



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

---

**Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su  
efecto sobre el rendimiento**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Autor**

**Bach. Zapata Olaya, Carlos Enrique**

**Asesor**

**Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.**  
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

**Lambayeque**

**[26/05/2006]**

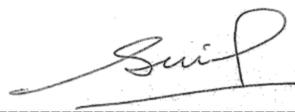
**Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su efecto sobre el crecimiento**

**TESIS**  
**Para optar el título profesional de**  
**INGENIERO ZOOTECNISTA**  
**Autor**

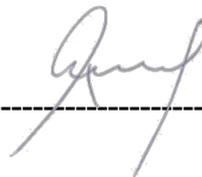
**Zapata Olaya, Carlos Enrique**

**Sustentada y aprobada ante**  
**el siguiente jurado**

**Ing. Aguilar Patilongo, Carolina Bernardina**  
**Presidenta**



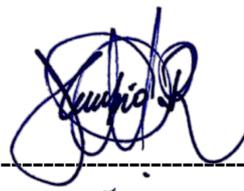
**Ing. Romero Rentería, José Victorino, M. Sc.**  
**Secretario**



**Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.**  
**Vocal**



**Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.**  
**Patrocinador**



## Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su efecto sobre el rendimiento

### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.zootecnia.ucr.ac.cr">www.zootecnia.ucr.ac.cr</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="http://www2.unprg.edu.pe">www2.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://cip.org.pe">cip.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://revistas.ucv.edu.pe">revistas.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	

Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos  
Asesor

## Constancia de aprobación de originalidad de tesis

Yo, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr., asesor del trabajo de investigación de tesis del bachiller Carlos Enrique Zapata Olaya.

Titulado:

**Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su efecto sobre el rendimiento**, luego de la revisión exhaustiva del documento hemos constatado que tiene un índice de similitud de 16%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y ha concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Por lo que, a mi entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”.

**Lambayeque, 10 de agosto de 2023.**



**Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.**  
DNI 16407252  
Asesor



**Bach. Carlos Enrique Zapata Olaya**  
DNI 03667094  
Autor



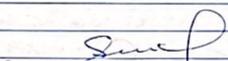
00043

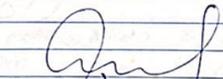
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL BACHILLER EN CIENCIAS ZOOTECNIA SR. CARLOS ENRIQUE ZAPATA OLAYA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

En la Ciudad de Lambayeque, siendo las 9:20 am. del día 26 de Mayo de 2006, en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Zootecnia y de acuerdo a la Resolución Nº 054-2006-FIZ/D, se reunieron los señores miembros del jurado designados por resolución Nº 240-2004-FIZ/D de fecha 05 octubre de 2004: Ing. CAROLINA B. ABUILAR PATIUNSO (Presidenta) Ing. JOSÉ ROMERO CENFERIA (Secretario), Ing. NAPOLEÓN CORRALES RODRIGUEZ (Vocal) e Ing. PEDRO ANTONIO DEL CARRIO RAMOS (Patrocinador), encargados de recibir y dictaminar sobre el trabajo de Tesis: "TRONINA SINTETICA EN LA DIETA DE POLLOS, CRECIMIENTO Y ENFERMEDADES EN EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO" presentado por el señor Bachiller en Ciencias Zootecnia CARLOS ENRIQUE ZAPATA OLAYA, como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista.

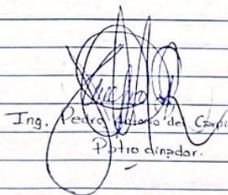
Presentada y expuesto el trabajo de tesis, formuladas las preguntas por parte de los miembros del jurado, dadas las respuestas por el sustentante y las aclaraciones del señor patrocinador, los señores miembros del jurado luego de deliberar, acordaron aprobar el trabajo de tesis con el calificativo de MUY BUENO, debiendo considerarse en el informe final las sugerencias dadas por el jurado durante la reunión previa y la sustentación.

Por lo tanto, el Señor Bachiller en Ciencias Zootecnia CARLOS ENRIQUE ZAPATA OLAYA, se encuentra apto para recibir el Título Profesional de INGENIERO ZOOTECNISTA de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

  
Ing. Carolina B. Abuilar Patiunso  
Presidenta

  
Ing. José Romero Cenferia  
Secretario

  
Ing. Napoleón Corrales Rodríguez  
Vocal

  
Ing. Pedro Antonio del Carrío Ramos  
Patrocinador

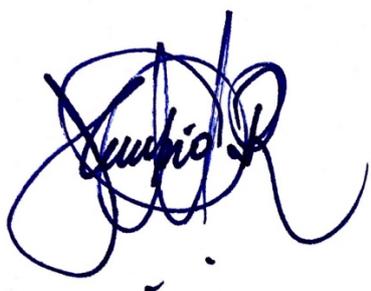
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Zapata Olaya, Carlos Enrique, investigador principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su efecto sobre el crecimiento**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

**Lambayeque, septiembre de 2021.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zapata Olaya', enclosed within a large, loopy circular flourish.

**Zapata Olaya, Carlos Enrique**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Del Carpio Ramos', with a complex, scribbled structure.

**Del Carpio Ramos, Pedro Antonio**

## **DEDICATORIA**

*El autor del presente trabajo de  
investigación lo dedica a sus queridos padres  
VÍCTOR ZAPATA ZAPATA y LILIA OLAYA CASTILLO.  
Nunca uno deja ser hijo, aún cuando  
se transforme en Padre y ve en sus hijos  
la trascendencia de su labor.*

*Para CARLO MARIO ZAPATA ABANTO,  
mi hijo, estoy seguro de que él logrará superar  
en mucho a su padre.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS, Dr., gracias a su orientación fue posible la culminación del presente trabajo de investigación.*

## **Treonina sintética en la dieta de pollos en crecimiento-engorde y su efecto sobre el crecimiento**

### **Resumen**

Noventa pollos Cobb 500 de 21 días de edad, de ambos sexos, homogéneos en peso corporal, fueron empleados en un ensayo de alimentación de 21 días de duración para evaluar el efecto de la suplementación del aminoácido treonina, en forma sintética, sobre el consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico. Se implementaron tres tratamientos, T1: testigo, T2: 0.06% de treonina sintética en la dieta, T3: 0.12% de treonina sintética en la dieta. Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, se obtuvieron los siguientes resultados: Consumo de alimento de 2.98, 3.02 y 2.97 kilos por pollo; incremento observado de peso de 1.55, 1.59 y 1.60 kilos por pollo; conversión alimenticia con datos observados de 2.33, 2.01 y 1.87 kilos de alimento consumido por kilo vivo incrementado; mérito económico de 2.08, 1.82 y 1.71 soles gastados en alimento por kilo vivo incrementado. La variable concomitante peso inicial resultó de efecto significativo por lo que se procedió a realizar la corrección respectiva, así los incrementos de peso fueron 1.32, 1.54 y 1.50 kilos por pollo; la conversión alimenticia de 2.26, 1.96 y 1.98, y el mérito económico de 2.02, 1.78 y 1.81. Los resultados pusieron en evidencia que la suplementación de treonina sintética permite mejor rendimiento vivo de los pollos; siendo necesario continuar con los trabajos de investigación que permita determinar su efecto sobre el rendimiento de carcasa, partes de la carcasa, deposición de grasa y soportabilidad al estrés térmico.

**Palabras clave:** Treonina; Pollos de carne; Alimentación.

## **Synthetic threonine in the diet of growing-fattening broiler chickens and its effect on growth**

### **Abstract**

Ninety 21-day-old Cobb 500 chickens of both sexes, homogeneous in body weight, were used in a 21-day feeding trial to evaluate the effect of supplementation of the amino acid threonine, in synthetic form, on the intake of feed, weight gain, feed conversion, and economic merit. Three treatments were implemented, T1: control, T2: 0.06% of synthetic threonine in the diet, T3: 0.12% of synthetic threonine in the diet. Respectively for the treatments from the first to the third, the following results were obtained: Feed consumption of 2.98, 3.02 and 2.97 kilos per chicken; observed increase in weight of 1.55, 1.59 and 1.60 kilos per chicken; feed conversion with observed data of 2.33, 2.01 and 1.87 kilos of feed consumed per kilo live increased; economic merit of 2.08, 1.82 and 1.71 soles spent on food per kilo of live increased. The concomitant variable initial weight was of significant effect, so the respective correction was made, thus the weight increases were 1.32, 1.54 and 1.50 kilos per chicken; the feed conversion of 2.26, 1.96 and 1.98, and the economic merit of 2.02, 1.78 and 1.81. The results showed that the supplementation of synthetic threonine allows better live performance of the chickens; it is necessary to continue with the research work to determine its effect on the performance of the carcass, parts of the carcass, fat deposition and heat stress resistance.

**Keywords:** Threonine; Meat chickens; Feeding.

## ÍNDICE

<b>N° Capítulo</b>	<b>Título del Capítulo</b>	<b>N° Pág.</b>
	<b>Resumen/ Abstract</b>	<b>ix</b>
	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>01</b>
<b>I</b>	<b>ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO .....</b>	<b>03</b>
	<b>1.1. Tipo y Diseño de Estudio</b>	<b>03</b>
	<b>1.2. Lugar y Duración</b>	<b>03</b>
	<b>1.3. Tratamientos Evaluados</b>	<b>03</b>
	<b>1.4. Animales Experimentales</b>	<b>03</b>
	<b>1.5. Alimento Experimental</b>	<b>04</b>
	<b>1.6. Instalaciones y Equipo</b>	<b>05</b>
	<b>1.7. Técnicas Experimentales</b>	<b>05</b>
	<b>1.8. Variables Evaluadas</b>	<b>06</b>
	<b>1.9. Evaluación de la Información</b>	<b>07</b>
<b>II</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>09</b>
	<b>2.1. Antecedentes Bibliográficos</b>	<b>09</b>
	<b>2.1.1. Aminoácidos Sintéticos</b>	<b>09</b>
	<b>2.1.2. Disponibilidad de Aminoácidos en las Materias Primas</b>	<b>13</b>
	<b>2.1.3. Proteína Ideal</b>	<b>15</b>
	<b>2.1.4. Treonina</b>	<b>18</b>
	<b>2.2. Bases Teóricas</b>	<b>20</b>
<b>III</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
	<b>3.1. Consumo de Alimento .....</b>	<b>21</b>
	<b>3.2. Peso Vivo e Incremento de Peso .....</b>	<b>24</b>
	<b>3.3. Conversión Alimenticia .....</b>	<b>29</b>
	<b>3.4. Mérito Económico .....</b>	<b>31</b>
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA .....</b>	<b>36</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N° de Tabla</b>	<b>Título de la Tabla</b>	<b>N° Pág.</b>
1	Raciones experimentales para el tratamiento testigo.....	04
2.	Esquema del análisis de la varianza para el Diseño Completamente Azarizado .....	08
3.	Perfil de aminoácidos de la proteína corporal, la proteína de las plumas y las necesidades de mantenimiento de broilers (en paréntesis, proporción con lisina) .....	17
4.	Perfiles de Proteína Ideal sugeridos para raciones de inicio, crecimiento y acabado .....	18
5.	Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron suplemento de treonina sintética en la dieta .....	21
6.	Peso vivo e incrementos de peso en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta..	25
7.	Conversión alimenticia en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta .....	29
8.	Mérito económico en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N° Figura</b>	<b>Título de la Figura</b>	<b>N° Pág.</b>
4.1.	Consumo total por pollo (Kg.) y comparativo porcentual entre tratamientos del consumo .....	23
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para los incrementos de peso observados y corregidos.....	26
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para C. A., con datos observados y corregidos .....	30
4.4.	Comparativo porcentual entre tratamientos para M. E., con datos observados y corregidos .....	33

## ANEXOS

<b>N° Anexo</b>	<b>Título del anexo</b>	<b>N° Pág.</b>
1.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales .....	40
2.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos totales de peso .....	40
3.	Análisis de varianza con los incrementos totales de peso transformados logarítmicamente .....	40
4.	Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y), información logarítmica .....	41
5.	Análisis de la varianza de la regresión entre tratamientos e incrementos de peso observados (logaritmos) .....	41
6.	Análisis de la varianza de la regresión entre tratamientos e incrementos de peso (logaritmos) corregidos por covarianza .....	42

## INTRODUCCIÓN

Los aminoácidos son compuestos orgánicos de bajo peso molecular, comúnmente son referidos como los bloques de construcción de la proteína. Todas las proteínas están compuestas de muchos aminoácidos, ligados entre sí para formar largas cadenas (cadenas polipeptídicas). Los aminoácidos constituyentes de las proteínas son los L-aminoácidos; en las proteínas se encuentran comúnmente 20 L-aminoácidos diferentes, estos difieren en la composición de sus cadenas laterales.

