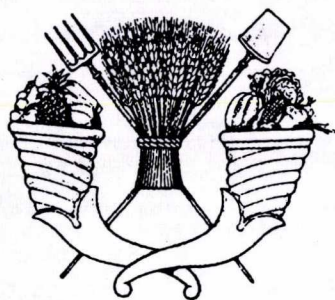




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE
L-LISINA PARA POLLOS DE ENGORDA CON
ALIMENTACIÓN *ad libitum* Y RESTRINGIDA**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

P R E S E N T A :

JUAN GABRIEL BARRERA GONZÁLEZ

857861

FEBRERO DE 1998

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO

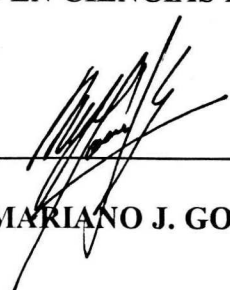


**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE L-LISINA PARA
POLLOS DE ENGORDA CON ALIMENTACIÓN *ad libitum* Y RESTRINGIDA**

Tesis realizada por **Juan Gabriel Barrera González** bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado
de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

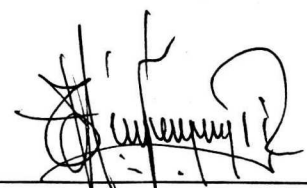
DIRECTOR: _____


Ph. D. MARIANO J. GONZÁLEZ ALCORTA

ASESOR: _____


Ph. D. MANUEL CUCA GARCÍA

ASESOR: _____


Ph. D. TITO R. VÁZQUEZ ROJAS

**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE L-LISINA PARA
POLLOS DE ENGORDA CON ALIMENTACIÓN *ad libitum* Y RESTRINGIDA**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Juan Gabriel Barrera González** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

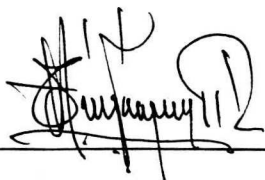
PRESIDENTE: _____


Ph. D. MARIANO J. GONZÁLEZ ALCORTA

ASESOR: _____


Ph. D. MANUEL CUCA GARCÍA

ASESOR: _____


Ph. D. TITO R. VÁZQUEZ ROJAS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Zootecnia por todo el apoyo brindado...

Al Ph. D. MARIANO J. GONZÁLEZ ALCORTA por la correcta y acertada dirección para la realización del presente trabajo.

Al Ph. D. MANUEL CUCA GARCÍA por todo el apoyo otorgado para realizar el trabajo de tesis, así como sus valiosas aportaciones a la misma.

Al Ph. D. TITO R. VÁZQUEZ ROJAS por las acertadas observaciones efectuadas al presente trabajo.

A todo el personal Académico y Administrativo del Posgrado en Producción Animal del Departamento de Zootecnia.

A los alumnos de 5o. Año Grupo "D" Generación 1996-1997, quienes me apoyaron en la fase experimental de la tesis.

A TODOS GRACIAS...

DEDICATORIA

Con admiración y respeto a mis padres por el apoyo que me han brindado siempre...

Jovita González de Barrera

Felix Barrera Caballero

A mis hermanos, por los momentos compartidos a lo largo de nuestras vidas...

Jorge M., Ma. Guadalupe, José Alberto, Verónica J., Georgina y E. Felix.

A mis sobrinos, por ser la alegría de nuestra familia

**Ana Karen, Jesús, Luis Fernando, Jorge Alberto, José Alexis, José Abraham
y José Alberto.**

A mi mas grande Amor...

Susana

A mis abuelas

Cármen Caballero Suárez y María Mejía Martínez.

A mis tíos, tías y primos...

A todos mis compañeros de Producción Animal, en especial a Anibal y José C.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron para conseguir
una de mis mas grandes metas...

Sinceramente

JUAN GABRIEL

RESUMEN

Barrera González Juan Gabriel y Mariano J. González Alcorta

NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE L-LISINA PARA POLLOS DE ENGORDA CON ALIMENTACIÓN *ad libitum* Y RESTRINGIDA

(Febrero, 1998)

Investigaciones realizadas señalan que al cambiar la formulación de mínimo costo por máxima utilidad se obtiene una utilidad extra que a gran escala representaría un incremento sustancial en las utilidades de los productores. Con base en lo anterior se realizó un experimento con el objetivo de estimar los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de L-lisina en la dieta de 1 a 21 días, a partir de 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4% de L-lisina en la dieta. Las variables estudiadas fueron consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y mortalidad por ascitis (MA). Fueron construidos y solucionados dos modelos econométricos para estimar NOB (1.139%) y NOE (1.135%), respectivamente. Asimismo se realizó un segundo experimento para encontrar tiempos óptimos biológico (1,856g al restringir 8h en iniciación) y económico (\$4.54 al restringir 8h en iniciación-finalización) de alimentación utilizando el NOB estimado en el primer experimento.

Palabras clave: Pollos de engorda, L-lisina, Nivel óptimo biológico y económico, Restricción Cuantitativa.

SUMMARY

Barrera González Juan Gabriel y Mariano J. González Alcorta

OPTIMAL BIOLOGICAL AND ECONOMICAL L-LYSINE LEVELS FOR BROILER *ad libitum* AND RESTRICTIVE FEED

(February, 1998)

It was carried out an experiment in order to estimate the optimal biological (OBL) and economic (OEL) levels of L-lysine on starter broiler diets from 1 to 21 days of old. The main hypothesis was that the maximum profits feed formulation produces more profits than the least cost feed formulation. The treatments were 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 and 1.4% L-lysine levels. The response variable were feed intake, body weight and ascites mortality. Two econometric models were built in order to estimate OBL (1.139%) and OEL (1.135%), respectively. A second experiment was carried out in order to estimate the optimal feeding time, for maximum body weight gain (1918 g) was gotten used the strategic 8 h on starter and without restriction on finisher, meanwhile for maximum profit (\$4.72) with 8 h in both stages, using OBL estimated.

Keys words: Broiler, L-lysine, Optimal biological and economic levels, Optimal biological and economic feeding time.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1.1. Situación actual de la producción de pollo en México.....	4
2.1.2. Situación de la industria de alimentos balanceados.....	7
2.1.3. Necesidades de la industria de alimentos balanceados.....	9
2.1.4. Importancia de la formulación de máxima utilidad.....	10
2.2. MARCO CONCEPTUAL	11
2.2.1. Características de la L-lisina.....	12
2.2.2. Proceso de absorción y degradación de los aminoácidos.....	12
2.2.3. Interacción entre la L-lisina y L-arginina.....	13
2.2.4. Niveles óptimos biológicos de L-lisina para pollos de engorda.....	14
2.2.5. Relación del nivel óptimo biológico de L-lisina con la “Proteína Ideal”	16
2.2.6. Relación del nivel óptimo biológico con el Síndrome Ascítico.....	17
2.2.7. Nivel óptimo económico de L-lisina.....	20

	Página
III. PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	23
3.1. Problemática.....	23
3.2. Hipótesis.....	24
3.3. Objetivos.....	24
IV. METODOLOGÍA GLOBAL.....	25
4.1. Colección de datos para estimar NOB y NOE.....	25
4.2 Estimación de parámetros de los modelos de regresión.....	25
4.3. Selección de modelos de regresión.....	28
4.4. Construcción de modelos econométricos.....	28
4.5. Solución de modelos econométricos.....	29
4.6. Análisis paramétrico.....	30
4.7. Colección de los datos experimentales para tiempos óptimos de alimentación.....	30
4.8. Simulación de las variables respuesta.....	30

