harinas de carne que puedan ser consumidas por los rumiantes.

Además del problema con la excreción de N y P, la emisión de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) debe ser tomada en consideración, pues a pesar de no afectar el desempeño de las aves puede perjudicar la salud de los empleados de la granja.

Ferguson *et al.*, (1998a) llevaron a cabo un experimento para verificar el efecto del nivel proteico sobre el desempeño de pollos de engorde, la concentración de  $\text{NH}_3$  en el aire y la excreción de N. Los autores no observaron influencia del nivel de proteína en el desempeño de las aves para la fase de 22 a 43 días, pero sí verificaron reducción en la concentración de  $\text{NH}_3$  en el aire, de la humedad de la cama y de la excreción de N con niveles bajos de proteína en la ración (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del nivel proteico en la dieta, sobre la concentración de NH<sub>3</sub> del aire y características de la cama de pollos de engorde de 1 a 43 días.

Fase / proteína, %	NH <sub>3</sub> (ppm)	PH	Humedad – cama (g-kg)	Nitrógeno (g-kg)
Alta - 26,4 / 21,5	83±13,8	5,5±0,34	603±29,1	59±0,2
Media - 24,1 / 19,6	58±5,1	5,1±0,09	569±16,2	49±1,4
Baja – 21,9 / 16,5	53±7,2	5,0±0,20	560±10,8	47±2,0

Fuente: Ferguson *et al.*, (1998)

Ferguson *et al.* (1998b) también evaluaron en pollos de engorde si la concentración de NH<sub>3</sub> en el aire y de N y P de la cama podían ser disminuidos por la reducción de la proteína y del P de la dieta. Los autores concluyeron que la manipulación de la dieta reduce las concentraciones de N y P de la cama, sin afectar el rendimiento de las aves.

Ferket *et al.* (2002) citan una revisión de más de 35 trabajos con la suplementación de aminoácidos en raciones de aves y cerdos; los autores verificaron que la excreción de nitrógeno fue reducida de 2,3 a 22,5% por cada unidad porcentual de proteína bruta de la dieta. En promedio, la suplementación de aminoácidos en dietas de aves, baja la excreción de N en 8,5% por unidad porcentual de proteína bruta reducida en la dieta. Otros investigadores determinaron que para cada punto porcentual de proteína reducida en la dieta, la excreción de N disminuyó un 10%.

Existen varias estrategias nutricionales que pueden ser aplicadas para reducir la excreción de nutrientes por los pollos de engorde. Algunas son:

- a) usar el concepto de proteína ideal para calcular las dietas.
- b) formular dietas con el nivel mínimo de los nutrientes para evitar desperdicio.
- c) suplementar con aminoácidos sintéticos y reducir el nivel de proteína de la dieta.

- d) formular dietas basadas en la digestibilidad o disponibilidad de los nutrientes en vez del contenido total.
- e) usar ingredientes con alta digestibilidad o biodisponibilidad de nutrientes.

Todos los factores citados arriba tienen que ser tomados en consideración cuando se pasa a usar la proteína ideal para formular raciones de pollos de engorde, porque el balanceo de la dieta debe ser realizado sin deficiencias ni sobras; esto reduce el nivel de proteína y menos aminoácidos serán usados inadecuadamente como fuente de energía; como consecuencia disminuye la excreción de nitrógeno.

### **1.3 Análisis por Espectrofotometría Infrarroja Cercana (NIRS)**

El control analítico de alimentos y productos de forma rápida y precisa, se puede llevar a cabo hoy en día mediante métodos analíticos sofisticados, basados en datos y resultados generados previamente. Durante las dos décadas pasadas, emerge un nuevo concepto de análisis basado en la absorción en la región del Infrarrojo Cercano. En la actualidad, miles de publicaciones científicas y libros específicos confirman el potencial de la técnica NIR para la caracterización de alimentos y productos de una forma instantánea y en sus aspectos cuantitativos y cualitativos.

Así por ejemplo, el análisis Kjeldahl mide N orgánico total y la proteína bruta es el resultado de multiplicar el N total por un factor de conversión, que es correspondiente al contenido medio en N. Por otra parte, el método NIR mide la absorción debida a enlaces o bandas proteicas, obteniéndose así un resultado más real de la proteína presente en la muestra.

Una persona puede analizar como máximo de 15 a 20 muestras, para obtener un dato de un constituyente como grasa en una jornada de 8 horas de trabajo. Si a este tiempo se suma, un mínimo de cuatro horas para obtener un dato de materia seca, podemos decir que se necesitan 12 horas

para obtener un único dato de contenido en grasa expresado en materia seca, para un total de 15 a 20 muestras, pero en ese mismo período de tiempo, el mismo analista trabajando en un instrumento NIRS previamente calibrado, puede analizar 360 muestras para varios constituyentes, Garrido *et al.*, (1996).

Un instrumento NIRS está compuesto por un monocromador, un ordenador, un software y otros accesorios. No requiere reactivos químicos, material de vidrio, balanzas, etc. Por otra parte, también beneficia el medio ambiente al no producir residuos, Garrido *et al.*, (1996).

El análisis se basa en la medición del espectro de energía reflejado cuando la muestra recibe radiación electromagnética infrarroja cercana (“luz” infrarroja), a longitudes de onda específica, Leeson *et al.*, (2000).

El NIRS se fundamenta en la quimiométrica, es decir, la aplicación de las matemáticas a la química analítica. Esta técnica combina la espectroscopia, la estadística y la computación y genera modelos matemáticos que relacionan la composición química (presencia de grupos químicos activos), con cambios de energía en la región del espectro electromagnético correspondiente al rango infrarrojo cercano (longitudes de onda entre 800 y 2500 nm).

La técnica NIRS solo puede ser explotada de una forma óptima, si la respuesta dada por el instrumento se usa de inmediato para la toma de decisiones. Así, por ejemplo, los datos NIRS generados durante la primera hora o en las 24 horas desde la llegada de materias primas a fábricas de alimentos, son de un valor incalculable para la toma de decisiones.

Es importante anotar que para todos los análisis realizados por NIRS, la exactitud de estas predicciones dependerá totalmente del tiempo y precisión con que se realice la precalibración utilizando un número suficiente de muestras de concentración conocida. La utilidad de NIRS, por lo tanto,

depende en su totalidad de una cuidadosa y meticulosa calibración del instrumento, Leeson et al., (2000).



## 2.1 Localización

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Potrerillos, Convenio UCR-Corporación PIPASA; ubicada en San Antonio de Belén, Heredia. Se encuentra a una altitud de 1500 msnm y con una temperatura promedio anual de 21 °C.

## 2.2 Aves utilizadas

Se utilizaron 2880 pollos de engorde, sexados para mantener la misma proporción de hembras y machos (50:50) en los corrales, de la línea Avian 48 FS (autosexables).

Además al final de la prueba se evaluó la proporción de hembras y machos por corral, para establecer la cantidad de machos y hembras que murieron durante la prueba, y determinar si esta variable tuvo significancia en los resultados. En el cuadro 4 se muestran los porcentajes de machos y hembras, que se contabilizaron al final del ensayo de campo.

Cuadro 4. Porcentaje de machos y hembras por tratamiento al final de la prueba.

	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	NIRS AAT	NIRS AAD
MACHOS (%)	48,02	49,21	47,49
HEMBRAS (%)	51,98	50,79	52,51
DIFERENCIA (%)	3,96	1,58	5,02
TOTAL	100,00	100,00	100,00

### **2.3 Alojamiento de las aves**

Los pollos se distribuyeron en 36 corrales, con 80 pollos cada uno. Los corrales miden 2,5 x 2,8 m y están separados mediante divisiones de madera y cedazo, alineados y agrupados en filas de 7 cubículos separados por pasillos.

El galpón utilizado es destinado solamente a fines experimentales; construido con piso de cemento y zócalo de 60 cm. de altura y el resto de malla metálica, cuenta con cortinas de nylon, dispuestas con un sistema mecánico de apertura; con el objetivo de regular el paso del viento y de la luz, para tratar de controlar la temperatura interna del galpón. El mismo cuenta con lámparas de 125 wats, los cuales proveen luz necesaria para estimular el consumo de las aves en la noche.

### **2.4 Dietas experimentales**

Para la formulación de cada dieta se almacenó en sacos lotes de maíz, harina de soya y harina de carne y hueso. Estos lotes fueron muestreados de la siguiente forma: por lo menos 4 sacos por cada tonelada, hasta un máximo de 20 muestras, luego éstas fueron mezcladas y homogenizadas, remitiendo una o dos muestras para ser analizadas. En el laboratorio de la empresa las muestras fueron molidas, para homogenizarlas; la harina de carne y hueso fue pulverizada en un molino de agua, mientras que el maíz y la harina de soya en un molino de ciclón.

Luego de la molienda se almacenaron por 2 horas, esto por que las muestras deben estar a temperatura ambiente, ya que el aparato NIRS mide la vibración y la rotación de los compuestos, y el calor altera estas medidas. Posteriormente las muestras fueron sometidas al NIRS, para obtener los espectros que fueron enviados por Internet al laboratorio Adisseo, en Brasil. El aparato NIR de la empresa ha sido previamente calibrado por la compañía Adisseo para ajustar las lecturas de los espectros de proteína y aminoácidos



a su base de datos en Brasil y Francia. La composición de las dietas como promedio ponderado en las tres fases de alimentación aparece en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición de las dietas como promedio ponderado en las 3 fases de alimentación.

<b>INGREDIENTE</b>	<b>TESTIGO</b>	<b>NIRS AAT</b>	<b>NIRS AAD</b>
Maíz Amarillo US2	69,20	69,48	67,75
Harina Soya 48 %	21,88	21,60	23,02
Harina de plumas	1,13	1,13	1,13
Harina Carne/hueso	3,44	3,44	3,44
Aceite Vegetal	1,96	1,93	2,21
Carbonato de Calcio	0,81	0,81	0,81
Fosfato Monodivalente (21/16)	0,35	0,35	0,35
Coccidiostato	0,03	0,03	0,03
Premezcla (Vitam. y Miner.)	0,15	0,15	0,15
Sal fina	0,36	0,36	0,36
Metionina MHA FA	0,33	0,32	0,28
L-lisina	0,30	0,35	0,36
L-treonina	0,06	0,04	0,10
Fitasa (Natuphos 10000L)	0,005	0,005	0,005
Total	100,00	100,00	100,00
<b>NUTRIENTE</b>			
EM Aves kcal/kg	3139	3139	3139
Proteína Cruda	18,36	19,46	20,05
Lisina	1,14	1,14	1,19
Metionina	0,56	0,57	0,54
Met + Cist	0,88	0,88	0,85
Arginina	1,19	1,18	1,22
Triptofano	0,20	0,30	0,32
Isoleucina	0,69	0,79	0,89
Treonina	0,76	0,76	0,84
Valina	0,83	0,98	1,00
Metionina Digestible	0,53	0,61	0,49
Met + Cist Digestible	0,78	0,83	0,71
Lisina Digestible	1,03	0,95	0,99
Treonina Digestible	0,65	0,59	0,66
Triptofano Digestible	0,16	0,16	0,16
Arginina Digestible	1,03	1,01	1,05
Valina Digestible	0,73	0,84	0,86
Isoleucina Digestible	0,62	0,65	0,67
Calcio	0,93	0,93	0,93
Fósforo Disponible	0,44	0,44	0,44

La formulación de las dietas se realizó mediante el programa Brill V7, utilizando los valores de aminoácidos totales y digestibles que se obtuvieron de los datos que se generaron de los espectros enviados al laboratorio Adisseo Brasil.

Se preparó toda la cantidad de alimento a utilizar en cada fase del experimento, en la planta de alimentos Concentrados San Rafael, de la Corporación PIPASA.