Todos los aminoácidos pueden sintetizarse en la naturaleza por muchos microorganismos y plantas verdes, muchos emplean amonio para este proceso. Por otro lado, humanos y animales tienen habilidad limitada para sintetizar aminoácidos. Muchas especies animales pueden producir sólo 10 de los 20 L-aminoácidos presentes en las proteínas, a estos 10 se les conoce como “dispensables” o “no esenciales”; los 10 restantes no pueden ser sintetizados por el organismo y son conocidos como “indispensables” o “esenciales”, estos deben estar presentes en la dieta.

Se ha reportado que la Treonina puede ser el tercer aminoácido limitante después de la Metionina y la Lisina, debiendo considerarse su suplementación si se quieren lograr producciones eficientes.

Por otro lado, el pollo de carne es un ave de rápido incremento de peso, que es exigente en cantidad y calidad de nutrientes, especialmente proteínas (aminoácidos); sobre todo de aminoácidos esenciales considerados limitantes.

Las evidencias indican que mientras más productivo es un animal responde mejor al aporte de nutrientes de calidad; habiéndose establecido la necesidad de la suplementación de Lisina y Metionina sintéticas, debe cuidarse la oferta adecuada de los otros aminoácidos esenciales limitantes, principalmente la Treonina, que ha sido considerada como el tercer aminoácido esencial limitante. Por lo expuesto, cabe

plantearse la siguiente interrogante ¿Podrá la suplementación de Treonina sintética propiciar condiciones para mejor el rendimiento de pollos de carne?

Para colaborar en la búsqueda de una respuesta adecuada a la interrogante planteada se ha desarrollado el presente trabajo de investigación, en el que se ha propuesto como hipótesis que: **La suplementación de la dieta de pollos de granja con Treonina sintética propiciará mejor rendimiento (incremento de peso, conversión alimenticia, etc.) entre la tercera y séptima semanas de edad.**

En función de lo que se consideró como objetivo general el siguiente:

Determinar el efecto de la suplementación de las dieta de pollos comerciales con Treonina sintética sobre el rendimiento del crecimiento entre los 21 y 42 días de edad.

Con los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar y evaluar el consumo de alimento.
2. Determinar y evaluar el incremento de peso vivo.
3. Determinar y evaluar la conversión alimenticia.
4. Determinar y evaluar el mérito económico.

# I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

## 1.1. Tipo y Diseño de Estudio

La investigación se ajustó al tipo cuantitativo-propositivo y experimental; lo que ha sido considerado asumiendo lo manifestado por Hernández et al. (2010) y Bunge (1972). En términos específicos es cuantitativa por que se basa en los resultados que se expresan como cantidades (datos, cifras), propone solución a un problema de investigación y por que se hace manejo de la variable independiente.

## 1.2. Lugar y Duración

El trabajo de investigación, en su fase de campo, se desarrolló en una crianza familiar comercial ubicada en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura.

Sullana está ubicada al norte de la provincia de Piura. Es una zona calurosa durante todo el año; sin embargo, durante los meses de junio a octubre la temperatura ambiental es considerablemente menor a los valores registrados durante los meses de verano.

La fase de campo del presente ensayo se verificó entre los meses de septiembre y octubre del año 2004. La campaña tuvo una duración de seis semanas; en tanto que la fase experimental tuvo una duración de tres semanas, a partir de los 21 días de edad de los pollos.

## 1.3. Tratamientos Evaluados

En la investigación se planteó la evaluación de los siguientes tratamientos:

**T<sub>1</sub>:** Testigo, dieta sin suplemento de Treonina sintética

**T<sub>2</sub>:** Dieta con 0.06% de Treonina sintética

**T<sub>3</sub>:** Dieta con 0.12% de Treonina sintética

## 1.4. Animales Experimentales

Se empleó 90 pollos de carne de la línea Cobb 500 de 21 días de edad, de ambos sexos y homogéneos en condición corporal.

Los pollos procedieron de una planta de incubación ubicada en la ciudad de Chiclayo.

### 1.5. Alimento Experimental

Se utilizaron raciones iso-energéticas e iso-proteicas, preparadas en la granja con insumos de disponibilidad local, en función de la fase de crianza (edad). En la Tabla 1 se muestra la fórmula general de las raciones preparadas; en términos generales las raciones se prepararon para dos fases, la primera para la fase de Crecimiento (semanas 4 y 5) con 3.15 M cal de E. M. y 20% de proteína y para la fase de Acabado (después de la semana 5) con 3.25 M cal de E. M. y 18% de proteína.

**Tabla 1.**  
*Raciones Experimentales para el tratamiento testigo*

<b>Insumos</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Acabado</b>
Maíz amarillo, Grano molido	57.55	55.41
Soja, Torta de	24.94	22.08
Trigo, afrecho de	05.00	05.00
Algodón, Pasta de	05.00	05.00
Soja, Aceite de	01.00	01.00
Algarroba, Vaina molida	05.00	10.00
Sal común iodada	00.30	00.30
Calcio, Carbonato de	00.50	00.50
Polimix	00.30	00.30
Colina, Cloruro de	00.25	00.25
L-Lisina	00.10	00.10
DL-Metionina	00.06	00.06
Aporte estimado de:		
Proteína, %	20.00	18.00
E. M., M cal/ Kg.	03.15	03.25

La Treonina sintética se comercializa como L-Treonina (grado alimenticio) con 98.5% de L-Treonina y 1.5% de humedad, en bolsa de 25 Kg., por ADM Bioproducts. En las raciones la L-Treonina sintética reemplazó la misma proporción de maíz, lo que no afectó el contenido energético-proteico.

## **1.6. Instalaciones y Equipo**

Coralitos de 6 m<sup>2</sup> para albergar a 30 pollos. Estos corrales se confeccionaron con adobe y malla de pescar, el piso fue de arena y el material de cama fue la cascarilla de arroz (5 cm de altura de cama).

Se emplearon comederos de plástico tipo tolva y bebederos lineales.

Para pesar los insumos mayores de la ración se empleó una balanza de plataforma, con capacidad de 500 Kg. y aproximación de 1 Kg.; en tanto que para pesar los componentes menores se utilizó una balanza electrónica con capacidad de 5 Kg. y aproximación de 1 g. Para pesar los pollos se utilizó una báscula tipo reloj, con capacidad de 10 Kg. y aproximación de 25 gramos.

Se utilizó cinta adhesiva y plumones de tinta indeleble para la identificación individual de los animales.

Se emplearon planillas para registrar toda la información generada en el ensayo; en tanto que el análisis de tal información se realizó en un ordenador electrónico.

Además, se empleó el equipo típico de toda granja avícola, el mismo que permite la óptima crianza, y que incluye bomba de mochila, palanas, carretilla, lanza llamas, etc.

## **1.7. Técnicas Experimentales**

Cada pollito fue identificado mediante la sujeción de una cinta adhesiva numerada al tarso, se pesaron y se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos implementados, se tuvo en cuenta la homogénea distribución de los sexos en cada tratamiento. Posteriormente las pesadas se realizaron cada semana, hasta llegar al final del ensayo.

El alimento se preparó en el piso de concreto, con ayuda de una palana, se tuvo en cuenta la mayor homogeneización posible de la mezcla. El alimento se suministró en

cantidades que permitieron consumo *ad libitum*, el consumo se determinó por diferencia entre la cantidad ofrecida y lo no consumido, semanalmente.

La L-Treonina sintética fue incorporada a las raciones en las proporciones propuestas para cada tratamiento, sustituyendo la proporción correspondiente por el maíz. El producto se homogeneizó con una fracción de maíz molido y luego con el resto de los insumos.

El manejo sanitario fue el mismo que se sigue en la granja, este estuvo basado en la bioseguridad (evitar acceso de personas y animales extraños, fumigación periódica, cambio de cama humedad, etc.)

### **1.8. Variables Evaluadas**

La información generada y recopilada permitió generar y evaluar las siguientes:

- Consumo de alimento, Kg.
- Peso vivo y cambios en el peso, g.
- Conversión alimenticia, Kg. / Kg.
- Mérito económico, s/. / Kg.

El consumo de alimento se determinó por diferencia entre las cantidades ofertadas y residuales. Obtenidas las cantidades por lote se procedió a dividir entre la cantidad de pollos para obtener el total por pollo y luego entre 21 días para estimar el consumo promedio diario por pollo.

El incremento de peso se determinó por diferencia de peso entre la pesada actual y la anterior, para cada una de las semanas, y en forma individual.

La conversión alimenticia fue la relación entre la cantidad de alimento consumido y el peso incrementado. Cantidades menores indicaron mayor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso.

El mérito económico representó la relación entre la cantidad de dinero invertida en alimento y el peso incrementado. Como en el caso de la conversión alimenticia, cantidades menores representaron mayor eficiencia, en este caso eficiencia económica.

### **1.9. Evaluación de la Información**

El planteamiento de hipótesis fue el siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

**H<sub>1</sub>: AL MENOS UNA MEDIA ES DIFERENTE**

Para poder rechazar, o no, una de las hipótesis planteadas, éstas se contrastaron a través de un Diseño Completamente al Azar, el mismo que se describe a través del siguiente modelo aditivo lineal (Ostle, 1979):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$ , es la variable evaluada;  $\mu$ , es el efecto medio verdadero;  $\tau_i$ , es el verdadero efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\xi_{ij}$ , es el verdadero efecto de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta a los efectos del  $i$ -ésimo tratamiento.

Se estuvo con la disposición de tolerar una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Scheffler, 1981).

Se aplicó la prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales y los incrementos de peso, para determinar homocedasticidad (distribución homogénea de la componente residual de varianza entre los tratamientos implementados).

Dócima F, para determinar diferencias o similitudes estadísticas entre tratamientos, se aplicó el esquema de varianza que se muestra en la Tabla 2.