V. ARTÍCULO I

Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad.....	31
5.1. Resumen.....	31
5.2. Abstract.....	32
5.3. Introducción.....	33
5.4. Materiales y Métodos.....	34
5.4.1. <i>Colección de datos experimentales y de literatura.....</i>	34
5.4.2. <i>Estimación de parámetros de modelos de regresión.....</i>	36
5.4.3. <i>Selección de modelos de regresión.....</i>	37
5.4.4. <i>Construcción de los modelos econométricos.....</i>	38
5.4.5. <i>Solución de los modelos econométricos para estimar los NOB y NOE.....</i>	39
5.4.6. <i>Análisis paramétrico.....</i>	40
5.5. Resultados.....	40
5.6. Discusión de resultados.....	44
5.7. Conclusiones.....	47
5.8. Literatura Citada.....	48

VI. ARTÍCULO II

Tiempos óptimos de alimentación para maximizar ganancia de peso o utilidades en pollo de engorda.....	51
6.1. Resumen.....	51
6.2. Abstract.....	52
6.3. Introducción.....	53
6.4. Materiales y Métodos.....	54
6.5. Resultados.....	57
6.6. Discusión de resultados.....	61
6.7. Conclusión.....	62
6.8. Literatura Citada.....	63
VII. DISCUSIÓN GLOBAL.....	64
VIII. LITERATURA CITADA.....	68
IX. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Consumo percapita (kg) para las principales especies en México.....	4
Cuadro 2. Fuentes de origen vegetal y animal de L-lisina.....	12
Cuadro 3. Niveles óptimos biológicos de L-lisina total y digestible para pollos de engorda.....	15
Cuadro 4. Comparación del perfil ideal de aminoácidos para pollos de engorda (IICP; por Baker y Han, 1994) de 1 a 21 días de edad.....	17
Cuadro 5. Niveles de inclusión de ingredientes y composición de las dietas experimentales de 1 a 21 días de edad.....	35
Cuadro 6. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 1 a 21 días de edad.....	41
Cuadro 7. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 22 a 49 días de edad.....	41
Cuadro 8. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 1 a 49 días de edad.....	43
Cuadro 9. Selección de modelos de regresión por el método de Freidman (Conover, 1980).....	43

	Página
Cuadro 10. Análisis paramétrico para el nivel óptimo económico (NOE), al variar el precio del pollo y de la L-lisina sintética.....	45
Cuadro 11. Niveles de inclusión de ingredientes y composición de las dietas experimentales.....	55
Cuadro 12. Variables respuesta en la etapa de 1 a 21 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.....	58
Cuadro 13. Variables respuesta en la etapa de 22 a 49 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.....	58
Cuadro 14. Variables respuesta en la etapa de 1 a 49 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.....	60
Cuadro 15. Análisis de las utilidades reales y estimadas por simulación, en pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Producción pecuaria durante 1996 en México.....	5
Gráfica 2. Variabilidad del precio del pollo en México.....	6
Gráfica 3. Variabilidad del precio por tonelada de la pasta de soya en México.....	9
Gráfica 4. Variabilidad del precio por tonelada del sorgo en México.....	10

I. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos balanceados requiere resolver problemas técnicos y económicos, pero lo mas importante es mantenerse como una industria rentable a través de un nivel adecuado de utilidades. Lo anterior, con el objeto de ser competitivos con productores de otros países. Para lo cual se tienen que buscar alternativas de formulación de raciones.

Tradicionalmente se formulan dietas a mínimo costo mediante la programación lineal (Dent y Casey, 1967). Sin embargo, la formulación de mínimo costo (FMC) no garantiza las máximas utilidades de los productores, y además, de que manejan requerimientos fijos (NRC, 1994; Cuca *et al.*, 1996), que tienden a maximizar los niveles de producción (ganancia de peso).

La tendencia de los investigadores es proponer métodos alternativos, entre los que se encuentran: la Formulación Estocástica de Mínimo Costo (D' Alfonso *et al.*, 1992), la Formulación Econométrica de Máxima Utilidad (González *et al.*, 1992) y la de Margen de Seguridad de Mínimo Costo (D' Alfonso *et al.*, 1993). Asimismo, otros autores han sugerido diferentes alternativas de simulación en producción de aves (Hurwitz, 1978; Emmans, 1981 y Talpaz *et al.*, 1988).

Dentro de los métodos de formulación de raciones, se han generado cambios importantes, debido a las nuevas aplicaciones de las técnicas de investigación como es el caso de la investigación de operaciones y econometría.

Actualmente se propone una metodología, la formulación de máxima utilidad (FMU), que emplea la programación no lineal y cuyo objetivo central es encontrar la

relación beneficio-costo que maximice las utilidades de los productores, además, de que se manejan requerimientos variables (González *et al.*, 1992).

De la Ley de Rendimientos Decrecientes de la teoría microeconómica (Binger y Hoffman, 1988) puede deducirse que los niveles óptimos biológico (máxima ganancia de peso) y económico (máxima utilidad) de un nutrimento pueden no coincidir. A diferencia del nivel óptimo biológico (NOB), el nivel óptimo económico (NOE) depende de la variabilidad del precio del pollo y de los ingredientes.

Hasta el momento las investigaciones realizadas, no contemplan la importancia de la metodología necesaria para encontrar de manera precisa los niveles óptimos económicos. El procedimiento para formular raciones a máxima utilidad consiste en estimar parámetros de modelos de regresión, seleccionar modelos de regresión, construir y dar solución a modelos econométricos (González-Alcorta, 1994).

Aunque, la L-metionina es el primer aminoácido esencial en las dietas para aves (Zubay, 1988), es importante determinar el requerimiento de L-lisina, ya que la corriente en la formulación de dietas considera el concepto de “proteína ideal”, el cual esta basado en los requerimientos de los pollos de engorda de dicho aminoácido.

Se podría decir que existen dos tipos de NOB de un nutrimento (L-lisina en este caso) 1) aquel que maximiza la ganancia de peso y 2) aquel que minimiza la mortalidad por síndrome ascítico (SA). Hasta el momento las investigaciones realizadas, solo han sido conducidas para encontrar el NOB con el que se pueda obtener la máxima ganancia de peso (Aguilar y Pérez, 1996).

Es muy importante contestar la interrogante, si resulta mas redituable formular dietas con el NOE y alimentar a los pollos a libre acceso, o bien emplear el NOB con alimentación restringida (tiempos óptimos).

Por lo anterior el propósito de la presente investigación es estimar los NOB y NOE de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad; estimar los tiempos óptimos de alimentación para máxima ganancia de peso o máxima utilidad durante la etapa de engorda (0 a 7 semanas); y comparar el NOE a libre acceso o el NOB con alimentación restringida, dentro del contexto de la FMU.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MARCO DE REFERENCIA

La avicultura en México, es una gran fuente trabajo ya que genera 120,000 empleos de manera directa y 600,000 indirectamente, los principales productores que participan en la producción de pollo son Guanajuato, La Laguna, Veracruz, Jalisco, Nuevo León, México, Puebla, Morelos, Querétaro y Yucatán, que son principalmente los proveedores al mercado del Distrito Federal, excepto Guanajuato (UNA, 1996).

2.1.1. Situación actual de la producción de pollo en México

La producción de carne de pollo en México es muy importante, ya que ocupa el cuarto lugar a nivel mundial con 1,478,349 toneladas, se encuentra entre los principales países consumidores con 15.9 kg percapita (Cuadro 1). Este incremento en el consumo percapita ha generado que el pollo de engorda aporte 0.28% al PIB total, un 4.04% del PIB agropecuario y un 12.10% del PIB pecuario durante 1996, esto debido a que el pollo de engorda representa el 28% de la producción pecuaria nacional (UNA, 1996).

Cuadro 1. Consumo percapita (kg) para las principales especies en México.