## 2.5 Tratamientos

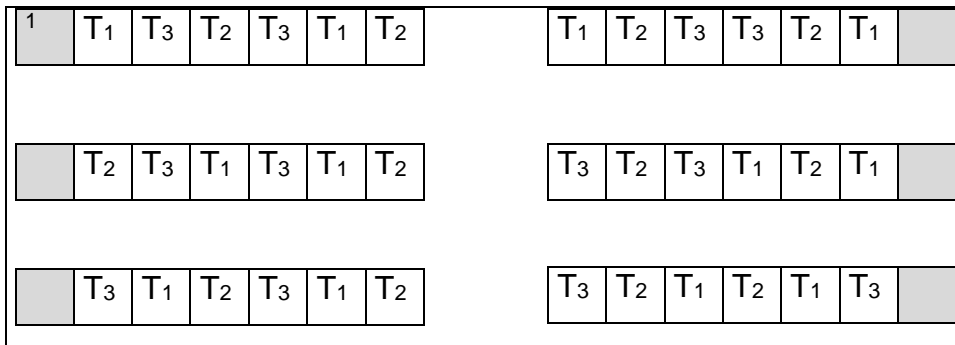
Se utilizaron 3 tratamientos con 12 repeticiones (corrales), de 80 pollos cada una por tratamiento, distribuidas en bloques al azar.

Cuadro 6. Tratamientos utilizados en el experimento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Matriz de Formulación</b>	<b>Requerimientos Aminoácidos</b>
1. Testigo: Dieta formulada con base a aminoácidos totales (AAT).	Matriz en uso actual. Datos de tablas de composición de alimentos y regresiones	Ajustados a partir de recomendaciones de Cobb-Vantress (2005)
2. NIRS AAT: Dieta formulada con base en aminoácidos totales, con datos de NIRSA (Adisseo).	Datos de NIRS obtenidos de las materias primas a utilizar	Ajustados a partir de recomendaciones de Cobb-Vantress (2005)
3. NIRS AAD: Dieta formulada con base en aminoácidos digestibles, con datos de NIRSA (Adisseo).	Datos de NIRS obtenidos de las materias primas a utilizar	Proteína Ideal de Illinois, Beaker y Han (1994)

## 2.6 Distribución de los tratamientos en la galera experimental

La granja experimental fue dividida en seis bloques, con siete corrales cada uno; en estos se distribuyeron los tratamientos al azar en cada uno de los bloques.



<sup>1</sup> Los corrales en gris no fueron utilizados durante la realización de este experimento

Figura 1. Distribución de los tratamientos por corral en la galera experimental.

## 2.7 Variables evaluadas

1. Consumo de alimento y ganancia de peso corporal por semana y acumulados: el consumo de alimento y el peso de la totalidad de los pollos, se midieron semanalmente y acumulado al final del ensayo, por corral. Además al final de cada semana se recolectó el residuo de alimento por parcela, para calcular el consumo promedio por pollo, finalizada la prueba. También se calculó el peso individual promedio de las aves vivas por corral al momento del pesaje.
2. Conversión alimenticia: con las mediciones de consumo y peso semanal obtenidos, se calculó la conversión alimenticia por semana y acumulada.
3. Mortalidad: cada día durante el experimento, se anotó el número de aves muertas por parcela, y posteriormente se calculó el porcentaje de mortalidad por semana y acumulada.

4. Costos por Kg de peso vivo: para el costo por kilogramo de pollo vivo, se calculó el costo del alimento por fase (inicio, desarrollo y engorde), según el tratamiento y se dividió entre el peso final promedio. También se calculó el costo ponderado de la dieta; con el costo del alimento por fase y se dividió entre los kilogramos totales de alimento en cada tratamiento.
5. Rendimiento en planta de proceso: Al final de la prueba de crecimiento se muestrearon 4 aves (2 hembras y 2 machos) de cada uno de los 36 corrales (divididos en 6 bloques), los cuales se identificaron mediante bandas en las alas y patas y se llevaron a matadero para calcular el promedio del peso en canal, el peso de la pechuga y grasa abdominal, según el tratamiento. A partir de esa información se calculó el rendimiento a canal, rendimiento de la pechuga y el porcentaje de grasa abdominal.

## 2.8 Modelo estadístico

La información fue generada utilizando un diseño en bloques al azar, donde el criterio de bloqueo es la posición de las jaulas, con que se cuenta para la realización del experimento.

El modelo estadístico utilizado en el análisis se detalla a continuación:

$$y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ijk}$$

$y_{ijk}$  = Es la variable a explicar.

$\mu$  = Efecto común de todas las observaciones.

$B_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.

$T_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento.

$e_{ijk}$  = Residual o error experimental.

Los datos fueron analizados utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2003). La comparación de medias de tratamiento se realizó mediante la prueba Duncan, con un nivel de significancia P ( $\alpha < 0,05$ ).



El peso inicial de las aves al igual que la distribución de los bloques en el galpón, no tuvieron influencia estadísticamente significativa ( $P \geq 0.05$ ), sobre los resultados finales de la prueba. La proporción de hembras y machos en los tratamientos tampoco tuvieron preponderancia en las variables evaluadas. Sin embargo, se encontró que el tratamiento NIRS AAD tiene el mayor porcentaje de hembras, con una diferencia de 1,72 % con respecto al tratamiento NIRS AAT (Cuadro 4).

Cuadro 7. Resultados del laboratorio Adiseo, sobre el análisis de aminoácidos totales y digestibles para las materia primas.

<b>DIETA CO (SEMANA 1) Y C1 (SEMANA 2)</b>													
<b>M. Prima</b>	<b>GH<sup>1</sup></b>	<b>% Prot.</b>	<b>A.A</b>	<b>Lys</b>	<b>Met</b>	<b>Thr</b>	<b>Try</b>	<b>Val</b>	<b>Ile</b>	<b>Leu</b>	<b>Phe</b>	<b>His</b>	<b>Arg</b>
Maíz	2.05	9.14	total	0.24	0.19	0.33	0.07	0.45	0.34	1.16	0.45	0.22	0.40
			digest	0.20	0.17	0.28	0.04	0.45	0.28	1.06	0.38	0.22	0.31
H. Carne	0.31	65.95	total	3.80	1.21	2.49	0.57	3.30	2.44	4.43	2.51	1.72	4.47
			digest	3.04	1.07	1.94	0.43	2.46	1.97	3.61	1.96	1.50	3.61
H. Soya	0.62	47.23	total	2.77	0.63	1.86	0.68	2.40	2.22	3.50	2.36	1.23	3.39
			digest	2.22	0.54	1.32	0.57	1.94	1.80	2.78	1.95	1.01	2.92
<b>DIETA C2 (SEMANAS 3 Y 4)</b>													
Maíz	1.42	9.01	total	0.25	0.19	0.34	0.07	0.46	0.35	1.20	0.47	0.25	0.41
			digest	0.20	0.17	0.30	0.04	0.46	0.30	1.09	0.42	0.22	0.34
H. Carne	1.92	55.21	total	2.13	0.65	1.54	0.35	2.65	1.23	2.75	1.63	0.82	3.61
			digest	1.55	0.44	1.15	0.19	1.88	1.16	2.39	1.50	0.67	3.38
H. Soya	0.79	47.16	total	2.78	0.63	1.85	0.69	2.39	2.21	3.51	2.36	1.23	3.41
			digest	2.22	0.53	1.31	0.56	1.95	1.79	2.75	1.94	1.01	2.92
<b>DIETA C3 (SEMANAS 5 Y 6)</b>													
Maíz	1.42	9.01	total	0.25	0.19	0.34	0.07	0.46	0.35	1.20	0.47	0.25	0.41
			digest	0.20	0.17	0.30	0.04	0.46	0.30	1.09	0.42	0.22	0.34
H. Carne	2.82	51.26	total	1.69	0.56	1.19	0.32	2.37	0.93	2.22	1.34	0.63	3.06
			digest	0.97	0.31	0.82	0.20	1.58	0.90	2.02	1.31	0.52	3.00
H. Soya	1.74	47.44	total	2.77	0.63	1.81	0.69	2.36	2.15	3.40	2.29	1.27	3.42
			digest	2.24	0.51	1.29	0.58	2.02	1.75	2.71	1.93	1.00	2.91

<sup>1</sup> GH: Índice de calibración (GH > 3, predicción no confiable).

En el Cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las variables acumuladas durante el ensayo, hasta la semana 6.

Cuadro 8. Rendimiento acumulado promedio de pollos de engorde, con dietas formuladas con aminoácidos totales y digestibles medidos utilizando NIRS.

	TRATAMIENTOS				
	TESTIGO	NIRS AAT	NIRS AAD	Pr > F	CV <sup>1</sup>
Ganancia de peso (g) <sup>2</sup>	2315,08	2372,73	2264,64	0,1051	3,04
Consumo (g)	4468,80	4463,71	4384,20	0,0935	2,30
Conversión alimenticia	1,93	1,92	1,94	0,8695	2,99
Mortalidad acumulad (%)	2,82	2,17	2,61	0,6053	87,07

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> Promedios obtenidos de los 12 corrales de 80 pollos o los sobrevivientes, correspondientes a cada tratamiento

No existieron diferencias significativas entre tratamientos para las variables en forma acumulada al final del experimento ( $P \geq 0.05$ ).

En el Cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos por semana para cada una de las variables durante el periodo de experimentación.

Cuadro 9. Rendimientos semanales de pollos de engorde con dietas formuladas con aminoácidos totales y digestibles medidos con NIRS.



	TRATAMIENTOS				
	TESTIGO	NIRS AAT	NIRS AAD	Pr > F	CV <sup>1</sup>
<b>Semana 1 (0-7 d) C0<sup>3</sup></b>					
Ganancia de peso (g) <sup>2</sup>	142,77	144,42	141,85	0,3690	3,10
Consumo (g)	140,76	143,07	137,02	0,1428	5,22
Conversión alimenticia	0,98	0,99	0,96	0,3844	4,59
Mortalidad acumula (%)	0,21	0,10	0,31	0,6254	249,35
<b>Semana 2 (8-14 d) C1</b>					
Ganancia de peso (g)	231,03	236,72	223,89	0,0723	5,68
Consumo (g)	371,52	375,80	368,95	0,6115	4,56
Conversión alimenticia	1,61	1,59	1,65	0,0990	4,25
Mortalidad acumulad (%)	0,42	0,62	1,25	0,1084	145,58
<b>Semana 3 (15-21 d) C2</b>					
Ganancia de peso (g)	388,36 <sup>a</sup>	386,89 <sup>a</sup>	374,96 <sup>b</sup>	0,0182	3,08
Consumo (g)	645,61 <sup>b</sup>	646,95 <sup>b</sup>	622,88 <sup>a</sup>	0,0137	3,28
Conversión alimenticia	1,66	1,67	1,66	0,8100	2,84
Mortalidad acumulad (%)	1,36	1,04	1,56	0,1569	170,75
<b>Semana 4 (22-28 d) C2</b>					
Ganancia de peso (g)	499,40	497,80	505,66	0,4525	3,18
Consumo (g)	909,33	913,69	890,87	0,1802	3,44
Conversión alimenticia	1,82 <sup>b</sup>	1,84 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>	0,0103	3,22
Mortalidad acumulad (%)	1,46 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	2,39 <sup>b</sup>	0,0496	195,29
<b>Semana 5 (29-35 d) C3</b>					
Ganancia de peso (g)	572,48	538,49	573,15	0,1052	7,82
Consumo (g)	1143,12	1129,25	1130,18	0,7282	4,18
Conversión alimenticia	2,00	2,16	1,97	0,2425	13,94
Mortalidad acumulad (%)	2,29	1,76	2,39	0,0791	194,19
<b>Semana 6 (36-42 d) C3</b>					
Ganancia de peso (g)	481,04 <sup>ab</sup>	518,41 <sup>a</sup>	445,13 <sup>b</sup>	0,0110	11,43
Consumo (g)	1258,45	1254,94	1234,3	0,3299	3,37
Conversión alimenticia	2,64 <sup>ab</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,82 <sup>b</sup>	0,0078	10,33
Mortalidad acumulad (%)	2,82	2,17	2,61	0,6440	235,19

<sup>a-b</sup> Letras distintas por fila manifiestan diferencias significativas entre medias (P < 0,05)

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> Promedios obtenidos de los 10 corrales de 80 pollos o los sobrevivientes, correspondientes a cada tratamiento

<sup>3</sup> Co = Preinicio, C1 = inicio, C2 = desarrollo, C3 = engorde

En el cuadro anterior se puede observar que en el alimento de desarrollo (C2), es donde se obtienen los mejores resultados para el tratamiento NIRS AAD.