Análisis de covarianza para determinar si hubo efecto significativo de la variable concomitante peso inicial sobre los incrementos de peso.

**Tabla 2.***Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>
Media	$M_{yy}$	1	M	
Tratamientos	$T_{yy}$	$t - 1 = 2$	T	T/ E
Residual	$E_{yy}$	$t(r-1)=87$	E	
Total	$\Sigma Y^2$	$tr = 90$		

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Bibliográficos

#### 2.1.1. Aminoácidos

Los  $\alpha$ -aminoácidos han estado presentes en la tierra por, probablemente, 3 billones de años; esto ha sido demostrado mediante las determinaciones de edad de microorganismos fósiles encontrados sobre rocas parecidas al carbón. Los aminoácidos también existen fuera de nuestro planeta, han sido encontrados en meteoritos y en rocas lunares. La historia del descubrimiento de los aminoácidos empezó en el año 1806 con el aislamiento de la Asparagina, esta historia aún no ha concluido, aunque se hayan descubierto más de 500 aminoácidos en la naturaleza; sin embargo, se puede decir con seguridad que los más importantes, los formadores de proteínas (proteínogénicos), ya se conocen en su totalidad en la actualidad. Ha tomado casi 130 años hasta que en 1935 el último de ellos (Treonina) fue aislado (DEGUSSA, 1982).

Los aminoácidos están constantemente sintetizándose y degradándose en la naturaleza vía el ciclo del nitrógeno. Así, por ejemplo, microorganismos pueden convertir el nitrógeno atmosférico en amoníaco. El amoníaco puede estar disponible, también, a partir de fertilizantes o a partir de la degradación de sustancias orgánicas. Las plantas utilizan el amoníaco directamente como un bloque de construcción para la síntesis de proteína. Las plantas verdes y muchos microorganismos pueden, en si mismos, producir todos los aminoácidos formadores de proteína. Por otro lado, el organismo humano y el animal poseen sólo limitadas posibilidades para sintetizar aminoácidos. Sólo cerca de 10 de los 20 aminoácidos formadores de proteína pueden ser producidos a partir de precursores adecuados (aminoácidos no esenciales), los restantes 10 deben ser suplementados con la dieta (aminoácidos esenciales). Estos 10 aminoácidos siempre se originan a partir de la producción vegetal, aun cuando estén presentes en las proteínas de

origen animal. Para el organismo, en última instancia no interesa si las proteínas, péptidos o aminoácidos son ingeridos. La síntesis de las propias proteínas del cuerpo procede en cada caso de los aminoácidos libres. Además de las plantas existe, aunque considerado con reserva, otro productor que puede producir, básicamente, la totalidad de los aminoácidos formadores de proteínas: **la industria química** o, más específicamente, **la industria bioquímica** (DEGUSSA, 1982).

El aspecto estructural común de todos los  $\alpha$ -aminoácidos es el grupo amino en la posición  $\alpha$  con respecto al grupo carboxílico. La diferencia cae en el lado de la cadena, el denominado radical R, que puede ser de naturaleza alifática, aromática o heterocíclica. Sólo con una excepción, el aminoácido más simple (glicina), la totalidad de  $\alpha$ -aminoácidos son compuestos quirales que se presentan en dos formas enantioméricas (estéreo-isoméricas, imagen espejo), denominándose aminoácidos L- y D-. Durante el curso de la evolución la naturaleza se decidió a favor de una cierta forma de aminoácidos, la forma L; las proteínas contienen sólo aminoácidos L como elementos estructurales (Stryer, 1985).

Debido a la multitud de posibilidades, no hay un patrón fijo para la clasificación de los 20 elementos estructurales que participan en la síntesis de proteína; es común subdividirlos en aminoácidos neutros, ácidos y básicos. Los aminoácidos neutros con cadena lateral no polar incluyen: Glicina, Alanina, Valina, Leucina, Isoleucina, Prolina y Fenilalanina; dentro de los aminoácidos neutros con cadena lateral polar están: Tirosina, Triptófano, Serina, Treonina, Metionina, Cistina, Cisteína, Hidroxiprolina, Asparragina y Glutamina; los ácidos son: Ácido Aspártico y Ácido Glutámico; y entre los aminoácidos básicos se tienen: Arginina, Lisina e Histidina (Maynard *et al.*, 1981).

Las proteínas son degradadas durante los procesos digestivos en el tracto gastrointestinal. Los productos finales, oligo-péptidos de cadena corta y aminoácidos

libres, son absorbidos desde el intestino a través de varios mecanismos. Los oligopéptidos rápidamente son convertidos, en la mucosa intestinal, en aminoácidos libres. Pasan a través del hígado antes que ingresen a la circulación sanguínea general; allí pueden estar sujetos a considerables procesos de conversión y degradación (Stryer, 1985).

En el organismo, los aminoácidos libres forman un reservorio (el tan llamado “pool” de aminoácidos) desde el cual son tomados conforme son requeridos, pero dentro del cual son retroalimentados cuando se encuentran en exceso de los requerimientos. La síntesis y degradación de péptidos y proteínas están en un estado de equilibrio dinámico, en el metabolismo, uno respecto del otro (Ruiz, 1999).

La síntesis y degradación de aminoácidos a menudo siguen la misma ruta metabólica con los humanos, animales, plantas y microorganismos; aunque la eficacia de estas rutas es completamente diferente desde una ruta a otra. Aquí, una posición central siempre es ocupada por el ciclo del citrato (Boyer, 2000).

Los alimentos formulados son preparados con el objetivo de reunir óptimamente el requerimiento de nutrientes de una especie de animal, incurriendo en un costo mínimo. Cubrir los requerimientos de aminoácidos es de especial significancia debido a que los aminoácidos (es decir, proteínas) son usualmente uno de los principales factores del costo incluidos dentro de un alimento compuesto. El criterio decisivo, además del costo, de acuerdo con el cual se mide al alimento es el rendimiento que resulta de su uso. Este rendimiento significa primariamente conversión alimenticia y ganancia de peso corporal. Pero no sólo estos dos factores, conversión alimenticia y ganancia de peso corporal, sino también características tales como rendimiento de huevos, desarrollo de plumas y pelo, etc. dependen directamente de la oferta de aminoácidos constituida para cubrir los requerimientos (Church y Pond, 1977).

Puesto que los aminoácidos sintéticos son materiales idénticos a las sustancias naturales en términos de sus constituyentes, también son manejados por la industria de formulación de alimentos en la misma forma que las proteínas alimenticias naturales. Compiten no sólo con los alimentos que contienen proteínas de origen animal (harina de carne, harina de pescado, leche en polvo, etc.) sino también con fuentes vegetales de proteína, tales como maíz, trigo, harina de soya, etc. En el caso del aminoácido sintético metionina, el competidor clásico es la harina de pescado, la que tiene un muy alto contenido de metionina ligada a la proteína. El aminoácido sintético lisina puede competir primariamente con la harina de soya rica en lisina (DEGUSSA, 1982).

El organismo animal en si mismo no puede producir casi 10 de sus aminoácidos proteínogénicos. Para estos aminoácidos el organismo es dependiente de la oferta vía alimento, caso contrario se desarrollan amenazas de síntomas de deficiencia y finalmente la muerte. Estos aminoácidos, que se originan a partir de producción vegetal, microbial y sintética, son los tan llamados aminoácidos esenciales. Aquellos aminoácidos que el organismo animal en si mismo puede producir a partir de precursores adecuados son denominados aminoácidos no esenciales. Finalmente, los aminoácidos semi-esenciales son aquellos que básicamente son producidos por el organismo, pero la capacidad de síntesis es limitada. Para el pollo broiler constituyen aminoácidos esenciales el Triptófano, Fenilalanina, Leucina, Isoleucina, Treonina, Metionina, Lisina y Valina; en tanto que Histidina y Arginina son considerados semi esenciales (Maynard *et al.*, 1981).

Las formas L- y D- de un aminoácido, que prácticamente no difieren en sus características físicas y químicas, puede que no tengan, necesariamente, las mismas características y efectos biológicos. En el caso de un aminoácido no esencial no jugará un gran rol en el área fisiológico-nutricional. La situación es diferente con un aminoácido esencial. Algunos de los aminoácidos esenciales, por ejemplo, Metionina, pueden ser

completamente utilizados en la forma L- o D-. Aquí, se entiende que el DL-aminoácido es una mezcla de partes iguales de la formas D- y L- (racemato, modificación racémica). Esta mezcla 1:1 de aminoácido D- y L- ocurre especialmente durante la síntesis química. En el caso de DL-metionina, el organismo es capaz de producir L-metionina a partir de D-metionina mediante una desaminación oxidativa mediante una específica D-aminoácido oxidasa vía el correspondiente  $\alpha$ -cetoácido y subsiguiente transaminación. Esto significa que, desde un punto de vista de fisiología nutricional, la metionina es 100% efectiva. Frecuentemente, los aminoácidos esenciales pueden ser reemplazados por su precursor biológico, el correspondiente  $\alpha$ -cetoácido. Sin embargo, sólo raramente puede la proporción D- de un aminoácido ser convertida 100% a la forma L- (Hafez y Dyer, 1972).

En el caso de la DL-lisina, por ejemplo, nuevamente desde un punto vista de fisiología nutricional, la proporción D- no puede ser utilizada. Esto se da porque para D-lisina el organismo animal no tiene una correspondiente aminoácido oxidasa que podría conducir la conversión del D-aminoácido dentro del relacionado  $\alpha$ -cetoácido. De esta manera DL-lisina tiene una eficacia fisiológica nutricional de 50%, o expresado en otras palabras: “sólo L-lisina tiene un efecto alimentario de 100%” (Armstrong y Bennet, 1982).

### **2.1.2. Disponibilidad de Aminoácidos en las Materias Primas**

La disponibilidad de los aminoácidos en aves puede ser determinada por diversos métodos. El método estándar es el de crecimiento, que determina la disponibilidad basándose en los rendimientos del animal, incluyendo los efectos de la digestión, absorción y utilización de los aminoácidos. Desafortunadamente, este procedimiento es laborioso y caro y sólo se permite estudiar la disponibilidad de un aminoácido por ensayo. Por esta razón, se han desarrollado métodos más rápidos para calcular la digestibilidad.

Cada procedimiento establecido presenta ventajas e inconvenientes. En la actualidad el método más internacionalizado es la determinación de la digestibilidad fecal en gallos adultos cecotomizados, que fue desarrollado principalmente por **Sibbald y Parsons**. A menudo se le conoce como el “Método Sibbald” y utiliza aves adultas que son forzadas a comer de 30 a 50 gramos de una dieta control. Las heces son recogidas cuantitativamente durante al menos 48 horas después de la ingestión de las dosis. Resultados más precisos se obtienen si se utilizan aves cecotomizadas, cuyos ciegos han sido eliminados para evitar la actividad microbiana en el intestino grueso. Los datos se corrigen por las pérdidas endógenas midiendo la excreción de aminoácidos de aves en ayunas (Pack, 1994).

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 soja, pero puede llegar a ser de 10 a 15% para productos tales como la harina de carne (DEGUSSA, 1992).