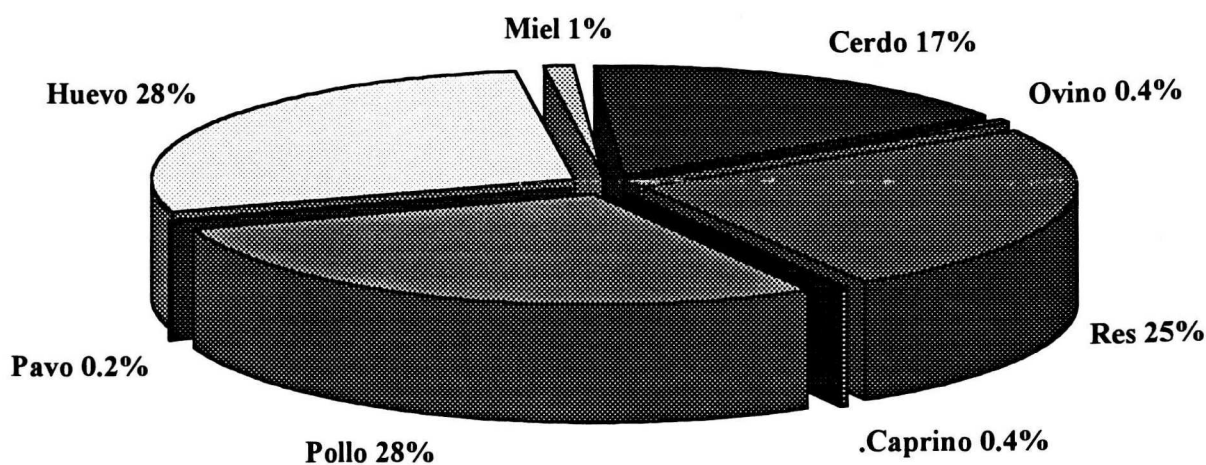
Especie/Año	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Porcinos	18.0	19.1	8.7	9.0	9.2	9.4	9.7	8.4	---
Bovinos	14.2	15.9	14.3	15.8	15.4	16.1	14.6	11.1	---
Pollo	10.1	11.8	12.1	14.2	16.0	16.4	15.9	16.6	15.9
Huevo	10.9	13.2	14.2	14.0	14.1	14.2	14.9	15.9	15.8
Consumo Total	53.2	60.0	49.3	52.9	54.7	56.1	55.1	52.0	---

Fuente: UNA, 1996.

Según López (1995) en 1994 ocurrió un cambio total en el patrón de consumo de carne, con respecto a 1989, el consumo de carne de pollo se incrementó 98.9% al

promediar 15.5 kg, el de res creció 1.7% al estabilizarse en 14.8 kg, y el de cerdo se elevó 6.6% con 9.7 kg percapita.

Hasta 1994, México se encontraba entre los cinco principales importadores mundiales de carne de pollo de la Unión Americana con 188,580 toneladas, pero tras la devaluación de la moneda mexicana en 1995, se han desplomado drásticamente dichas importaciones (González, 1995).

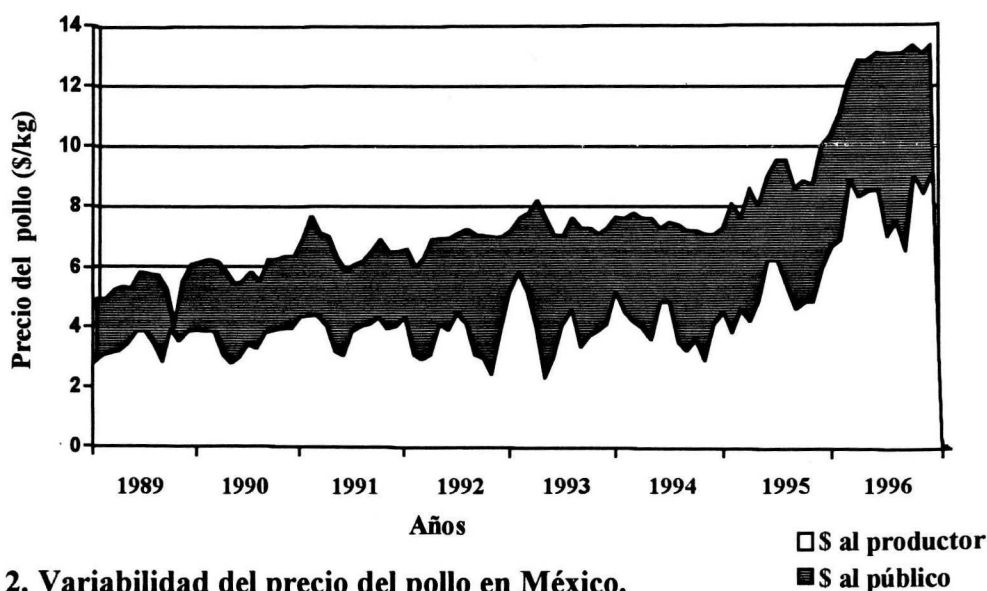


Gráfica 1. Producción pecuaria en México durante 1996.
Fuente: UNA, 1996.

La producción avícola contribuye con un 56.2% del total de la producción pecuaria en México, lo cual indica, la importancia que retoma la producción de carne de pollo y huevo en nuestro país, con respecto a las demás especies que se explotan actualmente para el consumo humano (Gráfica 1).

Es muy importante considerar la variabilidad en el cambio de precio de la carne de pollo, que ha sufrido a través de los años; y mas aun, durante el transcurso de los meses dentro de un mismo año (Gráfica 2). El precio del pollo al mercado esta en función a la

ley de la oferta y la demanda, y asimismo a la época del año, ya que a final y principio de año es cuando se incrementa el valor de la carne de pollo, por lo que dentro de un mismo año se dan variaciones considerables que se deben tomar en cuenta en la formulación de raciones. Además, cabe remarcar que el precio que se le paga al productor no siempre va acorde con el precio del pollo al consumidor, ya que, inclusive en ocasiones se paga menos al productor del precio que se vende al público. Lo que indica, que los intermediarios obtienen mayores utilidades que los mismos productores de carne de pollo.



Gráfica 2. Variabilidad del precio del pollo en México.

Fuente: UNA, 1996.

El pollo de engorda ha sido seleccionado para obtener máximas ganancias de peso y para mejorar su eficiencia alimenticia. Los pollos normalmente son alimentados *ad libitum* para que lleguen mas pronto al peso de mercado, aunque algunos investigadores interesados (Acar *et al.*, 1991) han manifestado lo importante que es el control del consumo de alimento para evitar la deposición excesiva de grasa en la canal. Es conveniente mencionar que los pollos se venden a diferentes edades y pesos, ya sea

enteros o en partes, lo que dificulta establecer requerimientos nutricionales para cada tipo de producción de pollo bajo las condiciones de México. Además, de que dichos requerimientos pueden variar, de acuerdo a los criterios empleados (NRC, 1994; Cuca *et al.*, 1996) por los nutriólogos. También es evidente que el requerimiento de L-lisina en la dieta para maximizar el rendimiento en la pechuga es mayor que lo que se necesita para maximizar la ganancia de peso (Acar *et al.*, 1991). Esto es un aspecto a considerar por parte de la industria de alimentos balanceados, para poder ofrecer un alimento que cumpla con las necesidades del pollo de engorda.

2.1.2. Situación de la industria de alimentos balanceados

A la fecha, las fábricas productoras de alimentos balanceados cuentan con una capacidad de 16 millones de toneladas al año, pero realmente trabajan a un 80% de su capacidad, y del total de producción, el 70% es elaborado por productores integrados (avicultores, porcicultores y ganaderos) el resto es por fábricas de alimento. Se cuenta con 320 plantas distribuidas en todo el país, pero principalmente en los estados de Jalisco, Nuevo León, Guanajuato y la región de La Laguna (González, 1995).

La producción de alimentos es principalmente para: aves (32%), cerdos (31%), ganado lechero (17%), ganado de engorda (11%), acuacultura (3%), y el resto es alimento que se produce para caballos, conejos, perros, gatos, etcétera (CANACINTRA, 1996).