### **3.1 Ganancia de peso corporal de las aves**

La ganancia de peso no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P \geq 0,05$ ). En el Cuadro 8 y la Figura 2 se aprecia el peso de las aves concluida la prueba. La ganancia de peso más alta al final del ensayo, la produjo el tratamiento formulado con aminoácidos totales y medidos con NIRS (NIRS AAT), siendo este valor 4,55 % superior al tratamiento formulado con base en aminoácidos digestibles (NIRS AAD), el cual tuvo la ganancia de peso más baja al final del experimento. En cuanto al tratamiento TESTIGO formulado con base en aminoácidos totales, presentó una ganancia de peso de 2,23 % sobre el NIRS AAD.

El comportamiento semanal de la ganancia de peso es inconsistente, pues se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las semanas 3 y 6 del experimento (Cuadro 9 y Figura 3). En la semana 3 el tratamiento NIRS AAD presenta variaciones significativas con respecto al TESTIGO y al NIRS AAT; sin encontrarse diferencias entre los dos últimos. Mientras que para la semana 6 se encontraron diferencias significativas entre las tres formulaciones evaluadas.

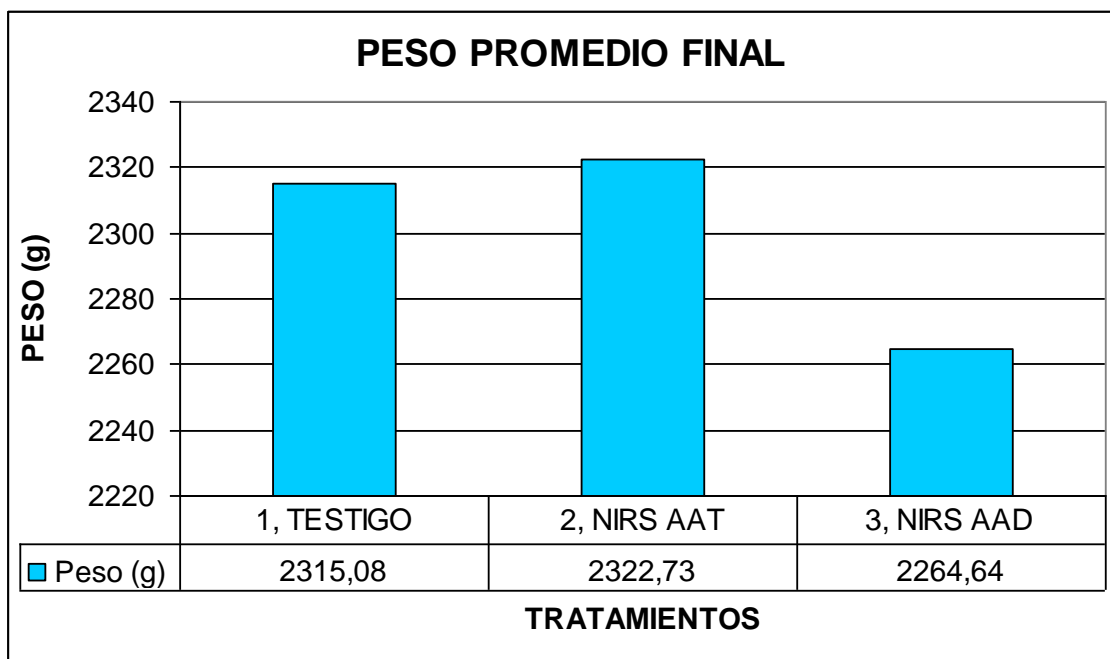


Figura 2. Peso promedio final de pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

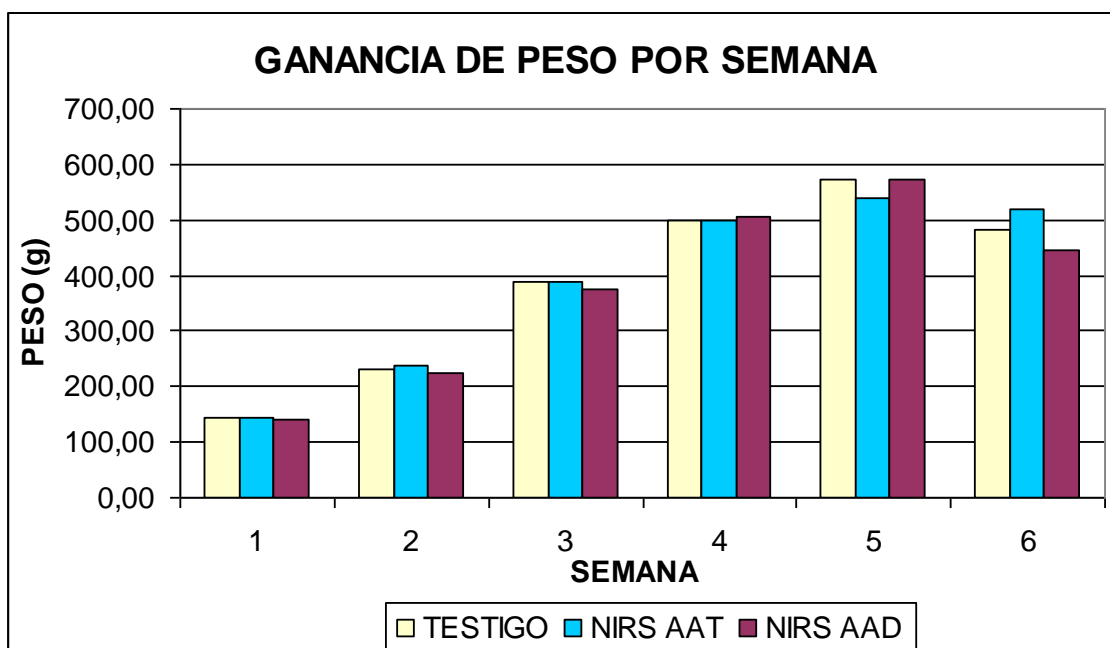


Figura 3. Ganancia de peso semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

### 3.2 Consumo de alimento

Como se muestra en el Cuadro 8 y en la Figura 4, el consumo acumulado de alimento al final de la prueba no varió en forma significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos. Para esta variable el menor consumo se produjo en el tratamiento NIRS ADD, ya que el tratamiento TESTIGO y el NIRS AAT tuvieron consumos superiores en 1,93 y 1,81 %, respectivamente.

En el Cuadro 9 y la Figura 5, se expone que en la semana 3 se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), para la dieta NIRS AAD con relación a los otros dos tratamientos, sin embargo no se presentó variación entre el TESTIGO y el NIRS AAT.

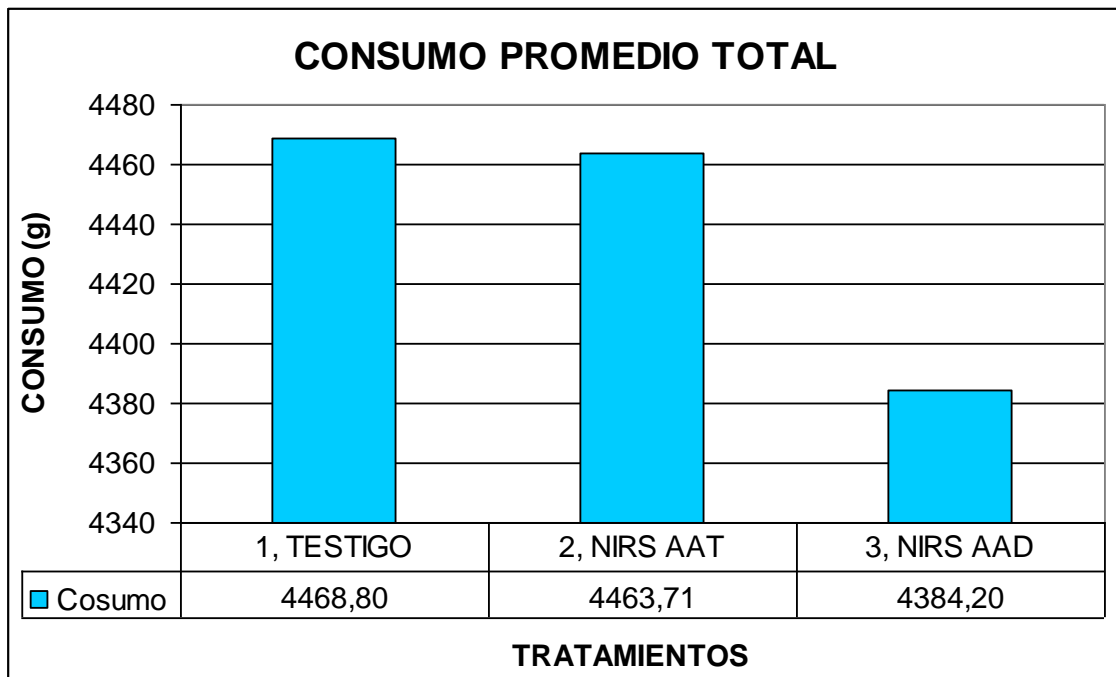


Figura 4. Consumo promedio total de pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

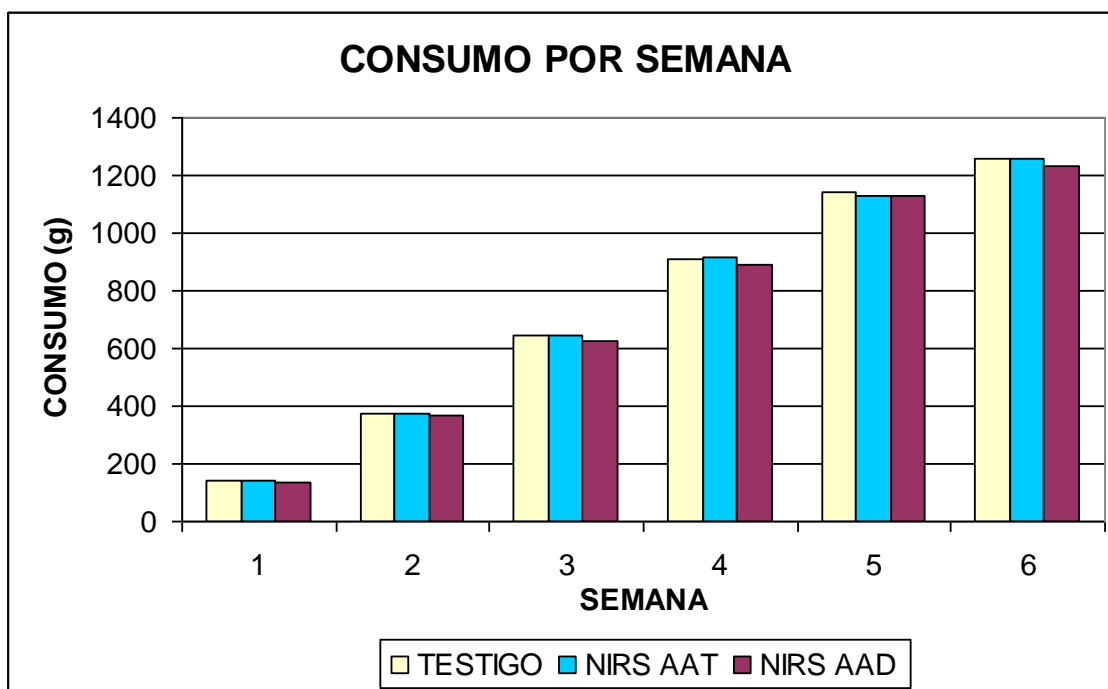


Figura 5. Consumo semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

### 3.4 Conversión alimenticia

En cuanto a conversión alimenticia acumulada a los 42 días, tampoco se presentó diferencias estadísticamente significativas entre las tres dietas evaluadas. Como se observa en el Cuadro 8 y la Figura 6, los valores de conversión alimenticia son muy similares para los tres tratamientos; sin embargo la menor conversión fue para NIRS AAT, seguido por la dieta TESTIGO y por último NIRS AAD, con la conversión más alta.