Un factor importante que afecta la digestibilidad de los aminoácidos es el tratamiento por calor que sufren numerosos productos durante su procesamiento. Se ha investigado 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 para la harina de soja sobre-procesada. Lisina y cistina son mucho más susceptibles a sufrir daños por calor que la mayoría de los otros aminoácidos (Pack, 1994).

Los efectos del genotipo y sexo del ave han sido también investigados. En ciertos ensayos se han encontrado diferencias consistentes para el sexo; no obstante, en un ensayo se observó que la digestibilidad de los aminoácidos era mayor en broilers de una línea seleccionada para alta eficiencia alimenticia que en líneas de cruces comerciales. Los

efectos de la edad del ave son contradictorios. En un caso la digestibilidad en broilers era mayor a las 3 que a las 6 semanas; pero en otro, se determinó una tendencia en la que la digestibilidad aumenta desde la 2 a las 6 semanas de edad. Hasta ahora, no existe razón alguna para suponer que los datos obtenidos en gallos adultos no sean aplicables a broilers jóvenes. Las condiciones de estrés por calor también pueden afectar significativamente la digestibilidad de los aminoácidos. Se ha observado un descenso de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos en harina de soja y piensos compuestos cuando la temperatura aumentaba de 21 a 32° C; sin embargo, no está claro si todos los aminoácidos se ven afectados por igual, o si existen diferencias sistemáticas que pudiesen afectar la formulación de dietas bajo condiciones de verano (Pack, op. cit.)

### **2.1.3. Proteína Ideal**

Existen numerosos factores que afectan a las necesidades de aminoácidos de los broilers. Características de la dieta tales como niveles de energía o proteína bruta, o del animal, como edad, genética y sexo se traducen en necesidades diferentes de aminoácidos. Es casi imposible estudiar todas las combinaciones posibles con experimentos dosis-respuesta para todos los aminoácidos esenciales. Los nutricionistas de cerdos se dieron cuenta de este problema y diseñaron proporciones ideales de aminoácidos esenciales/ lisina, así como las bases para calcular las especificaciones de aminoácidos de la dieta. La principal ventaja de utilizar un perfil de Proteína Ideal es que se puede adaptar fácilmente a multitud de situaciones, dado que las proporciones ideales permanecen bastante estables. La lisina suele ser utilizada como aminoácido de referencia, aunque normalmente es el segundo aminoácido limitante 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 el emplume (Pack, op. cit.)

La aproximación tradicional a la Programación Lineal es tal que se fijan unas especificaciones mínimas para los aminoácidos más críticos, pero el nivel de proteína bruta puede fluctuar dentro de un rango bastante amplio. Esta aproximación asume que no existe interacción entre nivel de proteína y necesidades de los aminoácidos limitantes. Sin embargo, algunos trabajos indican que esto no es correcto; se ha encontrado una relación casi lineal entre el nivel de la proteína de la dieta y las necesidades de metionina de broilers en inicio, asumiéndose que la proporción óptima de metionina en la proteína de la dieta debería estar en torno al 2.5%. Las concentraciones de metionina y cistina en la dieta deben aumentarse al elevar el nivel de proteína si se quiere conseguir idénticos resultados en cuanto a velocidad de crecimiento e índices de conversión. En consecuencia, es importante un balance correcto de aminoácidos para conseguir rendimientos óptimos y utilización máxima de la proteína (Pack, anteriormente citado).

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

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

En la siguiente información tableada se muestran los perfiles de aminoácidos para cubrir las necesidades de mantenimiento, de proteína corporal y de proteína de plumas. 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 de cistina de las plumas.

Similarmente, las necesidades para mantenimiento de aminoácidos azufrados y treonina son mucho más altas que las necesidades de lisina (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Perfil de aminoácidos de la proteína corporal, la proteína de las plumas y las necesidades de mantenimiento de broilers (en paréntesis, proporción con lisina)*

	Proteína corporal g/ 16 g N	Proteína de plumas g/ 16 g N	Mantenimiento mg/ Kg. PV/ d
Lisina	7.5 (100)	1.8 (100)	29 (100)
Metionina	2.5 (33)	0.6 (33)	--
Met + Cis	3.6 (48)	7.6 (420)	113 (390)
Treonina	4.2 (56)	4.4 (240)	74 (250)
Triptófano	1.0 (13)	0.7 (39)	19 (66)
Arginina	6.8 (91)	6.5 (360)	120 (410)
Valina	4.4 (59)	6.0 (330)	61 (210)
Leucina	7.1 (95)	7.0 (390)	124 (430)
Isoleucina	4.0 (53)	4.0 (220)	75 (250)

Fuente: Fisher (1993)

De estos datos, cabe esperar que las necesidades de lisina sean 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. El comportamiento para treonina y la mayor parte del resto de aminoácidos serían intermedias, debido a que sus necesidades para mantenimiento y emplume son más bajas.

El primer intento para especificar una Proteína Ideal para broilers fue realizada por Baker en la Universidad de Illinois. Basándose en estudios de crecimiento en pollitos con dietas que incluían aminoácidos cristalinos, Baker y Han (1994) propusieron proporciones del 72, 67, 16 y 105% para Met + Cis, Tre, Trp y Arg digestibles en relación con lisina digestible; para aves de mayor edad recomendaron niveles más elevados de aminoácidos azufrados, treonina y Triptófano en relación con la lisina. Debido a que no tuvieron en cuenta las necesidades de mantenimiento, las cuales pueden ser críticas en

aves más pesadas, Pack (1994) consideró oportuno modificar ligeramente el perfil para algunos aminoácidos, como se muestra en la siguiente información tableada.

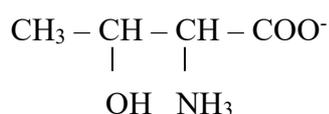
**Tabla 4.**  
***Perfiles de Proteína Ideal sugeridos para raciones de inicio, crecimiento y acabado***

Aminoácidos digestibles <sup>1</sup>	Edad		
	0 – 14 d	14 – 35 d	> 35 d
Lisina	100	100	100
Met + Cis	74	78	82
Treonina	66	68	70
Triptófano	16	17	18
Arginina	105	107	109
Valina	76	77	78
Leucina	107	109	111
Isoleucina	66	67	68

<sup>1</sup>Proporciones expresadas como relación entre aminoácidos y lisina digestibles

#### 2.1.4. Treonina

La Treonina fue aislada por primera vez en 1935 por E. C. ROSE y sus colaboradores en la Universidad de Illinois. La similitud estructural del aminoácido con el carbohidrato simple Treosa condujo al nombre Treonina.



#### **L-Treonina (ácido alfa-amino-beta-hidroxibutírico)**

Sirve primariamente como constituyente de una multitud de moléculas que varían desde péptidos simples a proteínas muy complejas. Existe una tendencia, entre aquellos interesados con la alimentación animal, a enfocar sobre el rol de los aminoácidos en el desarrollo muscular y los efectos de dietas formuladas inapropiadamente sobre la eficiencia de producir productos calóricos. Sin embargo, su significación metabólica es mucho más amplia; por ejemplo, en: Desarrollo del músculo esquelético; Enzimas digestivas e inmuno-proteínas (presente en una alta concentración); Precursor de glicina;

Fuentes de energía (vía ciclo del ATC). El epitelio gastrointestinal (células mucosales, mucus y enzimas digestivas) y algunas inmuno-proteínas son particularmente ricos en Treonina. El impacto de una deficiencia marginal de Treonina sobre la síntesis de inmunoglobulinas es de mucho mayor magnitud que el efecto de un grado similar de deficiencia de Treonina sobre las mediciones corporales generales de rendimiento del crecimiento. Treonina es uno de los varios precursores para la síntesis *in vivo* del aminoácido dispensable Glicina y, en este aspecto, puede tener un rol en la regulación de la ingestión de alimento. La enzima clave del metabolismo de la Treonina es la Treonina Aldolasa; puesto que las relaciones de la Aldolasa no son reversibles, la Glicina no puede servir como fuente metabólica de Treonina. El esqueleto carbonado de la Treonina puede ser oxidado para producir energía ingresando al ciclo del ácido cítrico vía piruvato (ADM BIOPRODUCTS, s. a.; DEGUSSA, 1982).

Debido a las importantes funciones de la Treonina en el organismo y, a pesar de que se conoce su esencialidad hace cierto tiempo, investigadores alemanes han determinado que la Treonina puede ser el tercer aminoácido limitante después de la Metionina y Lisina. En un ensayo se empleó L-Treonina cristalizada para suplementar un pienso básico y crear seis concentraciones de Treonina; durante el intervalo de 0 a 4 semanas de edad el aumento promedio diario de peso corporal y la eficiencia del alimento fueron más bajos en los pavos alimentados con la más baja concentración de Treonina. El crecimiento y la eficiencia del alimento fueron mejores en los pavos alimentados con la más alta concentración de Treonina. Incrementado la concentración de Treonina de .69 a .91% durante el segundo intervalo (8 a 12 semanas) no se obtuvo influencia sobre los resultados. Sin embargo, durante el tercer intervalo (16 a 20 semanas) la tasa de crecimiento y/o eficiencia del alimento mejoran conforme la concentración de Treonina dietética aumentó de .49 a .64%. Los investigadores advirtieron que los alimentos altos

en proteína podrían aumentar los requerimientos de Treonina. La Glicina es un producto final del metabolismo de Treonina, que es necesaria para la eliminación del exceso de proteína (ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES, 1999).

## **2.2. Bases Teóricas**

La gran presión de selección puesta en el pollo de carne ha permitido obtener animales de muy rápido crecimiento, por este motivo cada vez es más complicado poder cubrir las necesidades nutricionales de este tipo de aves; principalmente en lo que se refiere a nutrientes específicos. No es lo mismo considerar el aporte de proteína de una ración que el de los aminoácidos específicos, sobre todo de los que son considerados esenciales críticos (metionina, lisina, treonina, triptófano) (Maynard et al., 1981). Por tal motivo, tienen que ser monitoreados permanentemente, sobre todo bajo condiciones ambientales en las que se tiende a desafiar más a las aves.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Consumo de Alimento

Los resultados relacionados con el consumo de alimento de pollos de carne que recibieron suplemento de treonina sintética en la dieta se muestran en la Tabla 5. En la Figura 4.1 se ilustra el comparativo entre tratamientos para el mismo rubro.