Con la apertura del TLC, las importaciones de alimentos balanceados de Estados Unidos a México afectan la estabilidad de los fabricantes mexicanos; por los altos costos de producción (20% mas), en relación con los productores estadounidenses, debido a un

mayor precio de los insumos (sorgo y pasta de soya, principalmente) y a los altos costos financieros. Tras el cambio de paridad del peso, los costos de producción se incrementaron hasta un 40% en los principales insumos avícolas, que afectaron aun mas a las fábricas de alimento balanceado, este problema provocó un menor impacto en las grandes empresas avícolas, que se fortalecen al asociarse con productores en aparcerías, tal es el caso de Bachoco y Trasgo (González, 1995).

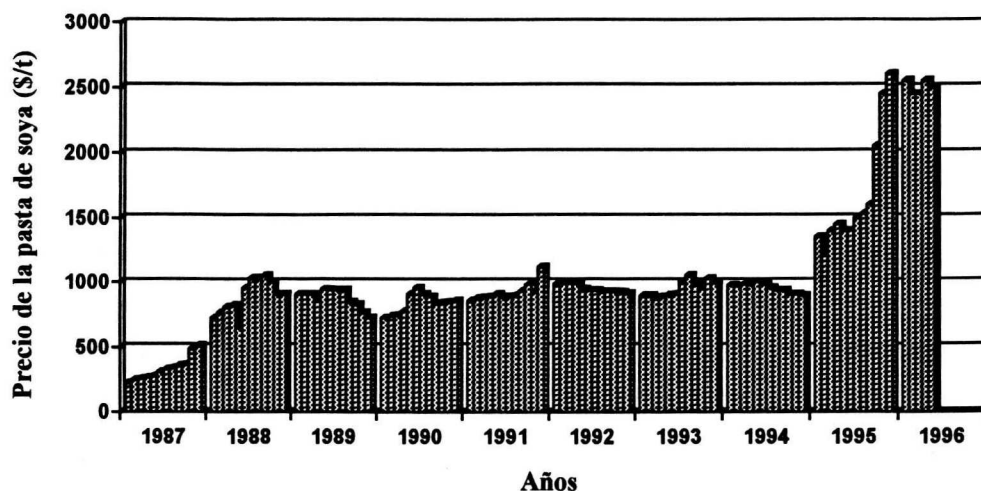
Según las investigaciones realizadas por Malta Clayton (1996), las principales empresas productoras de alimento balanceado para pollo de engorda, en orden de importancia en base al nivel de producción en miles de toneladas son: Bachoco (432), Pilgrim's Pride (288), Trasgo-Tyson (312), Patsa (310), Gigantes Tepa (290), Univasa (288), Avigrupo (144), Pollo Genera (136), Nochistongo (132) y Alimentos Libra (89), para un total de 2,421,000 toneladas de alimento para pollo de engorda por año.

Aunado a los problemas anteriores, la producción de soya y sorgo a nivel nacional resulta insuficiente, y se agudiza mas debido a las políticas gubernamentales al impulsar el cultivo de maíz a partir de 1994, dado que la producción es insuficiente para satisfacer su demanda y ser un cultivo básico. Por tal motivo se requiere importar el sorgo y la soya, principalmente de Estados Unidos (González, 1995). Aunque ahora, se tiene la ventaja de que éstos dos insumos ya no tienen un arancel por importación y, a partir del 2003 la desgravación de aranceles para todos los ingredientes utilizados para la elaboración de alimento balanceado para la producción pecuaria será libre, excepto para el caso del maíz (UNA, 1996). Aunado a ello la industria de alimentos balanceados debe proporcionar alternativas inmediatas y convincentes para los productores de pollo de engorda.

2.1.3. Necesidades de la industria de alimentos balanceados

La industria de alimentos balanceados requiere resolver principalmente cuatro problemas, y el mas urgente es el de minimizar los costos de producción; una vez cubierto este punto, la industria debe asignar los recursos o ingredientes disponibles en forma óptima; el tercer problema esta relacionado con la variabilidad de la calidad de los ingredientes, en cuanto al contenido de nutrimentos; y el cuarto, que es el mas importante, es el de maximizar las utilidades (\$) de los productores, con el fin de permanecer en el mercado y ser competitivos. Para lo cual se tienen dos alternativas, una es fijar o establecer el nivel de producción y otra, permitir que el nivel de producción sea variable dentro de las demandas del mercado.

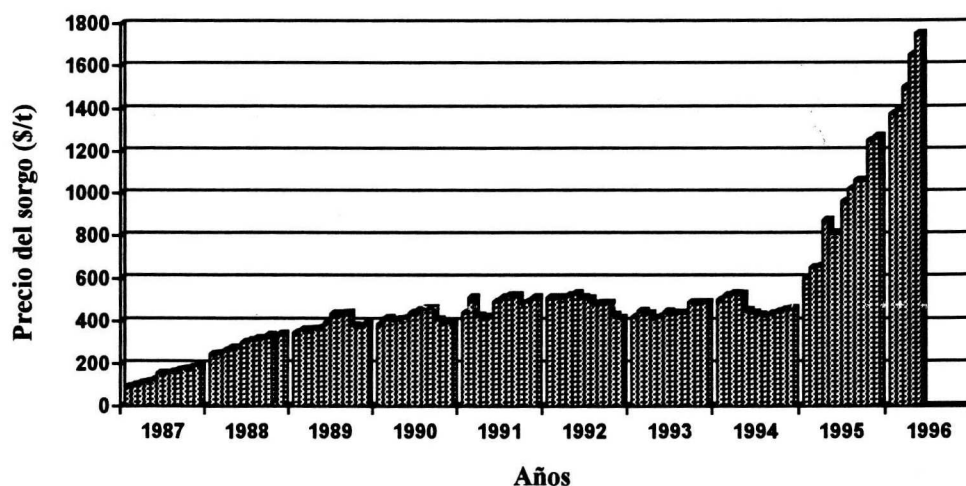
Pero la industria de alimentos balanceados se enfrentan a un problema mas grave que es la variabilidad del precio de los ingredientes (pasta de soya y sorgo principalmente) para la elaboración del alimento balanceado.



Gráfica 3. Variabilidad del precio por tonelada de la pasta de soya en México.

Fuente: CANACINTRA, 1996.

Tras la devaluación del peso ante el dólar en 1994, el precio de la pasta de soya se elevó aproximadamente en un 40% hasta los primeros seis meses de 1995, pero, en los últimos cuatro meses, y los primeros cuatro meses de 1996 su precio se incrementó en un 150%, con respecto a 1994 (Gráfica 3).



Gráfica 4. Variabilidad del precio por tonelada del sorgo en México.

Fuente: CANACINTRA, 1996.

Para el caso del precio de sorgo ocurre la misma situación que con la pasta de soya, a partir de 1995 se tuvo un incremento lineal, que a final de año fue de aproximadamente un 200% con respecto al precio de 1994, y la misma tendencia se sigue en los primeros cuatro meses de 1996 (Gráfica 4).

2.1.4. Importancia de la formulación de máxima utilidad

En México actualmente se utilizan paquetes de formulación de raciones, los cuales se basan en la programación lineal, en donde se busca obtener el mínimo costo de las

mismas. Dichos paquetes no consideran la importancia de obtener la máxima utilidad para el productor. Por lo cual en la actualidad se han desarrollado nuevos métodos para la formulación de raciones, los cuales aún se encuentran a nivel de investigación, como es el caso de la formulación de raciones de máxima utilidad (\$) para los productores (FMU).

La máxima utilidad, se da básicamente porque al formular dietas con esta metodología se obtiene una mayor utilidad estimada a la que se obtiene con la formulación de mínimo costo (FMC) en pollos de engorda y cerdos (González *et al.*, 1992; González-Alcorta *et al.*, 1993; González-Alcorta y Orozco, 1994).