En la semana 4 y 6 se presentaron variaciones significativas ( $P \leq 0,05$ ); para la semana 4 el tratamiento NIRS AAD obtuvo la mejor conversión, mostrando diferencias significativas con el tratamiento NIRS AAT y con el TESTIGO (los cuales no presentaron variación entre ellos). En la semana 6 todos los tratamientos variaron entre sí, siendo el NIRS AAT el que presentó la conversión más baja, seguido por el TESTIGO y por último NIRS AAD con el valor más alto (Cuadro 9 y Figura 7).

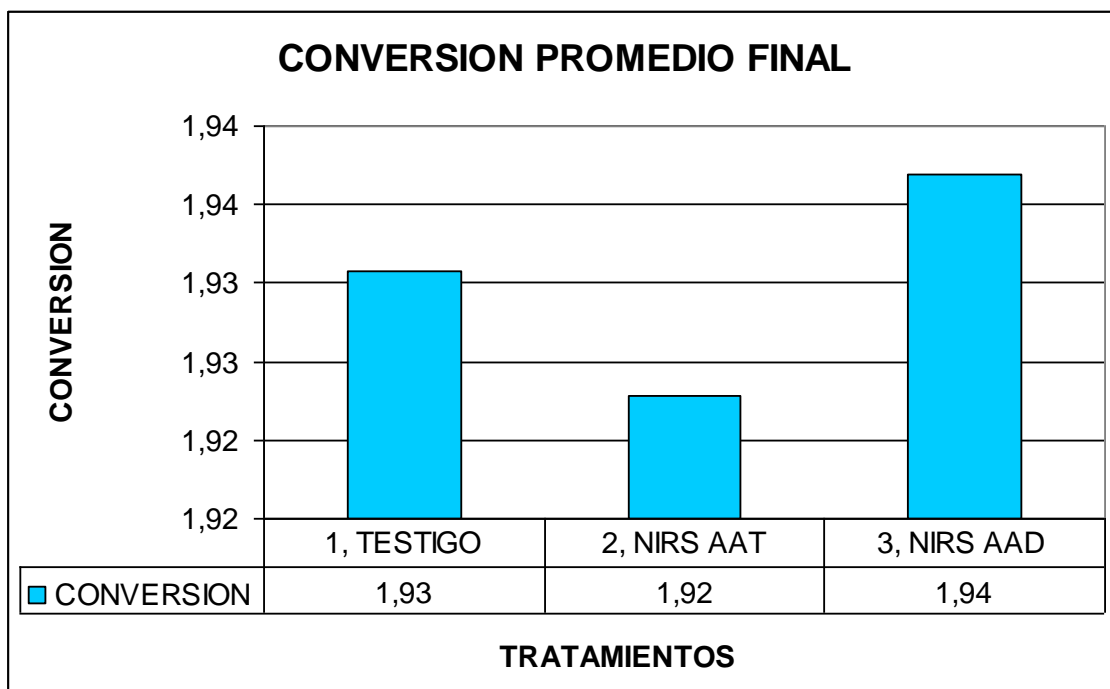


Figura 6. Conversión alimenticia promedio final de pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

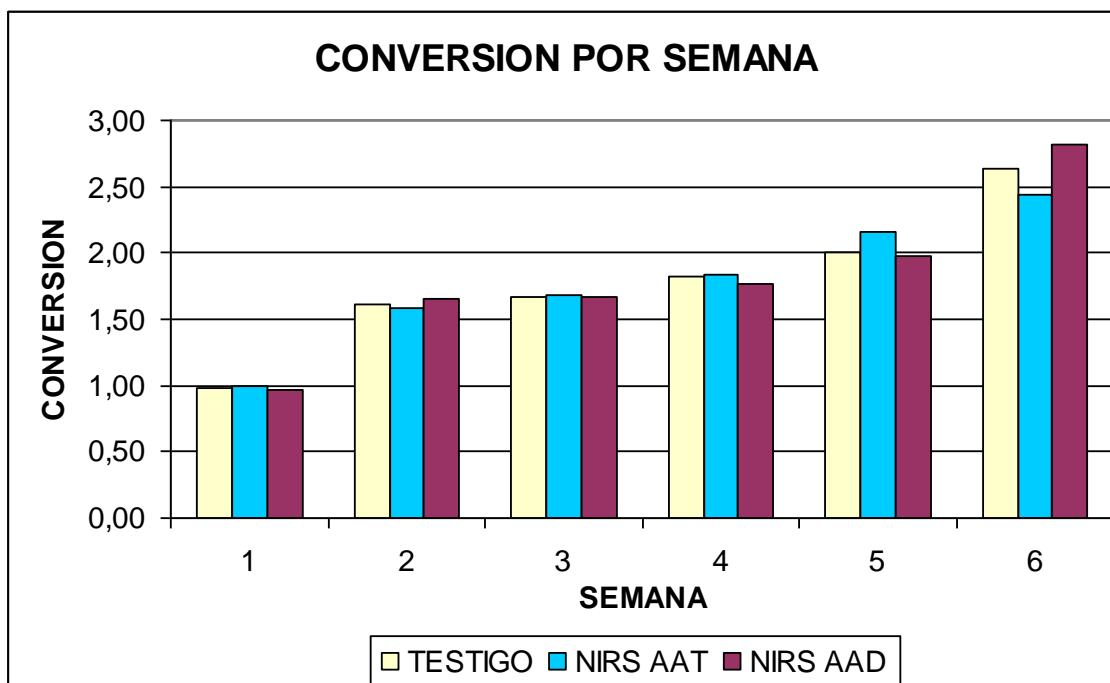


Figura 7. Conversión alimenticia semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

### 3.4 Mortalidad

La mortalidad final acumulada (Cuadro 8 y Figura 8), disminuyó respecto al TESTIGO en 7,44 % cuando se formuló por NIRS AAD y en 23,05 % al formular por NIRS AAT. La mortalidad semanal acumulada se muestra en el Cuadro 9, donde se puede observar que solo para la semana cuatro se presentaron diferencias significativas; el tratamiento TESTIGO obtuvo una mortalidad de 17,74 % por encima del NIRS AAT, mientras que el NIRS AAD tuvo un 92,74 % por arriba del anterior.

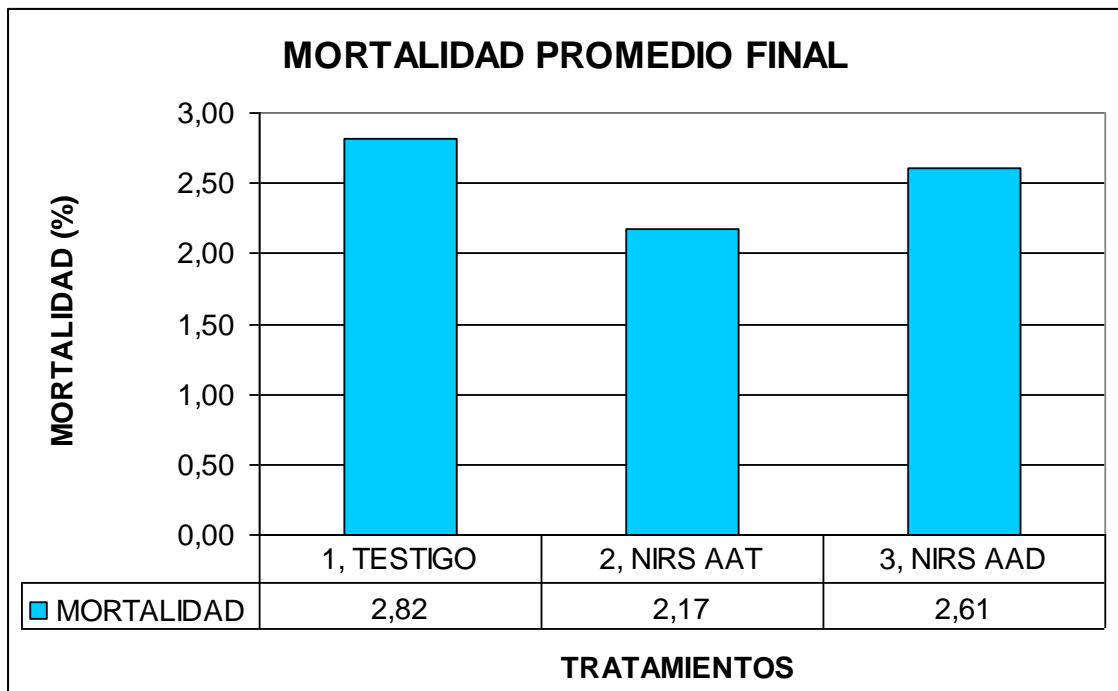


Figura 8. Mortalidad acumulada final de pollos de engorde en cada tratamiento.

### 3.5 Rendimientos en planta de proceso

Cuadro 10. Rendimiento promedio del peso en canal, peso de la pechuga y grasa abdominal de los pollos de engorde, según el tratamiento.

	TRATAMIENTOS				
	TESTIGO	NIRS AAT	NIRS AAD	Pr > F	CV <sup>1</sup>
PESO CANAL (g) <sup>2</sup>	1748,41	1754,38	1686,46	0,0928	10,33
PESO PECHUGA (g)	766,69 <sup>a</sup>	760,98 <sup>a</sup>	720,46 <sup>b</sup>	0,0198	12,20
GRASA ABDOMINAL (g)	38,63	38,89	38,41	0,9862	32,79

<sup>a-b</sup> Letras distintas por fila manifiestan diferencias significativas entre medias ( $P \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> Promedios obtenidos en la planta de proceso, de una muestra de 4 aves (2 machos y 2 hembras) de cada una de los 12 corrales por tratamiento

El peso en canal no mostró variaciones entre los tratamientos, sin embargo la dieta NIRS AAD fue la que presentó el menor rendimiento, un 4,02 y 3,67 % por debajo de la dieta NIRS AAT y TESTIGO, respectivamente. El peso de la pechuga sí presentó significancia estadística entre los tratamientos, siendo NIRS AAD el que mostró diferencias con respecto a las otras dos dietas; los tratamientos TESTIGO y NIRS AAT tuvieron un rendimiento mayor en 6,42 y 5,62 %, respectivamente. Respecto de la grasa abdominal de los pollos de engorde no se presentaron variaciones, obteniéndose resultados muy similares en las tres dietas evaluadas.