**Tabla 5.**

*Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron suplemento de treonina sintética en la dieta*

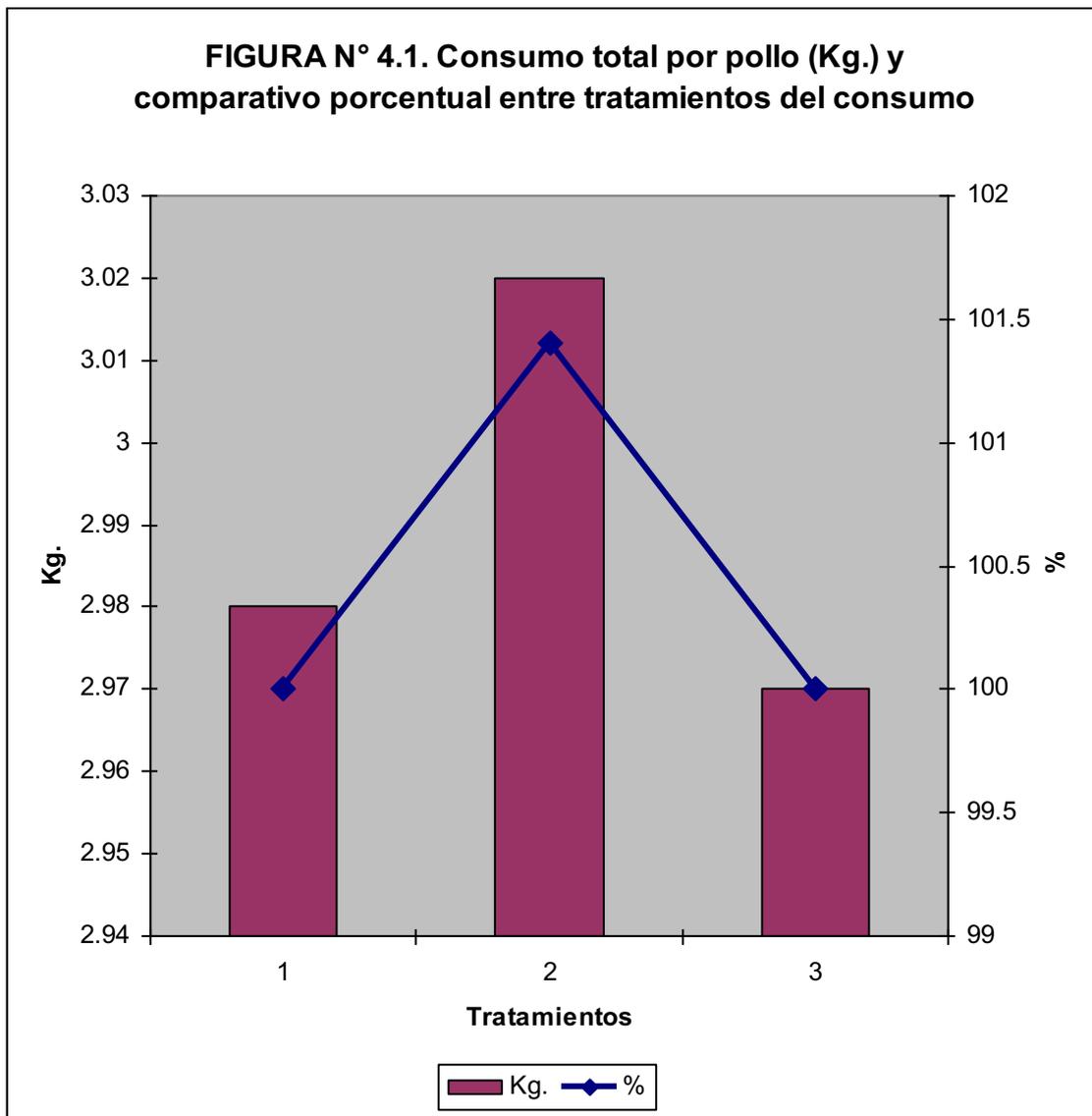
Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	30	30	30
Días experimentales	21	21	21
Treonina sintética en la dieta, %	00	0.06	0.12
Consumo de alimento:			
Total, por lote, Kg.	89.50	90.50	89.00
Total, por pollo, Kg.	2.98	3.02	2.97
Diario por pollo, Kg.	0.142	0.144	0.142
% respecto al testigo	100.	101.4	100.

Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero el consumo de alimento total por pollo fue 2.98, 3.02 y 2.97 Kg. Cifras que llevadas a promedio diario son de 0.142, 0.144 y 0.142 Kg.; las mismas que al ser contrastadas con el testigo representaron 100, 101.4 y 100%, respectivamente. Como se puede apreciar el consumo fue prácticamente el mismo entre los tres tratamientos evaluados, la presencia de treonina sintética en la dieta, hasta 0.12% de la misma, no tuvo efecto promotor ni detrimental sobre el consumo de alimento.

Metionina, Lisina y Treonina son considerados, respectivamente, como el primer, segundo y tercer aminoácidos limitantes en las dietas prácticas de broilers basados en

maíz-soja. Los adecuados niveles dietéticos de estos aminoácidos son necesarios para respaldar óptimo crecimiento y rendimiento de carcasa de los broilers comerciales de rápido crecimiento. Normalmente, los nutricionistas avícolas emplean las proporciones recomendadas por NRC (1994) como una guía para establecer sus propios requerimientos de aminoácidos, prescindiendo de la localidad y condiciones ambientales. Una de las limitaciones del empleo de las recomendaciones de NRC en la alimentación en climas cálidos es que tales recomendaciones son derivadas primariamente de estudios conducidos en ambientes termo-neutrales y no indican posibles diferencias en las necesidades de aminoácidos debido a temperaturas ambientales; generalmente, los nutricionistas confrontados con alimentación en climas cálidos, adicionan márgenes de seguridad a las sugerencias de NRC, aunque NRC también sugiere incrementar las proporciones de aminoácidos en ambientes cálidos para compensar debido a la esperada reducción en el consumo de alimento, NRC notó que este ajuste debería ejercitarse con cuidado puesto que algunos estudios han indicado que minimizando los excesos de proteína cruda y de aminoácidos dietéticos con un mejorado balance de aminoácidos puede ser más beneficioso para los broilers criados en ambientes cálidos (Waldroup *et al.*, 1976; Austic, 1985; Ojano-Dirian y Waldroup, 2002).

Varios estudios han demostrado que las elevadas temperaturas ambientales influyen las necesidades de aminoácidos de broilers, ya sea como reducción en la digestibilidad de los aminoácidos o como resultado de la disminución en el consumo de alimento (Deaton *et al.*, 1978; Wallis y Balnave, 1984; Howlinder y Rose, 1987; Zuprizal *et al.*, 1993; Hai *et al.*, 2000); no obstante, los estudios realizados sobre nutrición de proteína/ aminoácidos de pollos estresados por calor han mostrado resultados conflictivos.



Waldroup *et al.* (1976) mostraron que minimizando los excesos de aminoácidos dietéticos mejoró el crecimiento de broilers albergados en temperaturas calientes. Sinurat y Balnave (1985) también sugirieron que una forma de mejorar el peso corporal y el consumo de alimentos a alta temperatura es inducir una ligera deficiencia de lisina o proveer una más baja relación Lisina: EM. Varios estudios conducidos por Cheng *et al.* (1997) no mostraron ventaja del incremento de las proporciones de aminoácidos dietéticos de broilers de 3 a 7 semanas de edad cuando fueron criados sobre 26.7°C, por lo que recomendaron suministrar 90 a 100% de las proporciones de aminoácidos

recomendadas por NRC. Contrariamente, otros investigadores han reportado que las aves con estrés por calor respondieron positivamente al incremento del consumo de aminoácidos (Fuller y Mora, 1973; Dale y Fuller, 1980); Thomas *et al.* (1992) indicaron que los broilers criados a temperaturas entre 80 y 90°F necesitan niveles más altos de aminoácidos que las aves criadas a 70°F.

No obstante que prácticamente no se registraron diferencias en el consumo de alimento entre los tres tratamientos implementados en el presente ensayo (Figura N° 4.1.), la presencia de treonina sintética en los tratamientos 2 y 3 implica que los pollos consumieron mayor proporción de este aminoácido. La treonina sirve como un componente de la proteína corporal, juega un rol importante en la síntesis de plumas como componente de la proteína de las plumas y precursor de serina y glicina, está involucrado en las respuestas inmunes, necesario para la producción de mucina gastrointestinal, permite un mejor desarrollo de pechuga y se ha mostrado que mejora la viabilidad de los broilers con estrés calórico (Lemme, 2001).

### **3.2. Peso Vivo e Incremento de Peso**

Los resultados de peso corporal e incrementos de peso vivo, de pollos de carne que recibieron treonina sintética en la dieta, se muestran en la Tabla 6 y en la Figura N° 4.2. se ilustra el comparativo porcentual entre tratamientos y de las cifras de incremento diario alcanzado en cada tratamiento.

Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, los pesos vivos iniciales fueron de 697.5, 703.3 y 746.3 gramos por pollo; realizada la prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas se determinó que la componente residual de varianza estuvo uniformemente distribuida entre todos los tratamientos implementados, lo que indica que reunieron las condiciones para la ejecución del trabajo.

**Tabla 6.*****Peso vivo e incrementos de peso en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta***

<b>Aspectos</b>	<b>Tratamientos</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Pollos/ tratamiento	30	30	30
Días experimentales	21	21	21
Treonina sintética en la dieta, %	00	0.06	0.12
Peso vivo inicial, gramos/ pollo	697.5	703.3	746.3
Peso vivo final, gramos/ pollo	1973.65	2205.4	2334.48
Incremento de peso total/ pollo, g.	1276.15	1502.10	1588.18
Incremento diario/ pollo, gramos	60.8 <sup>a</sup>	71.5 <sup>a</sup>	75.6 <sup>a</sup>
% respecto al testigo	100.	117.6	124.3
Incremento total de peso*/ pollo, gramos	1319.17	1535.32	1500.72
Incremento diario/ pollo*, gramos	62.8	73.1	71.5
% respecto al testigo	100.	116.4	113.76

a

Letras iguales sobre los promedios indican ausencia de significación para las diferencias entre tratamientos