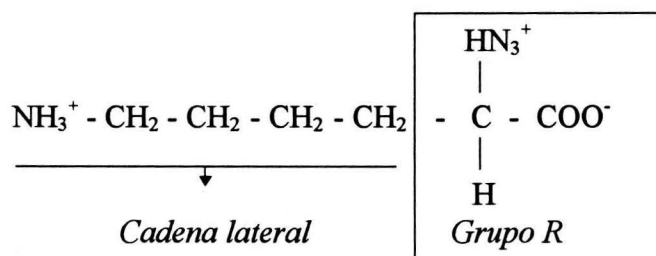
Se estima que anualmente se engordan aproximadamente 739 millones de pollos, el uso de la FMU incrementa las utilidades extras en cantidades pequeñas pueden tener gran impacto en el total de utilidades a nivel del país.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Dadas las nuevas corrientes en la formulación de raciones para aves y cerdos, en la que consideran a la L-lisina como requerimiento patrón en el balance global de aminoácidos, para formular dietas con el concepto de “proteína ideal”, que se empieza a utilizar en el caso de cerdos; ya que en ésta especie la L-lisina es el aminoácido mas limitante. Y que ahora en la actualidad se aplica en el caso de aves, principalmente en pollos de engorda; en donde, es el segundo aminoácido limitante, después de la L-metionina (Baker y Han, 1994), cuando se emplean sorgo y pasta de soya en las dietas.

2.2.1. Características de la L-lisina

La composición química de la L-lisina según Strieler (1988), es un aminoácido de cadena lateral básica; además, Zubay (1988), menciona que es un aminoácido con el grupo R con carga. A continuación se presenta la estructura química de la L-lisina:



Así mismo, se tiene que a mayor concentración de L-lisina en la dieta se va a inhibir la tripsina, por lo tanto, la digestibilidad de las proteínas disminuye considerablemente (Murray *et al.*, 1990). A continuación se mencionan algunas fuentes de L-lisina de origen vegetal y animal:

Cuadro 2. Fuentes de origen vegetal y animal de L-lisina (%).

Fuente Vegetal	L-lisina	Fuente Animal	L-lisina
Pasta de soya	2.90	Harina de sangre	7.44
Pasta de canola	2.27	Harina de pescado (anchoveta)	5.02
Pasta de algodón	1.70	Harina de carne y hueso	2.89
Haba	1.68	Suero de leche	2.54
Pasta de girasol	1.68		
HCl-Lisina	78.00		

Fuente: NRC (1994).

2.2.2. Proceso de absorción y degradación de los aminoácidos

El proceso de absorción es similar para todos los aminoácidos, se requieren cantidades suficientes de *sodio* que se une al aminoácido, y *glucosa* que actúa como fuente de energía para el transporte activo. La glucosa juega un papel muy importante en

el proceso de la absorción de los aminoácidos, ya que sino hay glucosa presente en el lumen intestinal no se activa la glucosa permeasa (Zubay, 1988).

Los pasos finales de degradación o catabolismo de la L-lisina, L-leucina y L-triptofano, son similares a la β -oxidación de los ácidos grasos (Zubay, 1988) y a la L-lisina se le considera como un aminoácido glucogénico y cetogénico, ya que puede llegar a formar glucosa y cuerpos cetónicos, respectivamente (Murray *et al.*, 1990).

Se debe tomar en cuenta la degradación de la L-lisina por la enzima arginasa, ya que son pérdidas directas para el productor, por su alto costo por kilogramo de la L-lisina y que la L-arginina esta presente en la mayoría de los ingredientes para la elaboración de las dietas; por lo anterior, es muy importante considerar la relación L-lisina - L-arginina.

2.2.3. Interacción entre la L-lisina y L-arginina

Entre la L-lisina y la L-arginina se presenta un *antagonismo*, dado por la arginasa renal, la cual no distingue la diferencia entre ambos aminoácidos, que los transforma (destruye) en urea y ornitina, por lo que al formular una ración se debe considerar la importancia económica, de conservar una relación mínima de 1:1. El nivel de actividad de esta enzima se puede incrementar con un alto contenido de cualquiera de éstos aminoácidos presentes en la dieta. Asimismo, comparten el sistema de transporte de tubulos en el riñón y los excesos de uno de ellos puede causar la reducción en la eficiencia de reabsorción del otro (Scott *et al.*, 1982). D'Mello y Lewis en 1970, mencionan que un exceso de L-lisina provoca una disminución del consumo de alimento, la tasa de crecimiento y los niveles de L-arginina en plasma. Para evitar las pérdidas excesivas en forma de urea, por formular dietas con altos niveles de L-lisina, es necesario

formular con el nivel adecuado, en otras palabras emplear un nivel óptimo biológico con el cual se obtenga la respuesta esperada.

2.2.4. Niveles óptimos biológicos de L-lisina para pollos de engorda

Los requerimientos en el pollo de engorda o bien el **nivel óptimo biológico** (NOB) de un nutrimento en la dieta, es aquel valor con el cual los animales desarrollan totalmente su potencial genético y/o productivo. En el caso de pollo de engorda la investigación se ha orientado tradicionalmente a maximizar la ganancia de peso de las aves y/o minimizar la conversión alimenticia así como la mortalidad (González-Alcorta, 1994). Este valor se puede determinar a partir de la primera derivada de la ecuación de un modelo de predicción para la ganancia de peso.

Según el NRC (1994), los requerimientos de L-lisina para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad se redujo de 1.2 a un 1.1% de la dieta. En las recientes investigaciones sobre los requerimientos para este aminoácido, y la evaluación de investigaciones previas apoyan esta reducción (Edwards et al., 1956; Boomgaardt y Baker, 1973a,b; Woodham y Deans, 1975; McNaughton *et al.*, 1978; Burton y Waldroup, 1979); pero, no para el caso de México, ya que se recomienda 1.25% (Cuca *et al.*, 1996).

Se han realizado investigaciones (Thomas *et al.*, 1986; Moran *et al.*, 1992) con el objeto de disminuir los niveles de proteína cruda (% PC) y L-lisina (%) en la dieta, por ejemplo se ha disminuido del 23 hasta el 17.7% de PC en la dieta para pollos de engorda durante la etapa de 1 a 21 días, adicionando L-lisina sintética para complementar las necesidades, pero sus parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia) son menores con respecto a los animales alimentados con niveles

adecuados de L-lisina (Summers, *et al.*, 1992). Thomas *et al.* (1986) reportan que hasta un nivel de 20.9% de PC y con un 1.2% de L-lisina, en la etapa de iniciación no se afectan ($P>0.05$) los parámetros productivos.

Cuadro 3. Niveles óptimos biológicos de L-lisina para pollos de engorda.

Autor (es)	Etap (días)	EM (Mcal/kg)	PC (%)	L-lisina Tot. (%)	L-lisina Dig. (%)
NRC, 1984	1 - 21	3.20	23.00	1.20	1.06
Thomas <i>et al.</i> , 1986	1 - 21	3.20	20.90	1.20	---
Moran <i>et al.</i> , 1992	1 - 21	3.20	20.80	1.33	---
Summers <i>et al.</i> , 1992	1 - 21	3.20	23.20	1.38	---
Bilgili <i>et al.</i> , 1992	1 - 21	3.22	23.06	1.21	---
NRC, 1994	1 - 21	3.20	23.00	1.10	---
Callejas y Luis, 1996*	1 - 21	variable	variable	1.24 - 1.39	---
Aguilar y Pérez, 1996	1 - 21	3.10	22.50	1.30	---
Zorrilla <i>et al.</i> , 1993	1 - 28	3.00	22.00	1.20	---
Cuca <i>et al.</i> , 1996	1 - 28	3.00-	21 -	1.25	---
Hewitt y Lewis, 1972	7 - 21	3.20	24.00	1.07	0.91
Gous y Morris, 1985	7 - 21	3.04	24.40	1.01	---
Baker y Han, 1994	7 - 21	3.20	23.00	1.22	1.07
McNaughton <i>et al.</i> , 1978	14 -28	3.08	23.00	1.09	0.92

* Valor estimado a partir de los datos reportados por varios autores

Los niveles óptimos biológicos de L-lisina para la etapa de 1 a 21 días de edad, estimados en las investigaciones anteriormente mencionadas; la mayoría fueron realizadas en los Estados Unidos en condiciones climáticas muy diferentes a las que se presentan en nuestro país, además una de las razones mas importantes es la formulación de raciones con base a maíz y pasta de soya y en México se hacen a partir de sorgo y pasta de soya, es por ello que el nivel de L-lisina para pollos de engorda para el caso de México puede ser diferente a lo que se recomienda para los Estados Unidos (NRC, 1994).