Se determinó que el sexo tuvo significancia estadística ( $P \leq 0,05$ ), sobre el rendimiento de los pollos en la planta de proceso; ya que los machos en general tuvieron un rendimiento de 16 % mayor con relación a las hembras.



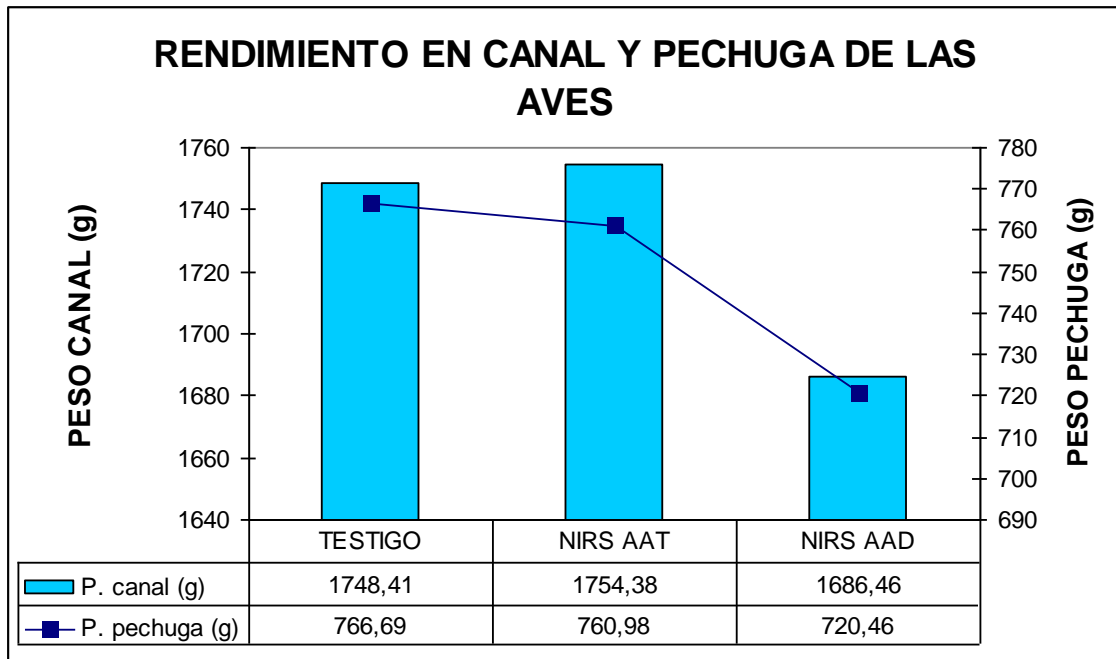


Figura 9. Rendimiento en el peso a canal y peso de la pechuga de las aves, en la planta de proceso.

### 3.6 Costos de alimentación

Los costos de alimentación se presentan en el Cuadro 11; el menor costo económico en el precio de la dieta fue para los tratamientos CONTROL y NIRS AAT, mientras que el menor costo de alimentación por kilogramo de pollo vivo fue solo para la dieta CONTROL. Mientras que la formulación con mayor costo económico fue la NIRS AAD.

Cuadro 11. Costos de alimentación al finalizar la prueba de 42 días de crecimiento, según tratamiento.

	TESTIGO	NIRS AAT	NIRS AAD
COSTO PONDERADO ALIMENTO $\phi$ /KG <sup>1</sup>	101,93	102,35	112,91
COSTO $\phi$ /KG PESO VIVO <sup>2</sup>	196,81	199,80	199,34

<sup>1</sup> Promedio ponderado obtenido según el costo del alimento por kilogramo, según cada fase de alimentación

<sup>2</sup> Promedio según el costo del consumo total promedio por pollo por parcela, entre el peso total promedio por pollo de la parcela correspondiente.



Las variables productivas evaluadas en este experimento (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad), para los tratamientos; TESTIGO, NIRS AAT Y NIRS AAD, no tuvieron variaciones significativas entre sí. Van Cauwenberghe (2001), Rostagno (2002), Leclercq (1998) y Meck et al. (1999), también encontraron que mediante la formulación de dietas con menor contenido de proteína y con el empleo de la proteína ideal, es posible la obtención de un desempeño similar al de las aves alimentadas con dietas de altos niveles proteicos y formuladas mediante aminoácidos totales y proteína bruta, sin que se encontraran diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de las variables evaluadas.

Sin embargo, los resultados encontrados en este experimento difieren de otros experimentos con pollos de engorde; Terrazas et al. (2005), en un ensayo para evaluar la formulación por aminoácidos totales (AAT) y digestibles (AAD), encontraron una menor conversión alimenticia con significancia estadística ( $P \leq 0,05$ ), para AAD. También Salete et al. (2004), realizaron una prueba para determinar el desempeño productivo de pollos, comparando una dieta formulada con base a proteína bruta (PB) versus proteína ideal (PI); encontrando que las aves tenían un mejor rendimiento con las dietas PI, con diferencia estadística (nivel de significancia del 10 % de probabilidad) en el peso y en la conversión alimenticia, para todas las fases del experimento; según ellos, quizás debido a un mejor balance de energía/aminoácidos en las dietas PI.

Salete et al. (2004), reportaron que los pollos que consumieron una dieta bajo el concepto de proteína ideal, ganaron 5,5 % más peso y tuvieron una conversión superior 7,2 % respecto a los que consumieron una dieta formulada por proteína bruta. Contradictoriamente estos resultados no concuerdan con los obtenidos en esta prueba, ya que el tratamiento NIRS AAD, presentó la menor ganancia de peso 4,55 y 2,23 % por debajo del NIRS AAT y el TESTIGO respectivamente, al igual para la conversión

alimenticia final (Cuadro 8), si bien con un valor muy similar en todos los tratamientos, la dieta NIRS AAD fue la menos eficiente.

Leclercq (1998), también obtuvo un rendimiento menor de hasta 2 % en la conversión alimenticia y de 4 % en el peso, para una dieta formulada por proteína ideal. Según Cauwenberghe (2001), ésta disminución en la conversión y en el peso aún necesita ser explicado, ya que a menudo se observa esta tendencia; según este autor una deficiencia de fenilalanina y de aminoácidos no-esenciales pueden ser las razones para la leve disminución en el desempeño. Para entender mejor las exigencias de los aminoácidos esenciales secundarios (valina, isoleucina, arginina, fenilalanina), es necesario más investigación sobre el impacto de los aminoácidos no-esenciales, más aún si se desea disminuir en mayor proporción, los niveles de proteína de las dietas de las aves de corral.

En la semana 4 es donde se presentan los mejores resultados para el tratamiento NIRS AAD, encontrándose variación significativa ( $P \leq 0,05$ ) para la conversión alimenticia. Las variables ganancia de peso y consumo fueron superiores a las otras dos dietas evaluadas (Cuadro 9). Mientras que para la semana 6 se presentaron los peores rendimientos para la dieta NIRS AAD; reportando diferencias estadísticamente significativas para la ganancia de peso y para la conversión alimenticia. Respecto a estas diferencias Zuprizal et al. (1991), citado por Machado y Penz (1993), demostró que aves cerca de las 3 semanas de edad, presentan coeficientes de digestibilidad verdadera de los aminoácidos superiores a los encontrados a las 6 semanas de edad.

La razón anterior, expuesta por Zuprizal, también puede esclarecer el por qué se presentó una tendencia a mejorar las variables de producción, para el tratamiento NIRS AAD en las semanas 3 y 4, con la dieta de desarrollo (C2). Sin embargo, otra razón que también debe considerarse en relación a estos resultados, es el hecho de que las materias primas utilizadas para la elaboración del alimento de desarrollo, pudieron haber

presentado mejores coeficientes de digestibilidad, en comparación a las materias primas de las otras etapas de crecimiento; bajo el supuesto que el laboratorio Adisseo en Brasil, pudiera presentar algún error en los resultados utilizados para la formulación de las dietas en el presente ensayo. Se sabe que la digestibilidad de los aminoácidos no es un valor constante en cada alimento. En realidad, el coeficiente de variación es del 4 al 6% para lisina y aminoácidos azufrados en la harina de soya, pero puede llegar a ser del 10 al 15% para productos tales como la harina de carne, Degussa (1992).

Al ser la conversión alimenticia la mejor para las aves durante las primeras 5 semanas usando el concepto de proteína ideal, respecto a los otros dos tratamientos, se evidencia un efecto positivo en la utilización de aminoácidos sintéticos durante casi todos los primeros estadios de desarrollo de las aves; pero con el inconveniente de que en la semana 6 todo este efecto es contrareestado, debido a una drástica disminución de la eficiencia en la conversión alimenticia.

A este respecto se ha mencionado que sobre las bases de consumo diario, las necesidades netas de los aminoácidos aumentan casi en paralelo, lo que significa que la relación aminoácidos azufrados:lisina aumenta con la edad del ave. En aves jóvenes este índice sería 65:100 y pasaría a 80:100 o incluso más en aves de 5 a 6 semanas de edad, Fisher (1993). Por esta razón se hace preponderante evaluar cambios en la formulación de la dieta para esta última semana o bien, determinar qué efectos pueden influir en este comportamiento, para futuros experimentos.

Para esta prueba los mejores resultados para ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad, se obtuvieron con el tratamiento formulado con base en aminoácidos totales y con los datos de NIRS obtenidos de las materias primas (NIRS AAT), ajustados a partir de recomendaciones de requerimientos nutricionales de Cobb-Vantress; lo que puede sugerir que para las condiciones ambientales y de las instalaciones en que se realizó esta prueba, resulta más provechoso formular por aminoácidos totales, pero ajustando la ración con aminoácidos sintéticos

comerciales, según la calidad nutricional de las materias primas utilizadas en el momento de hacer dicho alimento.

En cuanto al rendimiento obtenido en la planta de proceso, también el tratamiento NIRS AAT, fue el que obtuvo los mejores resultados en el peso a canal y en el peso de la pechuga, con diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). Referente a esto se sabe que un aumento de la concentración de lisina sobre las necesidades para ganancia de peso puede inducir a un mayor peso de la pechuga. Por ello, las necesidades de lisina son mayores cuando se utiliza como criterio el peso de la pechuga en lugar de la ganancia de peso.

En este experimento el tratamiento NIRS AAD, presentó los menores rendimientos en el peso de la pechuga. Pudiéndose justificar en parte, por el hecho de que fue también el tratamiento con menor porcentaje de machos; ya que estos presentaron rendimientos mayores, alrededor de un 16 % con relación a las hembras. A este respecto Wallins y Balnave (1984) y Zuprizal et al. (1993), han reportado discrepancias consistentes para el sexo; de igual forma han sugerido que parte de estas discrepancias se pueden deber a que hay diferencias en el coeficiente de digestibilidad verdadera de los aminoácidos entre pollos machos y hembras, tanto a los 21 días como a los 42.