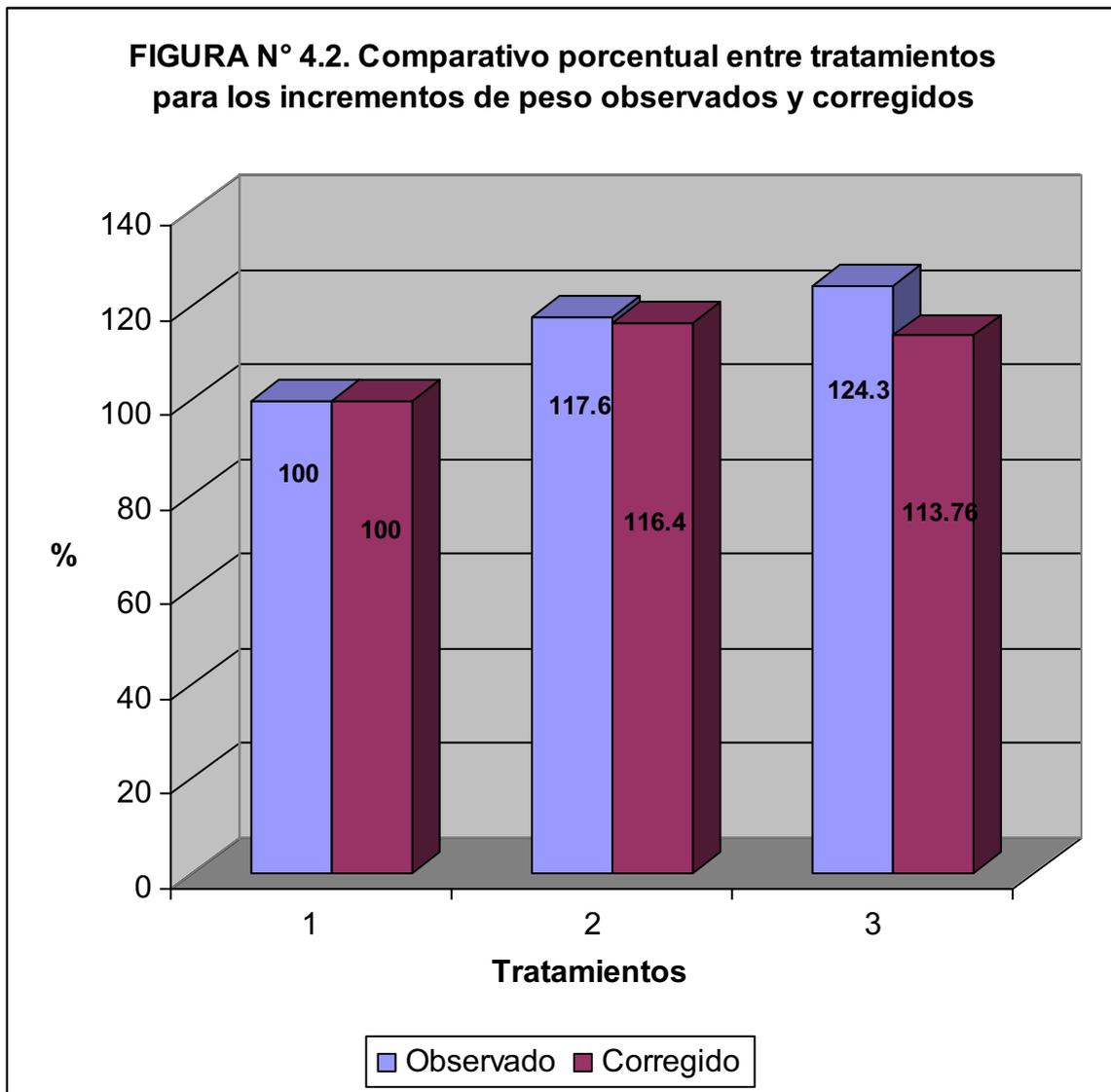
\*

Datos corregidos mediante covarianza con el peso inicial

En el mismo orden de tratamientos, los pesos vivos finales (42 días de edad) fueron 1973.65, 2205.4 y 2334.48 gramos por pollo; los que, descontando el peso al inicio del ensayo, permiten determinar incrementos de peso vivo por pollo de 1276.15, 1502.1 y 1588.18 gramos, las mismas que representan incrementos diarios de 60.8, 71.5 y 75.6 gramos. Con la información observada se pudo determinar que las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística (Anexo 3); previo al análisis de varianza, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso observados (Anexo 2) y se determinó que la componente residual de varianza no estuvo uniformemente distribuida, haciendo suponer la presencia de algún factor que pudiera ocasionar sesgo, razón por la que se procedió a una transformación de los datos

a logaritmos y como tales se realizó la evaluación estadística. El análisis de covarianza permitió determinar que la variable concomitante (peso inicial) si tuvo efecto (regresión significativa) sobre los incrementos de peso, razón por la que se procedió a estimar los incrementos de peso corregidos.

Con la información observada se determinó que el tratamiento 2 superó al testigo en 17.6%, en tanto que el tratamiento 2 lo superó en 24.3%; pero al comparar la información corregida se observó que la ventaja del tratamiento 2 se incrementó (16.4% sobre el testigo) y la del tratamiento 3 disminuyó, aunque siguió superando al testigo (13.76%).



Aun cuando las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística, en lo práctico se puede notar que las ventajas a favor de los tratamientos que incluyeron treonina sintética fueron considerables, tanto con la información observada como con la corregida.

Se realizaron dos análisis de regresión hasta polinomio de segundo grado, uno con la información observada (Anexo 5) y el otro con la información corregida por logaritmos y por efecto de la variable concomitante peso inicial (Anexo 6). En el primer caso se notó una tendencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) que indicó que los incrementos fueron mayores conforme se incrementó la treonina sintética; no obstante, la significación de la tendencia desaparece cuando se anuló el efecto del peso inicial. Sin embargo, considerando la significación práctica (ventajas superiores a 16 y 13% para los tratamientos con treonina sintética), es evidente que se da una relación de tipo cuadrático (incrementos de peso corregidos por covarianza con peso inicial) la misma que no alcanza significación estadística por que en todos los tratamientos se presentaron ejemplares, aunque no muchos, que sufrieron del síndrome de mala absorción, dando lugar a elevada variabilidad. Teniendo en consideración lo antes mencionado resulta evidente que con 0.06% de treonina sintética en la dieta se mejora considerablemente el rendimiento de pollos de carne entre las 3 y 6 semanas de edad. Ojano-Dirain y Waldroup (2002) evaluaron la necesidad de los tres aminoácidos más limitantes (metionina, lisina y treonina) en los pollos de carne entre las tres a seis semanas de edad y determinaron que treonina interactúa con lisina en el rendimiento de carne de la pechuga; así mismo, treonina es un aminoácido con papel bien reconocido en el desarrollo del tracto gastrointestinal (Specian y Oliver, 1991; Stoll *et al.*, 1998; Van der Schoor *et al.*, 2002) y en el mejoramiento de la productividad (Kidd y Kerr, 1997; Penz *et al.*, 1997; Kidd *et al.*, 1999; Dozier *et al.*, 2000; Kidd *et al.*, 2003a; Kidd *et al.*, 2003b); características

importantes del aminoácido que permiten explicar las ventajas obtenidas en incrementos de peso logradas en el presente trabajo de investigación, aun más si se tiene en cuenta que se realizó en un medio con condiciones de alta temperatura ambiental (Sullana, Piura); Ojano-Dirain y Waldroup (2002) consideran que es importante tener en cuenta la temperatura ambiental de crianza para los broilers, toda vez que se da un efecto directo sobre el consumo de alimento o por que se afecta (reducción) la digestibilidad de los aminoácidos, condiciones que afectan el rendimiento (menor) de los broilers. Es conveniente considerar lo manifestado por Kerr *et al.* (1999), quienes reportaron que lisina y treonina interactuaron sobre el peso de carne de la pechuga tal que se requirió 100% de lo recomendado para treonina por NRC para maximizar la carne de la pechuga en broilers que recibieron 105% del requerimiento de lisina en la dieta, y que se requirió 107.5% del requerimiento de treonina para maximizar la carne de la pechuga en broilers que recibían 120% del requerimiento de lisina en la dieta; en el presente estudio, aun cuando no se puede determinar el verdadero contenido de los aminoácidos en la dieta, se puede considerar que en el tratamiento 2 (con el menor nivel de treonina sintética) se dieron las condiciones de interacción con lisina, lo que ya no sucedió en el tratamiento 3 en el que habría sido necesario incrementar la proporción de lisina sintética. El efecto beneficioso de la treonina sintética sobre el rendimiento también ha sido mostrado en hembras broiler (Corzo *et al.*, 2003), los que se comportaron de forma parecida a los machos de carne. Waldroup *et al.* (2002), con pavos de carne, encontraron mejores incrementos de peso conforme se incrementaron las proporciones de treonina sintética, hasta alcanzar 0.83% de treonina en la dieta cuando la ración tuvo 16% de proteína cruda y 0.98% de treonina en la dieta cuando la ración tuvo 19.8% de proteína cruda; aunque para conversión alimenticia mejorada los porcentajes de treonina fueron más bajos.

### 3.3. Conversión Alimenticia

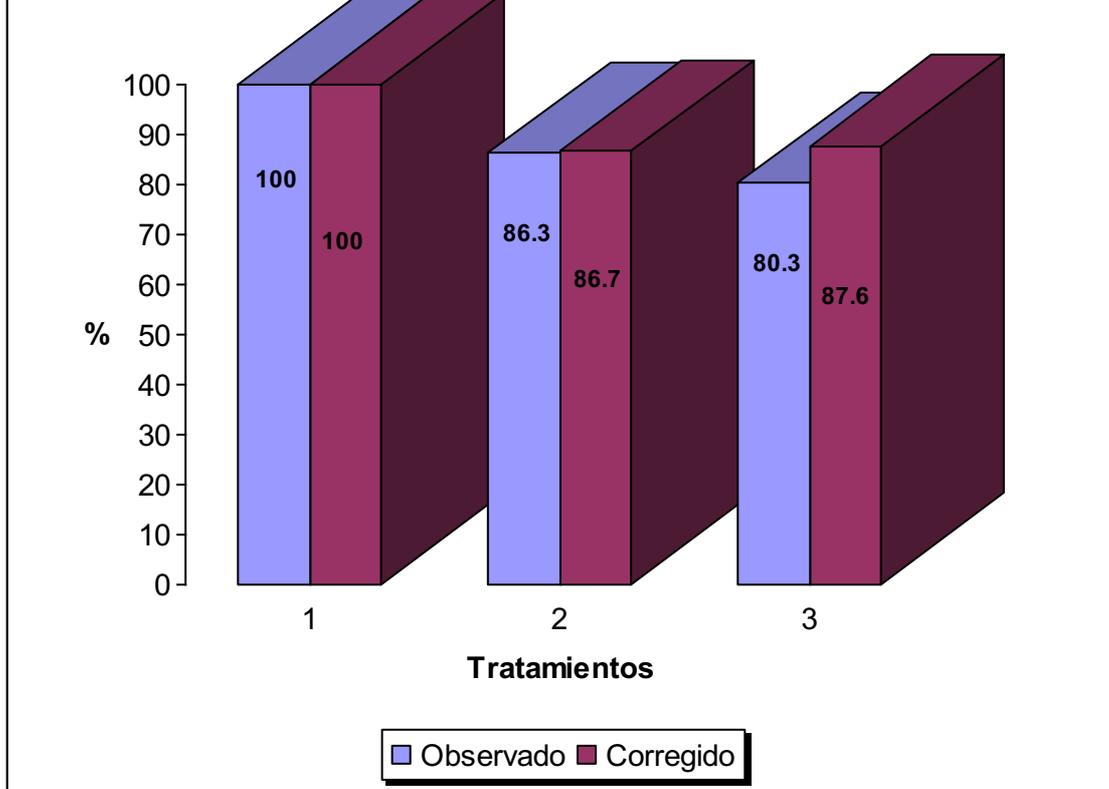
En la Tabla 7 se muestran los resultados de conversión alimenticia obtenidos con pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta. En la Figura N° 4.3. se ilustra el comparativo entre tratamientos en forma porcentual, teniendo como referente (100%) al testigo.

**Tabla 7.**  
*Conversión alimenticia en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta*

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	30	30	30
Días experimentales	21	21	21
Treonina sintética en la dieta, %	00	0.6	0.12
Consumo de alimento, kilos/ pollo	2.98	3.02	2.97
Incremento de peso, kilos/ pollo	1.28	1.50	1.59
C. A. acumulada	2.33	2.01	1.87
% respecto al testigo	100.	86.3	80.3
Incremento de peso corregido, Kg. / pollo	1.32	1.54	1.50
C. A. acumulada corregida	2.26	1.96	1.98
% respecto al testigo	100.	86.7	87.6

Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, los valores de C. A. acumulada con los valores observados fueron 2.33, 2.01 y 1.87 kilos de alimento consumido por kilo vivo incrementado. Los tratamientos 2 y 3 utilizaron el alimento más eficientemente que el testigo en 13.7 y 19.7%, respectivamente. Con la información corregida por efecto del peso inicial, los valores de conversión alimenticia fueron de 2.26, 1.96 y 1.98 kilos de alimento consumido por kilo vivo incrementado; el tratamiento 2 prácticamente mantuvo la eficiencia en la utilización del alimento, pero el tratamiento 3 redujo su ventaja con respecto al testigo a 12.4%.