Recientemente la tendencias en la formulación de raciones se ligan con el concepto de “proteína ideal” para aves se basan en el requerimiento de L-lisina; por lo anterior el NOB de L-lisina debiese ser considerado.

2.2.5. Relación del nivel óptimo biológico de L-lisina con la “Proteína Ideal”

Así como el nivel óptimo biológico, también la proteína ideal esta dirigida para obtener la máxima ganancia de peso, pero con el fin de utilizar de una manera mas eficiente los aminoácidos, presentes en la dieta, y evitar desechos excesivos de nitrógeno al suelo en forma de nitritos y nitratos, los cuales son muy tóxicos.

En una revisión reciente hecha por Baker y Chung (1992), describieron el desarrollo del concepto de aminoácidos ideales o proteína ideal, (Cuadro 4) y enlistaron las diferentes razones por las cuales sería importante aplicar un patrón ideal de aminoácidos en la formulación de raciones:

- 1) No se tiene información precisa de los requerimientos de aminoácidos.
- 2) No se cuenta con información exacta sobre la concentración de aminoácidos en los diversos ingredientes para la elaboración de las dietas, excepto para la L-lisina.
- 3) Las líneas comerciales de pollo de engorda tienen diferente potencial genético para depositar tejido magro, así como distintos requerimientos de aminoácidos.
- 4) No se conoce la relación existente entre la densidad calórica (energía) de la dieta y las necesidades de aminoácidos, o cuando menos esta no es cuantitativa, y es válido para la relación entre el nivel de proteína cruda de la dieta y los requerimientos de aminoácidos, principalmente esenciales.

- 5) El concepto de proteína ideal utiliza a la L-lisina como estándar, lo que simplifica la formulación de dietas.
- 6) Se tiene un mayor conocimiento acerca del requerimiento de L-lisina en aves y de su concentración en los ingredientes alimenticios, con respecto a los demás aminoácidos.

Cuadro 4. Comparación del Perfil ideal de aminoácidos para pollos de engorda (IICP; por Baker y Han, 1994) de 1 a 21 días de edad.

Aminoácido	IICP	NRC 1984	NRC 1994	*Cuca <i>et al.</i> , 1996
L-lisina	100	100	100	100
L-arginina	105	120	114	100
L-histidina	37	29	32	32
L-metionina	36	42	46	38
L-cisteina	36	36	36	42
L-fenilalanina	55	60	66	56
L-tirosina	50	52	56	56
L-treonina	67	67	73	64
L-leucina	111	113	109	120
L-isoleucina	67	67	73	64
L-valina	77	68	82	72
L-triptofano	16	19	18	18
L-glicina + L-serina	65	125	114	88
L-prolina	44	----	55	----

* Valores dados respecto al 100% del requerimiento de L-lisina reportado.

2.2.6. Relación del nivel óptimo biológico con el Síndrome Ascítico

Al momento de hablar de un NOB para maximizar la ganancia de peso, y al observar la mortalidad, también se debe considerar un NOB que minimice la mortalidad, principalmente la mortalidad causada por síndrome ascítico. Por lo cual, se tendrían dos niveles óptimos biológicos de un nutriente; y se debe hacer una elección entre obtener la máxima ganancia de peso o bien mínima mortalidad.

El síndrome ascítico es una condición patológica caracterizada por la acumulación excesiva de líquido en la cavidad abdominal de los pollos de engorda de rápido crecimiento, desarrollados en diversas condiciones. El abdomen se nota distendido, llegando a contener desde 50 a 500 ml de un fluido acuoso de color amarillento pajizo (Wideman, 1988).

La ascitis fue observada por primera vez en 1957 en los Estados Unidos, posteriormente en 1961 en Inglaterra (Gordon y Jordán, 1985) y en México, a partir de 1979 parece cobrar importancia debido al incremento notable en la mortalidad de pollos en las granjas comerciales (Pro y Manjarrez, 1989).

Existen varias causas reportadas en la literatura (Pro y Manjarrez, 1989) que son las principales en el desencadenamiento de la ascitis, entre ellas pueden listarse a factores ambientales (temperatura, altitud y ventilación); sustancias contaminantes (nitrofuranos, cresoles, hidrocarburos clorinados, etcétera); deficiencias en la dieta (selenio y vitamina E), aspectos fisiológicos, enfermedades y causas de manejo (desde la incubación).

Las aves que han sido mejoradas para alcanzar mayores pesos, presentan una elevada tasa de crecimiento, para lograr esto requieren de mayor consumo de alimento en un periodo corto, lo que hace que se incremente la tasa metabólica y así el ritmo cardíaco, presentando una necesidad mayor de oxigenación y como el sistema cardiopulmonar no es capaz de abastecer dicho déficit, se presentan lesiones internas y posteriormente la ascitis (Odom, 1993).

En los pollos con ascitis ocurre un aumento en el volumen de bombeo cardíaco debido al rápido crecimiento o a las temperaturas bajas, el cual debe ser impulsado a través de los vasos pulmonares, cuya resistencia no cede adecuadamente o están repletos de sangre. La capacidad vascular pulmonar es inadecuada, ya sea anatómica o patológicamente, para aceptar

el volumen normal del bombeo cardíaco ante una baja presión arterial pulmonar. Con todo esto existen órganos que se ven afectados, como es el corazón, pulmones, hígado, riñones, bolsa de Fabricio, bazo, abdomen y vesícula biliar.

Aguilar y Pérez (1996) probaron diferentes niveles de L-lisina en la etapa de iniciación de los pollos (0.9, 1.0, 1.10, 1.20 y 1.30% de L-lisina) para observar su efecto sobre la mortalidad por ascitis en la etapa de finalización, el parámetro de comparación utilizado fue la recomendación del NRC (1994), que es de 1.10% y no obtuvieron resultados significativos en ninguno de los niveles de L-lisina en la dieta.

En otro experimento llevado a cabo por Arce (1993), mediante la restricción cuantitativa de alimento diaria, sólo se les proporcionó alimento durante 8 horas, del día 8 al 42 y 5 horas del día 8 al 21 de edad. Realizaron la evaluación al día 56, en el cual encontró diferencias significativas con respecto a la mortalidad por ascitis entre el testigo (libre acceso al alimento) y las restricciones, pero entre estas últimas no hubo diferencia significativa, llegando a la conclusión que las restricciones a edades tempranas funcionan para disminuir la mortalidad por ascitis; sin embargo, a medida que la restricción es mas prolongada, el peso corporal se afecta considerablemente (Arce, 1993).

Así mismo, en un trabajo hecho por Berger *et al.* (1990), que consistió en proporcionar alimento del día 22 al 56, durante ciertas horas del día encontraron que en los pollos que tuvieron el tratamiento de 6 horas de acceso por día hubo menor mortalidad por ascitis. Sin embargo, también fueron los de menor peso corporal, por lo que el acceso de 8 a 10 horas por día es el mejor, pues presentaron una baja mortalidad por ascitis y no hubo diferencias significativas con respecto al testigo en cuanto al peso final.