Así mismo y a pesar de que en este experimento la formulación por proteína ideal y aminoácidos digestibles no obtuvo los mejores resultados, existe literatura abundante que muestra, que este tipo de formulación promueve efectos positivos sobre los rendimientos productivos, además disminuye la contaminación debida a la excreción de nutrientes en especial el nitrógeno y tiene ventajas sobre los otros métodos utilizados, ya que mejora la precisión para llenar los requerimientos de los animales



1. La ganancia de peso, el consumo de alimento, conversión alimenticia y la mortalidad acumulada a los 42 días de edad de los pollos en el experimento, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P \geq 0,05$ ), para ninguno de los tratamientos.
2. El uso del concepto de proteína ideal para la formulación de dietas, provoca mejoras en la conversión alimenticia durante las primeras cinco semanas de crecimiento en las aves, pero ésta se ve muy disminuida para la última semana.
3. La formulación por aminoácidos digestibles resultó ser la dieta más costosa, resultando en un aumento en los costos por concepto de alimentación. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, por lo que dependerá de la empresa determinar cuál dieta es la más rentable, de acuerdo con sus objetivos y al mercado al cual se dirijan.
4. La utilización del análisis por espectrofotometría infrarroja cercana (NIRS), para la formulación de dietas nutricionales, podría ser una herramienta valiosa, ya que asegura el control de la calidad nutricional de alimentos y materias primas de forma rápida y precisa, lo que mejora la exactitud en el balance de la dieta.
5. La reducción proteica con suplementación de aminoácidos no necesariamente es económicamente viable. Primero porque hay un límite para disminuir la proteína bruta de la dieta sin que afecte negativamente el desempeño o el rendimiento de la canal. Segundo, porque la viabilidad económica de la dieta con baja proteína, suplementada con aminoácidos sintéticos, depende del precio y de la disponibilidad de las fuentes proteicas y aminoácidos sintéticos, por lo que hay que considerar, entonces, la formulación de menor costo-beneficio. Además, esta relación puede ser rápidamente alterada por la instauración de normas de protección ambiental que aumenten los impuestos de las granjas con mayor producción de contaminantes.





1. Es muy importante realizar más ensayos que busquen determinar diferencias en los distintos métodos de formulación, a fin de esclarecer las ventajas o desventajas de la formulación por el concepto de proteína ideal con aminoácidos digestibles; ya que al parecer esta presenta mejorías, pero que son difíciles de estimar debido a su poca variación; por lo que se necesita un número grande de resultados, para obtener variaciones estadísticamente significativas.
2. En próximos estudios se recomienda evaluar y comparar la base de datos de aminoácidos totales y digestibles con que cuenta la empresa, respecto a otras existentes internacionalmente, como la de Degussa o IDEA de Novus.
3. Se sugiere realizar estudios de campo en donde se hagan las pruebas por separado para machos y hembras, ya que se encontró que estos presentan rendimientos estadísticamente diferentes, y además se cuenta con conocimiento actual de que presentan variaciones en el consumo de alimento y las necesidades nutricionales.



- ACHÍO, H. *Evaluación de la bioequivalencia del hidroxianálogo ácido libre de la metionina (MHA-FA) con respecto a la DL-Metionina en pollos de engorde*. Tesis. Universidad de Costa Rica; Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 1992.
- BAKER, D.H. y HAN, Y. *Proc. Degussa Technical Symp. & California Nutr. Conf.*, Fresno, May 12/13, p. 21-24. 1994.
- BOLAÑOS, O.R. *Efecto de la suplementación con DL-Metionina a dietas para pollos parrilleros que contienen harina de subproductos avícolas (tortave)*. Tesis. Universidad de Costa Rica; Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 1985.
- BOORMAN, K.N. y BURGESS, A.D. *En: Nutrient requirements of poultry and nutritional research*, Butterworths, p 99-123. 1985.
- CAMPABADAL, C. *Utilización adecuada de los ingredientes en la alimentación animal*. Revista ECAG informa; Edición Nº 31, Enero-Marzo, p 30-35. 2005.
- DEGUSSA. *Digestible Amino Acids in Feedstuffs for Poultry* Degussa AG, Applied Technology Feed Additives, Hanau, Germany. 1992.
- FERGUSON, N.S.; GATES, R.S.; TARABA, J.L.; et al. *The effect of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers*. Poultry Science.77:1085-1093. 1998 (a).
- FERGUSON, N.S.; GATES, R.S.; TARABA, J.L.; et al. *The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration and litter composition in broilers*. Poultry Science. 77:1481-1487. 1998 (b).
- FERKET, P.R.; VAN HEUGTEN, E.; VAN KEMPEN, T.L. and ANGEL, R. *Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants*. Journal Animal Science.80 (E. Suppl.2):E168-E182. 2002.
- FISHER, C. *The N-economy of poultry: prospects for reducing waste by nutritional means*. 2nd Belgian Days On Pigs and Poultry, Brugge, Feb. P 17-19. 1993.
- GARRIDO, A.; GÓMEZ, A.; GUERRERO J.; FERNÁNDEZ V. *NIRS: una tecnología de apoyo para un servicio integral en alimentación animal*. Dpto. Producción Animal. Universidad de Córdoba. XII Curso de Especialización FEDNA, Madrid 7 y 8 de Noviembre de 1996.
- HAHN, J.D., BAKER, D.H. *Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine*. Journal Animal Science. Vol 73, 482-489. 1995.

- HUYGHEBAERT, G. y PACK, M. *Proc. 9th Europ. Poultry Conf.*, Glasgow, August 7-12, Vol. 1, p 465-466. 1994.
- JOHNS, D.C.; LOW, C.K.; SEDCOLES, J.R.; JAMES, K.A.C. *Determination of aminoacids*. *British Poultry Science*. 27: 451-461. 1986.
- LECLERCQ, B. *Specific effects of lysine in broiler production: comparison with threonine and valine*. *Poultry Science*. 77: 118-123. 1997.
- LECLERCQ, B. *Interaction entre teneur en protéines brutes et teneur en lysine chez le poulet de chair entre 19 et 40 jours*. INRA trial report. 1998.
- LEESON S.; SUMMERS J.D.; DÍAZ G.J. *Nutrición aviar comercial*. Santafé de Bogota, D.C. Colombia. 2000.
- MACHADO LEAL, R.A., Y PENZ, A.M. *Digestibilidad de los aminoácidos*. Universidad Federal de Río Grande del Sur. Facultad de Agronomía. Porto Alegre, Brasil. 1993.
- MACK, S.; BERCOVICI, D.; DE GROOTE, G.; LECLERCQ, B.; LIPPENS, M.; PACK, M.; SCHUTTE, J.B. Y VAN CAUWENBERGHE, S. *Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age*. *British Poultry Science*. 40:257-265. 1999.
- MORALES, J.E. *Evaluación en aminoácidos digestibles en ingredientes y el comportamiento productivo de pollos de engorda y gallinas de postura con dietas en base a aminoácidos totales, y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal*. Tesis. Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Postgrado Interinstitucional en Ciencia Pecuarias. México. 1999.
- MORRIS, T.R., GOUS, R.M. y ABEBE, S. *Effects of dietary protein concentration on the response of growing chicks to methionine*. *British Poultry Science*. 33: 795-803. 1992.
- NITSAN, Z., DVORIN, A. y NIR, I. *Composition and amino acid content of carcass, skin and feathers of the growing gosling*. *British Poultry Science*. 22: 79-84. 1981.
- PARSONS, C.M. *Protein quality and amino acid digestibility of animal protein meals*. Multi-State Poultry meeting. 1999.
- PARSONS, C.M Y BAKER, D.H. *Simpósio internacional de produção de não ruminantes*. Anais da XXXI Reunião Anual da SBZ. 1994.
- PARSONS, C.M.; HASHIMOTO, K.; WEDEKIND, K.J.; HAN, Y.; BAKER, D.H. *Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal*. *Poultry Science*. 71: 133-140. 1992.

- PENZ A. *Avances en la alimentación de monogástricos: aves*. XIV Curso de Especialización. Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 1999.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.; NUNES, R.V. *Utilización de dietas vegetales con diferentes niveles de proteína en la alimentación de pollos de engorde*. Ver. Brás. Ciência Avícola, Suplemento 4. P.50, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; DIONIZIO, M.L.; PAEZ, L.E.; BUTERI C.B.; Y ALBINO, L.F. *Impacto de la nutrición de pollos de engorde sobre el medio ambiente* Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Vinosa, Brasil. 2004.
- SALETE, G.; LÓPEZ, J.; TABAJARA, P.; SOUZA, H. *Aplicação dos conceitos de proteína bruta e proteína ideal sobre o desempenho de frangos de corte machos e fêmeas criados no inverno*. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1927-1931, nov-dic. 2004.
- SAS. Procedimiento GLM del paquete estadístico. 2003.
- TERRAZAS, M.M.; AVILA, E.; CUCA, M.; NOLASCOO, H. *Efecto de la incorporación de harina de pescado con distinto grado de cocción a dietas para pollos de engorda formuladas a un perfil de aminoácidos digestibles*. Tec. Pec. México, 43 (3): 297-308. 2005.
- VAN CAUWENBERGHE, S.; BURNHAM, D. *Nuevos desarrollos sobre aminoácidos y proteínas en la nutrición de las aves de corral, relacionados a un desempeño óptimo y a una excreción reducida de nitrógeno*. 13th Eur. Symposium. Poultry Nutrition, Blankenberge, Belgium. Oct 2001.
- WALLIS, I.R. y BALNAVE, D. *The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chicken*. Poultry Science. 25: 401-407. 1984.
- ZUPRIZAL; LARBIER, M.; CHAGNEAU, A.M.; GERAERT, P.A. *Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers*. Poultry Science. 72: 289-295. 1993.



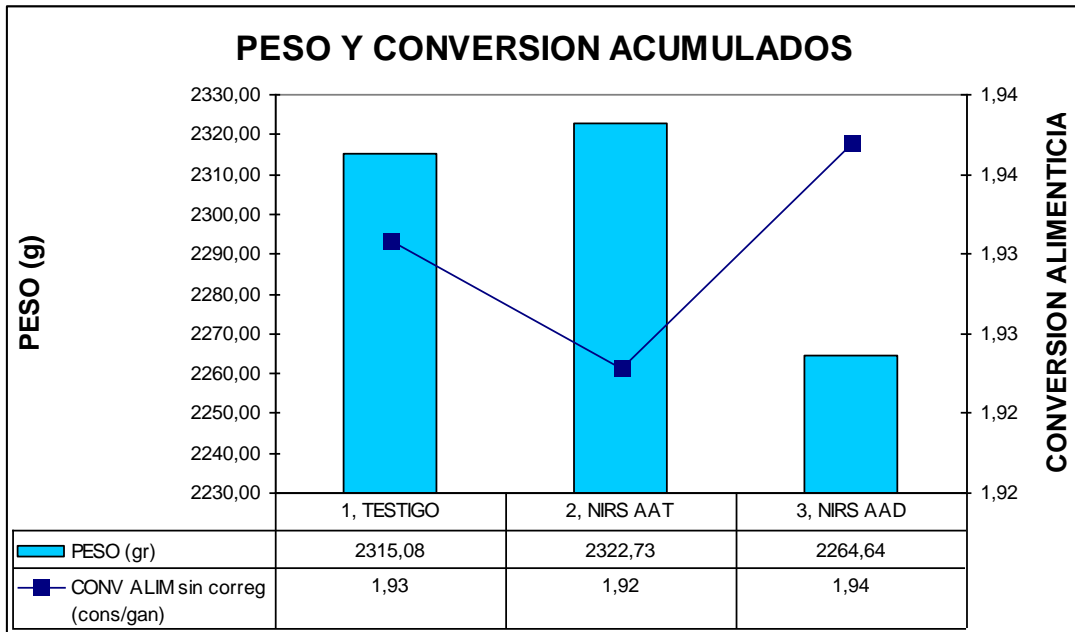


Figura 1.1. Peso y conversión alimenticia acumulados al final del periodo de experimentación.