**FIGURA N° 4.3. Comparativo porcentual entre tratamientos para C. A., con datos observados y corregidos**



Ojano-Dirain y Waldroup (2002) reportan valores de conversión alimenticia similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación cuando determinaron las necesidades de treonina de pollos de carne (Cobb 500) entre los 21 y 42 días de edad; llegando a establecer que con 0.78% de treonina en la dieta se logró conversión de 1.965 y con 0.87% la conversión fue de 1.971 kilos de alimento consumido por kilo vivo incrementado. Corzo *et al.* (2003), empleando hembras broiler Ross x Ross 508, de 30 a 42 días de edad, evaluaron niveles de treonina de 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75 y 0.80% en la dieta determinando valores de conversión alimenticia de 2.10, 1.89, 1.89, 1.91, 1.70 y 1.85 kilos de alimento consumido por kilo vivo incrementado, respectivamente; aunque el análisis de regresión les mostró que el óptimo para lograr mejor conversión alimenticia

fue de 0.71%. En ambos trabajos de investigación citados los valores de conversión alimenticia son concordantes con los encontrados en el presente trabajo de investigación en el que se empleó treonina sintética como suplemento en la dieta.

Una serie de trabajos de investigación, con diferentes especies animales de interés zootécnico, realizados en el medio (Agurto, 2004; Bazán, 2005; Casas, 2005; Castro, 2005; Córdova, 2005; López, 2005; Ruiz, 2005; Villegas, 2005; Alza, 2006; Idrogo, 2006; Nuntón, 2006; Ramírez, 2006; Salazar, 2006; Zárate, 2006) empleando bioestimulantes de los que uno de sus principales componentes son aminoácidos, ponen en evidencia la conveniencia de la suplementación de estos importantes nutrientes; habiéndose logrado una más eficiente utilización de los alimentos ingeridos. Los resultados de tales trabajos de investigación, como los obtenidos en el presente, indican que por más cuidado que se tenga al formular una ración, se dan una serie de factores que no permiten que se logre el abastecimiento adecuado de aminoácidos. Entre tales factores se consideran, por ejemplo, la procedencia de la información de análisis de los insumos alimenticios; normalmente procedente del extranjero con diferentes prácticas de cultivo, suelos, líneas genéticas, etc. Sin embargo, quizás el factor más importante para que no se logren los tenores adecuados de aminoácidos en las raciones está por el lado de las condiciones de comercialización: inadecuadas condiciones de almacenamiento, adulteración fraudulenta de los insumos alimenticios, etc. Los cereales o los insumos proteicos son combinados con insumos de diferente o escaso valor nutritivo con el afán de lograr mayores ingresos. El empleo de tales insumos conlleva la obtención de inadecuadas conversiones alimenticias y menor rendimiento de los animales.

### **3.4. Mérito Económico**

Los resultados de mérito económico de pollos de carne, de 21 a 42 días de edad, que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta se presentan en la Tabla 8.

En la Figura N° 4.4. se ilustra el comparativo porcentual entre tratamientos para este rubro.

**Tabla 8.**

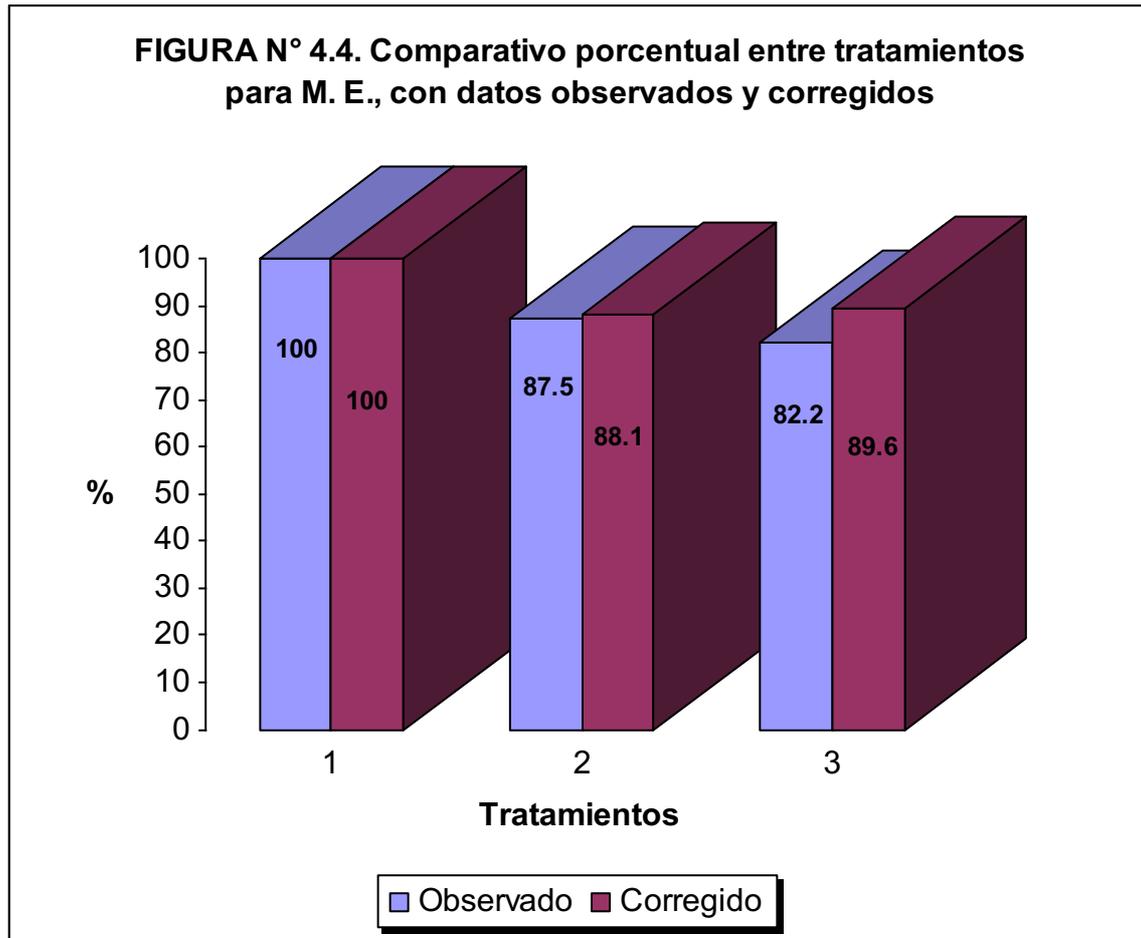
*Mérito económico en pollos de carne que recibieron un suplemento de treonina sintética en la dieta*

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	30	30	30
Días experimentales	21	21	21
Treonina sintética en la dieta, %	00	0.06	0.12
Gasto en alimento por pollo, s/.	2.664	2.733	2.718
Peso vivo incrementado por pollo, Kg.	1.28	1.50	1.59
M. E. acumulado	2.08	1.82	1.71
% respecto al testigo	100.	87.5	82.2
M. E. acumulado corregido	2.02	1.78	1.81
% respecto al testigo	100.	88.1	89.6

Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, los valores de mérito económico acumulado fueron 2.08, 1.82 y 1.71 nuevos soles gastados en alimento por kilo vivo incrementado, respectivamente. Al realizar el comparativo se pudo determinar que el tratamiento 2 fue 12.5% más barato con relación al testigo; en tanto que el tratamiento 3 fue 17.2% más económico. Con los incrementos de peso corregidos por efecto del peso inicial, la ventaja del tratamiento 2 se mantuvo, en tanto que la del tratamiento 3 se acortó.

Resulta evidente que es aconsejable la suplementación de treonina sintética, ya que no sólo se trata de mejor peso corporal, sino que esa mejora en el peso corporal esta orientada hacia la parte corporal de mayor rendimiento económico como es la pechuga; sino que, adicionalmente, la treonina juega un rol importante en la salud y bienestar de los animales al estar vinculada a un correcto emplume, adecuadas condiciones de la pared

del tracto gastrointestinal, respuesta inmune y alivio del estrés térmico (Lemme, 2001). Todas estas ventajas son difíciles de cuantificar, pero tienen una gran importancia en toda crianza comercial. Adicionalmente la treonina está relacionada con la menor deposición de grasa en la carcasa.



## **IV. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo de investigación, teniendo en cuenta sus ventajas y limitaciones, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.** La suplementación de treonina sintética en las proporciones de 0.06 y 0.12% de la dieta no tuvo efecto sobre la cantidad de alimento consumido.
- 2.** La treonina sintética permitió que los incrementos de peso vivo fuesen superiores entre 13 y 16% en comparación al tratamiento testigo.
- 3.** La treonina sintética permitió que el alimento consumido fuese utilizado más eficientemente, superando al testigo en 13%.
- 4.** El mérito económico fue considerablemente mejor (12%) al emplear suplementación de treonina sintética.

## **V. RECOMENDACIONES**

- 1.** Emplear treonina sintética en la proporción de 0.06% en la dieta de pollos de carne entre los 21 y 42 días de edad.
- 2.** Continuar con la investigación relacionada con la respuesta productiva en pollos de carne, gallinas ponedoras y cerdos al empleo de treonina sintética; bajo condiciones normales de temperatura y de estrés térmico.
- 3.** Determinar su efecto sobre el rendimiento de la carcasa y sus componentes y sobre la deposición de grasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADM BIOPRODUCTS. Sin año. Threonine. Archer Daniels Midland Company. Decatur, Illinois.
- Agurto S., G. (2004). Tendencia de la producción y calidad de huevo en gallinas Hy-Line Brown que reciben minerales traza quelados y aminoácidos en el agua de bebida. Tesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES. (1999). ¿Es la treonina el tercer aminoácido limitante? Sección de Investigación. Watt Publishing Co. 06(02): 6-7.
- Alza G., E. C. (2005). Rendimiento del pollo de carne según nivel de suplementación en el agua de bebida con un bioestimulante de aminoácidos activados en la fase de inicio. Tesis Ingeniera Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Armstrong, F. B. y Bennett, T. P. (1982). Bioquímica. Reverte S.A. España.
- Austic, R. E. (1985). Feeding poultry in hot climates. In: Stress Physiology in Livestock. (M. K. Yousef, ed.) CRC Press. Boca Raton, Fl.
- Baker, D. H. y Han, Y. (1994). *Proc. Degussa Technical Symp. & California Nutr. Conf.* Fresno, California. pp. 21-24.
- Bazán R., M. (2005). Rendimiento de pollos de carne que recibieron fitobióticos en la dieta y un bioestimulante en el agua de bebida, sin antibiótico promotor del crecimiento. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Boyer, R. (2000). Conceptos de Bioquímica. Thomson. México.
- Casas L., C. (2005). Minerales quelados en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en pollos de carne. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Castro M., J. A. (2005). Rendimiento del pato criollo mejorado por inclusión de un simbiótico y minerales orgánicos en el agua de bebida en reemplazo de antibiótico promotor del crecimiento. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Cheng, T. K.; Hamre, M. L., and Coon, C. N. (1997). Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures. *J. Appl. Poult. Res.*, 6: 18-33.
- Church, D. C. y Pond, W. G. (1977). *Bases Científicas para la Nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos*. Traducción Pedro Ducar M. Acribia. Zaragoza, España.
- Córdova C., J. R. (2005). Producción de gallinas Hy-Line Brown según la presencia de una fuente de minerales orgánicos (50%) y aminoácidos activados (50%) en el agua de bebida. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Corzo, A., Kidd, M. T., and Kerr, B. J. (2003). Threonine need of growing female broilers. *Int. Journ. Poult. Sci.*, 2 (6): 367-371.
- Dale, N. M., and Fuller, H. L. (1980). Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. II. Constant vs. cycling temperatures. *Poult. Sci.*, 59: 1434-1441.