Aunque no existe evidencia de manera directa, en que el tiempo óptimo de alimentación para máxima ganancia de peso sea diferente al que maximiza la utilidad; de manera indirecta, Arenas y Santiago en 1995, obtuvieron que mediante la restricción cualitativa de alimento (alimentación *ad libitum*) se presentan diferentes consumos para cada uno de los niveles de nutrimentos evaluados. Es por ello, que se infiere que al restringir el alimento en forma cuantitativa también se tengan diferentes consumos de alimento, para cada tiempo de alimentación.

De aquí, surge la interrogante que NOB emplear para la formulación de raciones el que maximiza la ganancia de peso a aquel que minimiza la mortalidad de las aves.

2.2.7. Nivel óptimo económico de L-lisina

Los NOB que maximizan la ganancia de peso o minimizan la mortalidad de los pollos tienen la desventaja de que no aseguran al productor que con ello se obtengan las máximas utilidades, por tal motivo es mas recomendable emplear el término de **nivel óptimo económico (NOE)**, el cual si garantiza obtener las máximas utilidades al productor, y que van a depender de la diferencia entre los ingresos y los costos de producción (González-Alcorta y Orozco, 1994). Es importante mencionar que al estimar el NOE se puede hacer un balance entre el NOB que maximiza la ganancia de peso y el NOB que minimiza la mortalidad por síndrome ascítico.

Por lo anterior, se dice que tanto el NOB como el NOE pueden o no coincidir y se fundamenta en la teoría microeconómica, y ambos se basan en la **ley derendimientos decrecientes** (Binger y Hoffman, 1988), cuando sólo se tiene un insumo variable y los demás son fijos (en este caso el nivel de L-lisina en la dieta). El NOB es cuando se

obtiene el valor máximo del producto total (máxima ganancia de peso); mientras que, al estimar el NOE se realiza un balance entre los ingresos (peso vivo por \$/kg de pollo) y los costos de alimentación (consumo de alimento por \$/kg de la dieta). Por lo general, el NOE se encuentra antes del NOB en la curva de producción, ya que al agregar una unidad adicional del insumo variable, se obtiene un incremento en la producción; pero, es mayor la cantidad del egreso que se invierte en el insumo variable que la cantidad de ingreso extra que se obtiene por el incremento en el producto total (Binger y Hoffman, 1988). El NOB y el NOE coinciden cuando el nivel del insumo variable no afecta al consumo de alimento; y por ende, para ambos niveles el producto total se va a obtener con la misma cantidad de insumo variable.

Existen investigaciones que comprueban lo anterior para el caso de pollo de engorda en la etapa de 1 a 21 días, Callejas y Luis (1996) estimaron para el NOB 1.25 a 1.40% y para el NOE de 1.27 a 1.41%; asimismo en el caso de cerdos se tienen los reportes de Crenshaw *et al.* (1995) de 0.75% para NOB y 0.85% para NOE y Constantino y Gil (1996) de 0.82% para NOB y 0.80% para NOE. De lo anterior, se puede apreciar que el NOE puede ser mayor o menor que el NOB, pero en estos casos no coinciden.

Para obtener las máximas utilidades se tienen dos casos: 1) Cuando el nivel de producción es semifijo o poco variable y 2) Cuando el nivel de producción es variable. Además, dependen del precio de venta del producto, y de los precios de cada uno de los ingredientes, específicamente para cada empresa (González-Alcorta, 1994).

Por la fórmula para estimar las máximas utilidades, se fundamenta de que las utilidades están en función del nivel de L-lisina presente en la dieta; esto porque los

ingresos están en función del peso vivo y los costos de alimentación en función del consumo de alimento y del costo de la dieta; y el peso vivo y el consumo de alimento están en función del nivel de L-lisina en la dieta (González-Alcorta, 1994). Así se tiene, que si cambia el precio de la L-lisina sintética (o demás ingredientes), así como el precio de la carne de pollo puede variar el NOE de L-lisina en dietas para pollo de engorda en la etapa de 1 a 21 días.

El NOE de L-lisina puede ser sensible o no a los cambios de precio y va depender del tipo de respuesta en el consumo de alimento y ganancia de peso (lineal, cuadrática, cúbica, etcétera) a la adición de L-lisina en la dieta, porque si la respuesta es horizontal (no sensible) el NOE va a permanecer constante. Y por las estimaciones realizadas por Callejas y Luis en 1996, indican que el efecto de la adición de L-lisina en la dieta tiene una respuesta cuadrática.

III. PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Problemática

Con la presente investigación se pretenden resolver dos problemas, ya que hasta el momento existen varias investigaciones para los niveles óptimos biológico y económico de L-lisina para la etapa de 1 a 21 días de edad en los pollos de engorda, se tiene un rango muy amplio en el nivel óptimo biológico de 1.01 hasta 1.39% de la dieta; aunado a ello, la mayoría de las investigaciones se han realizado en el extranjero, en donde las condiciones son muy diferentes a nuestro país. Y para el nivel óptimo económico no se reportan datos de investigaciones realizadas al respecto en caso de pollo de engorda.

Asimismo, en la actualidad un gran número de productores de pollo de engorda han decidido cerrar sus instalaciones o bien no producen a la capacidad potencial, debido a que se enfrentan al problema de altos índices de mortalidad por síndrome ascítico, el cual causa pérdidas considerables para sus utilidades. Y hasta el momento, en las investigaciones realizadas aun no encuentran el método de control adecuado que reduzca el índice de mortalidad.

En base a la problemática del marco de referencia y conceptual es de que se plantean las siguientes hipótesis al problema:

3.2. Hipótesis

- 3.2.1. El nivel óptimo biológico de L-lisina estimado puede no coincidir con el nivel recomendado por NRC en 1994.
- 3.2.2. Los niveles óptimos biológico y económico de L-lisina estimados pueden no coincidir.
- 3.2.3. El nivel óptimo económico de L-lisina estimado depende de la variabilidad del precio de la carne de pollo y de la L-lisina sintética.
- 3.2.4. El tiempo óptimo de alimentación que minimiza la mortalidad puede no coincidir con el tiempo óptimo para máxima ganancia de peso o máxima utilidad.

3.3. Objetivos

- 3.3.1. Estimar los niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para pollos de engorda en la etapa de 1 a 21 días de edad.
- 3.3.2. Comparar el nivel óptimo biológico estimado con el recomendado por NRC (1994).
- 3.3.3. Comprobar si el nivel óptimo económico de L-lisina depende del cambio de precio del pollo y de la L-lisina sintética.
- 3.3.4. Estimar y comparar los tiempos óptimos de alimentación para obtener: mínima mortalidad, máxima ganancia de peso o para máxima utilidad.

IV. METODOLOGÍA GLOBAL

Para formular raciones a máxima utilidad (González, 1994) es importante conocer el procedimiento, el cual se describe a continuación:

4.1. Colección de datos para estimar NOB y NOE

4.1.1. Experimentales. Se efectuó un experimento para evaluar el efecto de siete niveles de L-lisina en la dieta de 1 a 21 días en pollos de engorda, con los cuales se hicieron curvas de respuesta para consumo de alimento y ganancia de peso.

4.1.2. De literatura. Se consideraron nueve grupos de datos de la literatura, considerando dos trabajos realizados por Aguilar y Pérez (1996) en el Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

4.2. Estimación de parámetros de los modelos de regresión.

4.2.1. Estandarización las dietas en base a NRC, 1994. Las dietas de cada grupo de datos a estudiar se estandarizaron, con el fin de que la composición de los ingredientes de las dietas, sea igual para todos los grupos de datos, en cuanto a contenido de nutrimentos de cada ingrediente empleado.