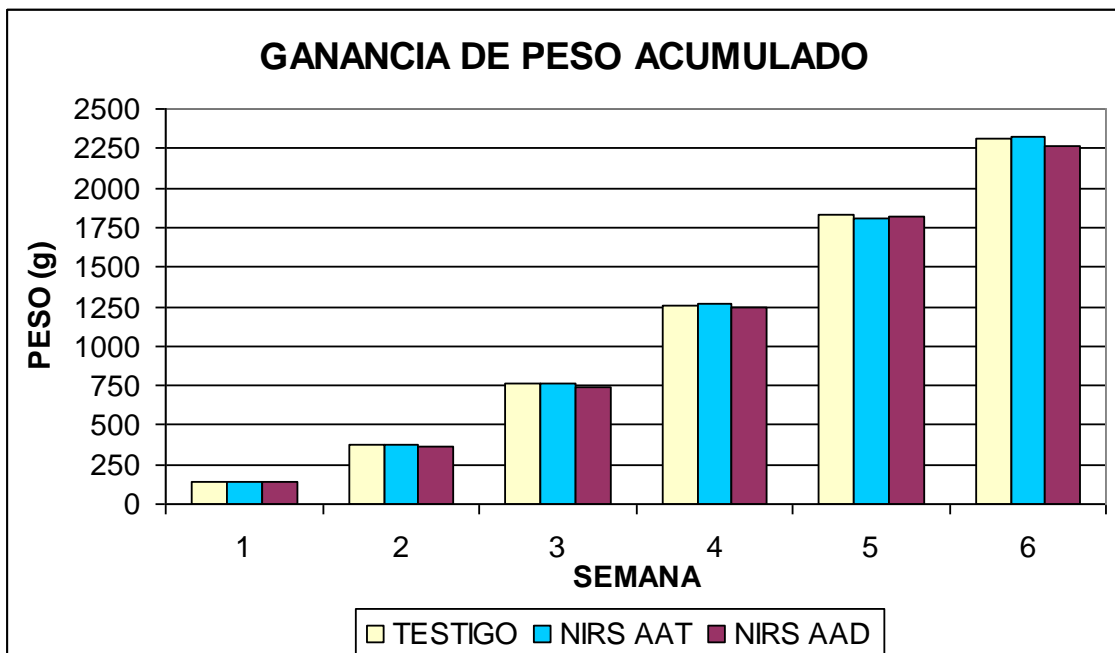


Figura 1.2. Ganancia de peso acumulado semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.



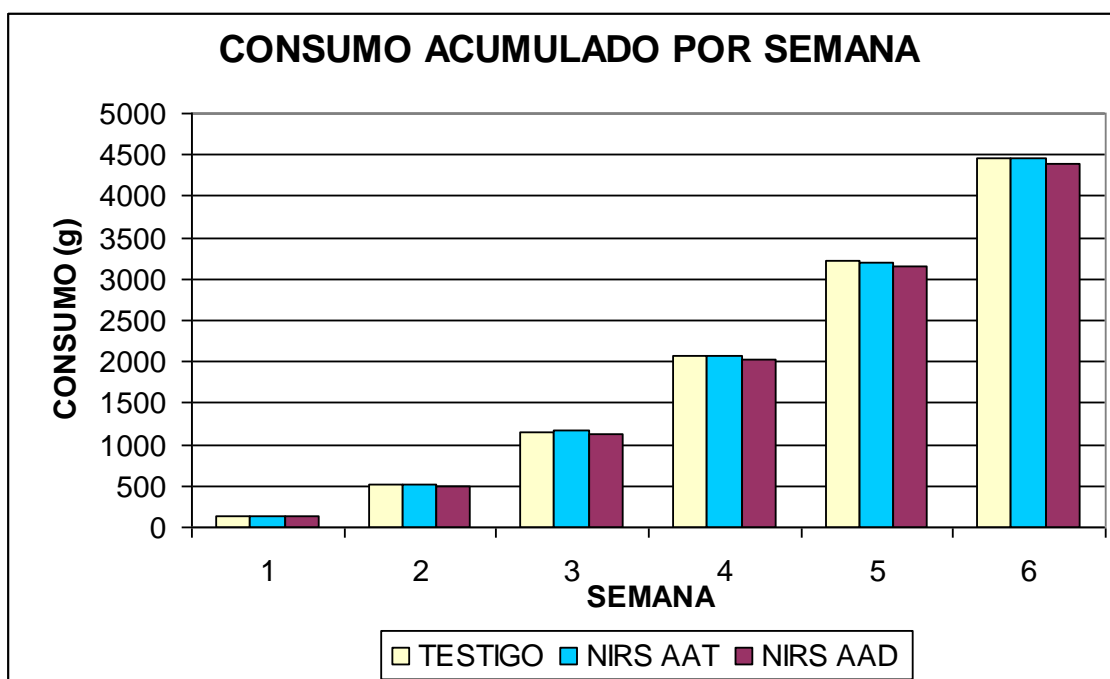


Figura 1.3. Consumo acumulado semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

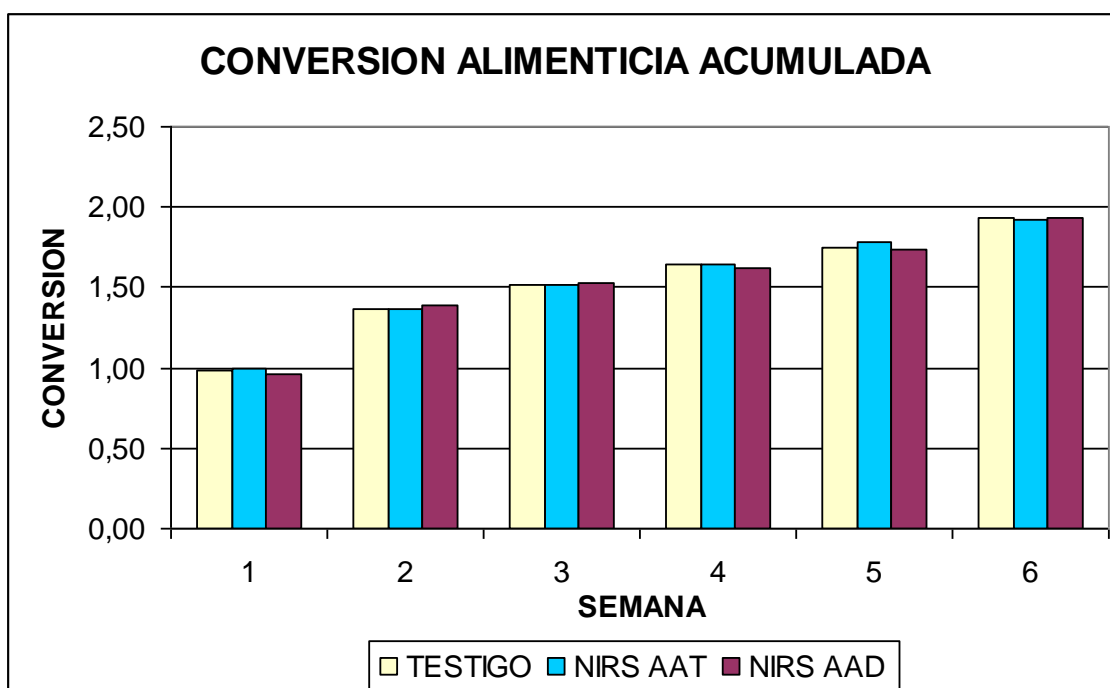


Figura 1.4. Conversión alimenticia acumulada semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

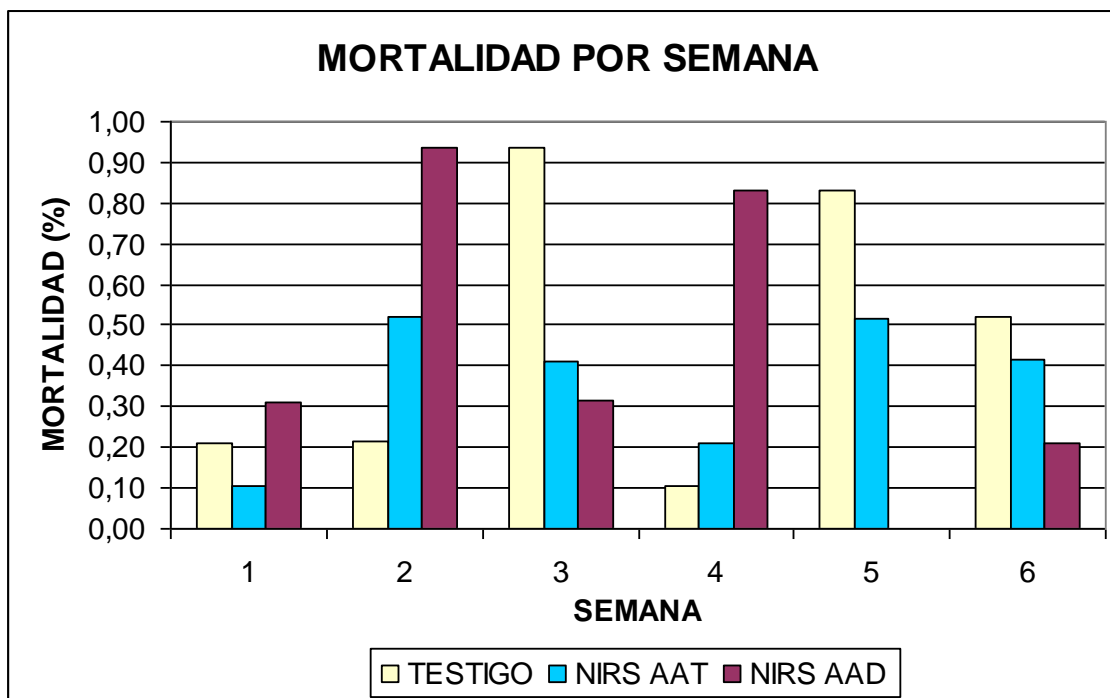


Figura 1.5. Mortalidad por semana de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.

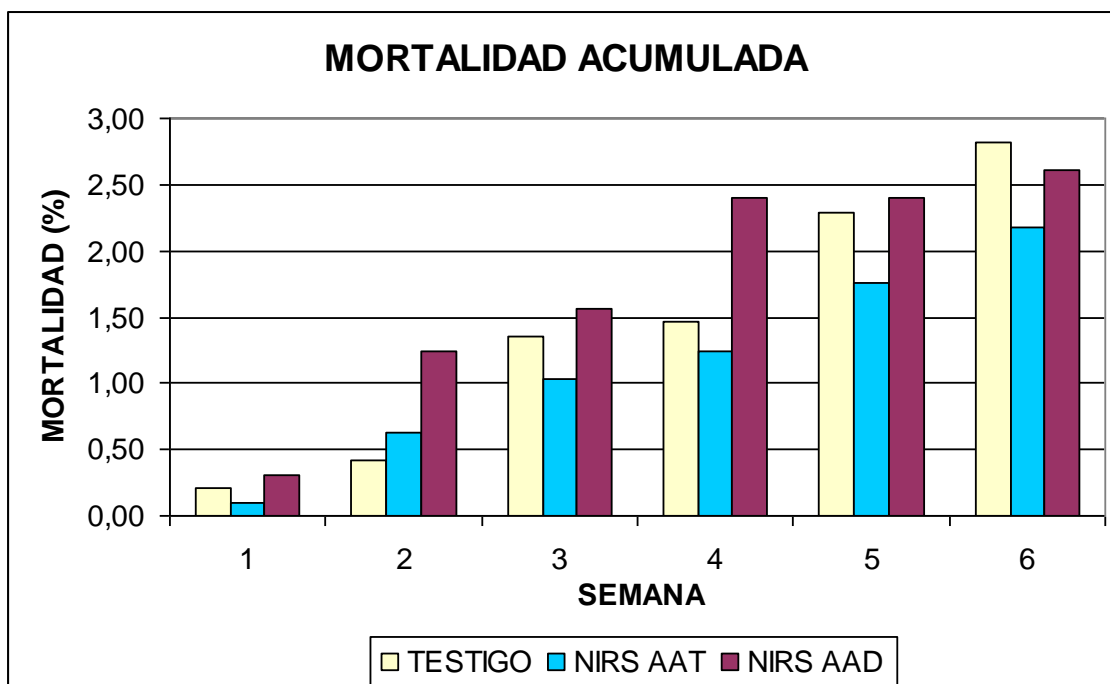


Figura 1.6. Mortalidad acumulada semanal de los pollos de engorde con dietas formuladas con AAT o AAD estimados por NIRS.