- Deaton, J. W., Reece, F. N., and McNaughton, J. L. (1978). The effect of temperature during the growing period on broiler performance. *Poult. Sci.*, 57: 1070-1074.
- DEGUSSA. 1982. Amino acids for animal nutrition. Degussa AG, GB Industrie- und Feinchemikalien Geschäftsgebiet BF. Frankfurt, Federal Republic of Germany.
- DEGUSSA. 1992. Digestible amino acids in feedstuffs for poultry. Degussa AG, Applied Technology Feed Additives. Hanau, Germany
- Dozier, W. A. III, Moran, E. T., Jr., and Kidd, M. T. (2000). Threonine requirement for broiler males from 42 to 56 days of age. *J. Appl. Poult. Res.*, 9: 214 -222.
- Fisher, C. (1993). The N-economy of poultry: prospects for reducing waste by nutritional means. *2<sup>nd</sup> Belgian Days on Pigs and Poultry*. Brugge, Belgium.
- Fuller, H. L. and Mora, G. (1973). Effect of diet composition on heat increment, feed intake, and growth of chicks subjected to heat stress. *Poult. Sci.*, 52: 2029 (Abs.)
- Hafez, E. S. E. e DYER, I. A. (eds.) 1972. *Desarrollo y Nutrición Animal*. Traducción Pedro Ducar M. Acribia. Zaragoza, España.
- Hai, L.; Rong, D., and Zhang, Z. Y. (2000). The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 83: 57-64.
- Howlider, M. A. R. and Rose, S. P. (1987). Temperature and growth of broilers. *World's Poult. Sci. J.*, 43: 228-237.
- Idrogo S., N. Y. 2006. Bioestimulante vitaminizado en el agua de bebida de patos criollos y su efecto sobre el crecimiento. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Kidd, M. T., and Kerr, B. J. (1997). Threonine responses in commercial broilers at 30 to 42 days. *J. Appl. Poult. Res.*, 6: 362-367.
- Kidd, M. T., Lerner, S. P., Allard, J. P., Rao, S. K., and Halley, J. T. (1999). Threonine needs of finishing broilers: growth carcass, and economic responses. *J. Appl. Poult. Res.*, 8: 160-169.
- Kidd, M. T., Barber, S. J., Virden, W. S., Dozier, W. A., III; Chamblee, D. W., and Wiernusz, C. (2003a). Threonine responses of Cobb male finishing broilers in differing environmental conditions. *J. Appl. Poult. Res.*, 12: 115-123.
- Kidd, M. T., Zumwalt, C. D., Barber, S. J., Dozier, W. A., III, Chamblee, D. W., and Wiernusz, C. (2003b). Threonine responses of female Cobb 500 broilers from days 42 to 56. *J. Appl. Poult. Res.*, 12: 130-136.
- Lemme, A. (2001). Responses of broilers to dietary threonine: A survey of the international literature. Degussa Corporation. *Amino News*, 02(01): 1-6.
- López S., R. (2005). Producción de gallinas Hy Line Brown según presencia de un simbiótico y minerales traza quelados a aminoácidos en el agua de bebida. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Maynard, L., Loosli, J. K., Hintz, H. F., y Warner, R. G. (1981). *Nutrición Animal*. 7ma ed. Traducción de Alfonso Ortega S. Libros McGraw-Hill. México.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9<sup>th</sup> rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C.
- Nuntón E., J. L. (2006). Rendimiento de gorrinos (destete-30 Kg.) por acción de un bioestimulante con diferentes proporciones de minerales orgánicos y aminoácidos activados suministrado por vía oral. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.

- Ojano-Dirain, C. P., and Waldroup, P. W. (2002). Evaluation of lysine, methionine and Threonine needs of broilers three to six week of age under moderate temperature stress. *Int. Journ. Poult. Sci.*, 1(1): 16-21.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Limusa. México.
- Pack, M. (1994). Últimos avances en los sistemas de valoración de aminoácidos para la alimentación de aves. **X CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA** (Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Madrid, España.
- Penz, A. M., Jr., Colnago, G. L., and Jensen, L. S. (1997). Threonine supplementation of practical diets for 3 to 6-wk-old broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, 6: 355-361.
- Ramírez M., M. O. (2006). Rendimiento al inicio de pollos de carne por acción de dos bioestimulantes, con diferentes proporciones de minerales orgánicos y aminoácidos, en el agua de bebida. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Ruiz, M. (1999). Bioquímica Estructural. Alfaomega. México.
- Ruiz E., J. M. (2005). Rendimiento de pavos Hybrid Super Medio que reciben aminoácidos y minerales quelados en el agua de bebida. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Salazar V., L. C. (2006). Bioestimulante reforzado con vitaminas en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en el inicio de pollos de carne. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Scheffler, E. (1981). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Sinurat, A. P. and Balnave, D. (1985). Effect of dietary amino acids and metabolizable energy on the performance of broilers kept at high temperatures. *Br. Poult. Sci.*, 26: 117-128.
- Specian, R. D. and Oliver, M. G. (1991). Functional biology of intestinal goblet cells. *Am. J. Physiol.*, 260: C183-C193.
- Stoll, B., Henry, J., Reeds, P. J., Yu, H., Jahoor, F., and Burrin, D. G. (1998). Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential-amino acids in milk protein-fed piglets. *J. Nutr.*, 128: 606-614.
- Stryer, L. (1985). Bioquímica. 2da. ed. Reverte S. A. España.
- Thomas, O. P., Farran, M., and Tamplin, C. B. (1992). Broiler nutrition update. In: *Proc. Maryland Nutr. Conf.*; College Park, MD. Pages 45-53.
- Van der Schoor, S. R., Reeds, P. J., Stoll, B., Henry, J. F., Rosenberger, J. R., Burrin, D. G., and Van Goudoever, J. B. (2002). The high metabolic cost of a functional gut. *Gastroenterology*, 123: 1931-1940.
- Villegas R., R. C. (2005). Producción de gallinas Hy-Line Brown según la presencia de una fuente de minerales orgánicos (30%) y aminoácidos activados (70%) en el agua de bebida. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Waldroup, P. W., Mitchell, R. J., Payne, J. R., and Hazen, K. R. (1976). Performance of chicks fed diets formulated to minimize excess levels of essential amino acids. *Poult. Sci.*, 55: 243-253.
- Waldroup, P. W., Kersey, J. H., and Kidd, M. T. (2002). Dietary interactions between Threonine and crude protein in diets for growing Tom turkeys 8 to 12 weeks of age. *Int. Jour. Poult. Sci.*, 1(4): 74-77.

- Wallis, I. R., and Balnave, D. (1984). The influence of environmental temperature, age, and sex on the digestibility of amino acids in growing broilers. *Br. Poult. Sci.*, 25:401-407.
- Zárate L., L. M. (2005). Incorporación de canela y kióon en la dieta y de un bioestimulante en el agua de bebida y su efecto sobre el rendimiento en pollos de carne, sin APC. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
- Zuprizal, M. L., Chagneau, A. M., and Geraert, P. A. (1993). Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poult. Sci.*, 72: 289-295.

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales

Muestra	S. C.	G.L.	$S_i^2$	$\log_{10}S_i^2$	G.L.x $\log_{10}S_i^2$
1	248037.5	29	8553.02	3.9321	114.0315
2	244266.7	29	8422.99	3.9255	113.8735
3	237696.7	29	8196.44	3.9136	113.4951
Total	730000.9	87	-----	-----	341.3651

$$S^2 = 8390.82$$

$$A = 341.3710$$

$$\chi^2 = 0.0135^{n: s:}$$

### Anexo 2.

#### Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de totales de peso

Muestra	S. C.	G.L.	$S_i^2$	$\log_{10}S_i^2$	G.L.x $\log_{10}S_i^2$
1	5898357.5	29	203391.64	5.3083	153.9417
2	2671720.0	29	92128.28	4.9644	143.9674
3	1145103.45	28	40896.55	4.6117	129.1272
Total	9715180.95	86	-----	-----	426.0363

$$S^2 = 112967.22$$

$$A = 434.5539$$

$$\chi^2 = 17.3^{**}$$

### Anexo 3.

#### Análisis de la varianza con los incrementos totales de peso transformados logarítmicamente

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	889.1267	1	889.1267		
Tratamientos	0.1447	2	0.0724	2.19	N. S.
Residual	2.8499	86	0.0331		
TOTAL	892.1213	89			

$$C. V. = 5.8\%$$

**Anexo 4.**

**Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso (Y), información logarítmica**

Fuente de Variación	GL	Suma de cuad. y product.			Desv. respecto a regresión		
		$\Sigma x^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma y^2$	$\Sigma y^2 - \Sigma xy^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	2	38474.10	57.36	0.1447			
Residual	86	727021.41	603.45	2.8499	2.3490	85	0.0276
Total	88	765495.51	660.81	2.9946	2.4242	87	-----
Diferencias para probar entre medias ajustadas de Tratamientos					0.0752	2	0.0376

$F_{COV.} = 1.36^{N.S.}$

$F_{REG.} = 18.15^{**}$

**Correcciones por covarianza**

Promedio general de X = 714.8

Promedio general de Y = 3.1607

$b_{Y/X} = 0.00083$

	Tratamientos		
	1	2	3
Promedio $X_i$	697.5	703.33	744.48
Diferencia	-17.3	-11.47	29.68
$b_{Y/X}$ por diferencia	-0.0144	-0.00952	0.0246
Promedio $Y_i$	3.1059	3.1767	3.2009
Promedio $Y_i$ correg.	3.1203	3.1862	3.1763
Promedio transformado	1319.17	1535.32	1500.72
% de T1	100	116.4	113.76

**Anexo 5.**

**Análisis de la varianza de la regresión entre tratamientos e incrementos de peso observados (logaritmos)**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	889.1176	1	889.1176		
Regresión	0.1452	2	0.0726	2.19	n. s.
Lineal	0.1343	1	0.1343	4.05	*
Cuadrática	0.0109	1	0.0109	<1	n. s.
Residual	2.8584	86	0.0332		
Total	892.1212	89			

**Anexo 6.****Análisis de la varianza de la regresión entre tratamientos e incrementos de peso (logaritmos) corregidos por covarianza**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Signif.</b>
Media	889.16	1	889.16		
Regresión	0.0773	2	0.0387	1.2	n. s.
Lineal	0.0468	1	0.0468	1.4	n. s.
Cuadrática	0.0305	1	0.0305	0.9	n. s.
Residual	2.8375	86	0.0330		
Total	892.0748	89			