Cuadro 2.1. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 1

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	581,380253	83,054322	4,21	0,0028
Error	28	552,083578	19,717271		
Total	35	1133,463831			
		R. Cuadrado 0,512924	C.V. 3,104889		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	40,7457389	20,3728694	1,03	0,3690
Bloque	5	540,6345239	108,1269028	5,48	0,0012

Cuadro 2.2. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 2

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	2609,724150	372,817736	2,17	0,0682
Error	28	4806,177550	171,649198		
Total	35	7415,901700			
		R. Cuadrado 0,351900	C.V. 5,682755		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	992,171150	496,085575	2,89	0,0723
Bloque	5	1617,553000	323,510600	1,88	0,1289

Cuadro 2.3. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 3

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	4586,451078	655,207297	4,69	0,0014
Error	28	3910,450544	139,658948		
Total	35	8496,901622			
		R. Cuadrado 0,539779	C.V. 3,082334		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	1296,381489	648,190744	4,64	0,0182
Bloque	5	3290,069589	658,013918	4,71	0,0030

Cuadro 2.4. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 4

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	1363,100750	194,728679	0,77	0,6201
Error	28	7117,625150	254,200898		
Total	35	8480,725900			
		R. Cuadrado 0,160729	C.V. 0,182657		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	414,7991167	207,3995583	0,82	0,4525
Bloque	5	948,3016333	189,6603267	0,75	0,5957

Cuadro 2.5. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 5

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	27086,37552	3869,48222	2,01	0,0901
Error	28	54032,25618	1929,72343		
Total	35	81118,63170			
		R. Cuadrado 0,333911	C.V. 7,825186		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	9428,06287	4714,03144	2,44	0,1052
Bloque	5	17658,31265	3531,66253	1,83	0,1393

Cuadro 2.6. Análisis de varianza de los tratamientos para la ganancia de peso en la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	53721,6424	7674,5203	2,53	0,0376
Error	28	84865,1453	3030,8980		
Total	35	138586,7877			
		R. Cuadrado 0,387639	C.V. 11,43317		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	32221,82011	16110,91005	5,32	0,0110
Bloque	5	21499,82225	4299,96445	1,41	0,2481

Cuadro 2.7. Análisis de varianza de los tratamientos para el peso acumulado de los pollos hasta la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	41572,6600	5938,9514	1,21	0,3278
Error	28	136959,1999	4891,4000		
Total	35	178531,8599			
		R. Cuadrado 0,232858	C.V. 3,039728		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	23910,69521	11955,34760	2,44	0,1051
Bloque	5	17661,96482	3532,39296	0,72	0,6124

Cuadro 2.8. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 1

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	572,961186	81,851598	1,53	0,1987
Error	28	1500,145911	53,576640		
Total	35	2073,107097			
		R. Cuadrado 0,276378	C.V. 5,217658		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	223,757389	111,8628694	2,09	0,1428
Bloque	5	349,2354472	69,8470894	1,30	0,2907

Cuadro 2.9. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 2

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	6805,23251	972,17607	3,38	0,0097
Error	28	8057,75317	287,77690		
Total	35	14862,98567			
		R. Cuadrado 0,457864	C.V. 4,559099		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	288,068617	144,034308	0,50	0,6115
Bloque	5	6517,163892	1303,432778	4,53	0,0038

Cuadro 2.10. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 3

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	28076,98025	4010,99718	9,16	0,0001
Error	28	12255,92375	437,71156		
Total	35	40332,90400			
		R. Cuadrado 0,696131	C.V. 3,276759		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	4393,26022	2196,63011	5,02	0,0137
Bloque	5	23683,72003	4736,74401	10,82	0,0001

Cuadro 2.11. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 4

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	33488,44928	4784,06418	4,95	0,0010
Error	28	27055,73971	966,27642		
Total	35	60544,18899			
		R. Cuadrado 0,553124	C.V. 3,436208		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	3522,49682	1761,24841	1,82	0,1802
Bloque	5	29965,95246	5993,19049	6,20	0,0005

Cuadro 2.12. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 5

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	12619,77119	1802,82446	0,80	0,5928
Error	28	62965,46238	2248,76651		
Total	35	75585,23356			
		R. Cuadrado 0,166961	C.V. 4,181085		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	1442,63754	721,31877	0,32	0,7282
Bloque	5	11177,13365	2235,42673	0,99	0,4392

Cuadro 2.13. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de las aves en la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	19711,19976	2815,88568	1,59	0,1790
Error	28	49540,66023	1769,30929		
Total	35	69251,85999			
		R. Cuadrado 0,284631	C.V. 3,367125		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	4084,09274	2042,04637	1,15	0,3299
Bloque	5	15627,10702	3125,42140	1,77	0,1524

Cuadro 2.14. Análisis de varianza de los tratamientos para el consumo de alimento acumulado hasta la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	381911,3532	54558,7647	5,22	0,0007
Error	28	292913,3298	10461,1904		
Total	35	674824,6830			
		R. Cuadrado 0,565942	C.V. 2,304172		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	54017,0378	27008,5189	2,58	0,0935
Bloque	5	327894,3154	65578,8631	6,27	0,0005

Cuadro 2.15. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 1

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,00624444	0,00089206	0,44	0,8692
Error	28	0,05691111	0,00203254		
Total	35	0,06315556			
		R. Cuadrado 0,098874	C.V. 4,595167		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,00402222	0,00201111	0,99	0,3844
Bloque	5	0,00222222	0,00044444	0,22	0,9515



Cuadro 2.16. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 2

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,12104444	0,01729206	3,66	0,0063
Error	28	0,13227778	0,00472421		
Total	35	0,25332222			
		R. Cuadrado 0,477828	C.V. 4,250057		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,02375556	0,01187778	2,51	0,0990
Bloque	5	0,09728889	0,01945778	4,12	0,0063

Cuadro 2.17. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 3

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,25921111	0,03703016	16,45	0,0001
Error	28	0,06301111	0,00225040		
Total	35	0,32222222			
		R. Cuadrado 0,804448	C.V. 2,844405		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,00095556	0,00047778	0,21	0,8100
Bloque	5	0,25825556	0,05165111	22,95	0,0001

Cuadro 2.18. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 4

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,17678333	0,02525476	7,46	0,0001
Error	28	0,09481667	0,00338631		
Total	35	0,27160000			
		R. Cuadrado 0,650896	C.V. 3,220960		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,03661667	0,01830833	5,41	0,0103
Bloque	5	0,14016667	0,02803333	8,28	0,0001

Cuadro 2.19. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 5

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,60202500	0,08600357	1,06	0,4137
Error	28	2,27045000	0,08108750		
Total	35	2,87247500			
		R. Cuadrado 0,209584	C.V. 13,94167		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,24180000	0,12090000	1,49	0,2425
Bloque	5	0,36022500	0,07204500	0,89	0,5020

Cuadro 2.20. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia en semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	1,56173611	0,22310516	3,01	0,0172
Error	28	2,07249444	0,07401766		
Total	35	3,63423056			
		R. Cuadrado 0,429730	C.V. 10,33037		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,85908889	0,42954444	5,80	0,0078
Bloque	5	0,70264722	0,14052944	1,90	0,1264

Cuadro 2.21. Análisis de varianza de los tratamientos para la conversión alimenticia acumulada hasta la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,03738611	0,00534087	1,60	0,1768
Error	28	0,09351111	0,00333968		
Total	35	0,13089722			
		R. Cuadrado 0,285614	C.V. 2,993869		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,00093889	0,00046944	0,14	0,8695
Bloque	5	0,03644722	0,00728944	2,18	0,0846

Cuadro 2.22. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 1

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	0,25646111	0,03663730	0,14	0,9945
Error	28	7,51556111	0,26841290		
Total	35	7,77202222			
		R. Cuadrado 0,032998	C.V. 249,3461		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,25627222	0,12813611	0,48	0,6254
Bloque	5	0,00018889	0,00003778	0,00	1,0000

Cuadro 2.23. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 2

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	8,21992778	1,17427540	1,79	0,1286
Error	28	18,35292778	0,65646171		
Total	35	26,57285556			
		R. Cuadrado 0,309336	C.V. 145,5835		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	3,15660556	1,57830278	2,41	0,1084
Bloque	5	5,06332222	1,01266444	1,54	0,2081

Cuadro 2.24. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 3

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	7,16442778	1,02348968	1,30	0,2887
Error	28	22,12116111	0,79004147		
Total	35	29,28558889			
		R. Cuadrado 0,244640	C.V. 170,7489		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	3,12950556	1,56475278	1,98	0,1569
Bloque	5	4,03492222	0,80698444	1,02	0,4240

Cuadro 2.25. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 4

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	5,49048333	0,78435476	1,41	0,2399
Error	28	15,55621667	0,55557917		
Total	35	21,04670000			
		R. Cuadrado 0,260871	C.V. 195,2939		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	3,72361667	1,86180833	3,35	0,0496
Bloque	5	1,76686667	0,35337333	0,64	0,6740

Cuadro 2.26. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 5

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	13,29961944	1,89994563	2,50	0,0394
Error	28	21,25021111	0,75893611		
Total	35	34,54983056			
		R. Cuadrado 0,384940	C.V. 194,1926		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	4,22103889	2,11051944	2,78	0,0791
Bloque	5	9,07858056	1,81571611	2,39	0,0630

Cuadro 2.27. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad en la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	1,96492778	0,28070397	0,42	0,8818
Error	28	18,73209444	0,66900337		
Total	35	20,69702222			
		R. Cuadrado 0,094938	C.V. 235,1865		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	0,59807222	0,29903611	0,45	0,6440
Bloque	5	1,36685556	0,27337111	0,41	0,8387

Cuadro 2.28. Análisis de varianza de los tratamientos para la mortalidad acumulada hasta la semana 6

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	7	41,1658417	5,8808345	1,28	0,2963
Error	28	128,7434333	4,5979798		
Total	35	169,9092750			
		R. Cuadrado 0,242281	C.V. 87,07777		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	4,70061667	2,35030833	0,51	0,6053
Bloque	5	36,46522500	7,29304500	1,59	0,1964

Cuadro 2.29. Análisis de varianza de los tratamientos para peso a canal en planta de proceso

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	3434624,999	429328,125	13,44	0,0001
Error	131	4183683,601	31936,516		
Total	139	7618308,600			
		R. Cuadrado 0,450838	C.V. 10,32924		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	154599,586	77299,793	2,46	0,0928
Bloque	5	200646,758	40129,352	1,26	0,2867

Cuadro 2.30. Análisis de varianza de los tratamientos para peso de la pechuga en planta de proceso

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	666617,971	83327,246	9,96	0,0001
Error	131	1095792,200	8364,826		
Total	139	1762410,171			
		R. Cuadrado 0,378242	C.V. 12,19645		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	67631,5643	33815,7821	4,04	0,0198
Bloque	5	62656,6761	12531,3352	1,50	0,1948

Cuadro 2.31. Análisis de varianza de los tratamientos para grasa abdominal en planta de proceso

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	1363,54591	170,44324	1,06	0,3943
Error	131	21040,30409	160,61303		
Total	139	22403,85000			
		R.Cuadrado 0,060862	C.V. 32,78996		
Fuente	Grados de libertad	Tipo IV SS	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	2	4,4716487	2,2358243	0,01	0,9862
Bloque	5	945,7635056	189,1527081	1,18	0,3236