4.2.2. Estimación de parámetros de modelos de regresión. En donde los estimadores de los parámetros deben ser insesgados y de mínima varianza, además su función es predecir, las variables de respuesta: consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), y que se utilizan en la construcción de los modelos econométricos. A partir del banco de datos y de resultados obtenidos de experimentos se estimaron los parámetros de los diez

modelos de regresión a partir de los datos obtenidos de la literatura y experimentales, los cuales se mencionan a continuación:

A. lineal (Steel y Torrie, 1985)

$$CA \text{ o } GP = \beta_0 + \beta_1 * lis + Error \text{ ----- [I]}$$

En donde:

β_0 = Intercepto (respuesta con el nivel mas bajo de L-lisina)

β_1 = Pendiente (Incremento marginal en la respuesta, por unidad de incremento de L-lisina).

B. Cuadrático (Steel y Torrie, 1985).

$$CA \text{ o } GP = \beta_0 + (\beta_1 * lis) + (\beta_2 * lis^2) + Error \text{ ----- [II]}$$

En donde:

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

β_2 = Parámetro de regresión cuadrática.

La ventaja es de que podemos obtener el requerimiento de L-lisina, por medio de la primera derivada.

C. Lineal con meseta (Morris y Blackburn, 1982).

$$CA \text{ o } GP = MAX + RC * (REQ - lis) * I + Error \text{ ----- [III]}$$

En donde:

MAX = Máxima respuesta

RC = Constante de crecimiento

REQ = Requerimiento o nivel de L-lisina para obtener la máxima respuesta

I=0 cuando $lis > REQ$, y I=1 cuando $lis < REQ$

D. Cuadrático con meseta (Gallan y Fuller, 1973).

$$CA \text{ o } GP = MAX + RC * (REQ - lis)^2 * I + Error \text{ ----- [IV]}$$

En donde:

MAX = Máximo respuesta

RC = Constante de crecimiento

REQ = Requerimiento o nivel de L-lisina para obtener la máxima respuesta

I=0 cuando lis>REQ, y I=1 cuando lis<REQ

E. Logístico (Guardabasso y Munson, 1987).

$$CA \text{ o } GP = \left\{ \frac{A - D}{1 + (lis / C)^B} \right\} + D + Error \text{ ----- [V]}$$

En donde:

A= Máxima Respuesta

C= Nivel de L-lisina en la dieta para obtener el 50% de la respuesta.

B = Parámetro exponencial. para ajuste de la curva

D= Mínima Respuesta

F. Exponencial (Noll *et al.*, 1984).

$$CA \text{ o } GP = \beta_1 + \beta_2 * (1 - e^{(-\beta_3 * lis)}) + Error \text{ ----- [VI]}$$

En donde:

$\beta_1 + \beta_2$ = Respuesta máxima (asíntota)

β_3 = Coeficiente de inclinación para L-lisina (pendiente constante).

G. Exponencial (Wood, 1969).

$$CA \text{ o } GP = a * lis^b * (e^{(-c * lis)}) + Error \text{ ----- [VII]}$$

H. Exponencial (Brody *et al.*, 1923).

$$CA \text{ o } GP = a * (e^{(b * lis)}) + Error \text{ ----- [VIII]}$$

I. Exponencial (Sikka, 1950).

$$CA \text{ o } GP = a * e^{(b * lis * (c * lis^2))} + Error \text{ ----- [IX]}$$

J. Exponencial (Cobby y Le Du, 1978).

$$CA \text{ o } GP = a * (1 - e^{(-c * lis)}) - b * lis + Error \text{ ----- [X]}$$

La estimación de parámetros se realizó mediante los programas que se encuentran en el Anexo 3, y en los Anexos 5 y 6 (Galerías de modelos de regresión) se muestran gráficamente cada uno de los diez modelos para las variables consumo de alimento y ganancia de peso, respectivamente, obtenidas a partir de los datos experimentales.

4.3. Selección de modelos de regresión. Consiste en elegir el modelo que predice o tiene un mejor ajuste a los datos observados en el CA y GP. Para este caso, solo se hizo la selección por el criterio de selección del método de Friedman (Conover, 1980). Para la selección de modelos de regresión, el método debe ser accesible o de fácil manejo y a su vez que tenga bases científicas, para que pueda ser utilizado con seguridad (Anexo 7).

4.4. Construcción de modelos econométricos. Se construyeron dos modelos econométricos con la finalidad de obtener: a) El nivel óptimo biológico y b) El nivel óptimo económico de L-lisina en la dieta. De la siguiente manera: $MAX = F.O., Ax \geq b, x \geq 0$; en donde: **F.O.** es la función objetivo (ganancia de peso para el nivel óptimo biológico o las utilidades para el nivel óptimo económico); **A** es el contenido de nutrimentos de los ingredientes **x**; **b**: son los requerimientos nutricionales; y $x \geq 0$: es la condición de no negatividad. Una vez construidos los modelos econométricos, mediante

la programación no lineal se estiman los requerimientos de los nutrimentos y que además, se predicen a partir del consumo de alimento y ganancia de peso, dichos requerimientos tienden a maximizar las utilidades del productor de pollo de engorda (González y Orozco, 1994).

El nivel óptimo económico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Utilidades (\$)} = \text{Ingresos (\$)} - \text{Costo de alimento (\$)} - \text{Pérdidas por SA (\$)}$$

En donde: los ingresos por venta de producto se define como:

$$\text{Ingresos (\$)} = (\text{Peso del pollo}) * \text{Precio/kg del pollo}$$

Y por otro lado, los costos por alimentación se calculan:

$$\text{Costos (\$)} = (\text{Consumo de alimento}) * \$/\text{kg de alimento} \quad \text{y,}$$

$$\text{Pérdidas por SA} = \text{Alimento consumido (kg)} + \text{Costo del pollo (\$)}$$

En donde el peso del pollo, y el consumo de alimento, se estiman en base a los niveles o requerimientos variables de energía y proteína. González *et al.*, (1992); González-Alcorta *et al.*, (1993) propusieron un modelo empírico para escoger niveles de energía y proteína, peso vivo que maximiza las utilidades de los productores de pollo de engorda. Ahora, en base a las estimaciones anteriores, se plantea estimar las variables: consumo de alimento y ganancia de peso a partir del nivel de L-lisina en la dieta.

Las pérdidas por Síndrome Ascítico son muy importantes, ya que se debe tomar en cuenta los costos por: el alimento consumido hasta la muerte, el pollito de 1 día de edad, las vacunas, manejo por mano de obra; además, de otros gastos de producción.

4.5. Solución de modelos econométricos. La solución de los modelos econométricos se hizo mediante la **optimización**, al usar el paquete computacional General Algebraic

Mathematic System “GAMS” (Brooke *et al.*, 1988), el cual simula y optimiza con alta precisión (Anexos 8 y 9).

4.6. Análisis paramétrico. Consiste en hacer variar el precio del pollo (de diciembre de 1996) y de los ingredientes de la dieta (solo se varió el precio de la L-lisina sintética, de octubre de 1996), 10, 20 y 30% de su precio inferior y superior al precio; por medio del paquete “GAMS”. Con el fin de observar el efecto sobre el costo de la dieta, el contenido de nutrimentos y la asignación de ingredientes en la dieta.

Una vez estimado el nivel óptimo biológico de L-lisina para pollos de engorda de la etapa de 1 a 21 días, se plantea un segundo experimento para estimar y comparar los tiempos óptimos de alimentación para minimizar la mortalidad por síndrome ascítico, maximizar la ganancia de peso y/o maximizar las utilidades del productor.

4.7. Colección de los datos experimentales para tiempos óptimos de alimentación.

Se evaluaron siete tratamientos que consistieron en restringir el tiempo de acceso al alimento durante las etapas de iniciación (I) de 8 a 21 días y de finalización (F) de 22 a 49 días, de la siguiente manera: 1 sin restricción (sr), 2 (I:6 h y F:sr), 3 (I:8 h y F:sr), 4 (I:sr y F:6 h), 5 (I:sr y F:8 h), 6 (I:6 h y F:6 h) y 7 (I:8 h y F:8 h). A partir de los cuales se estimaron los parámetros para el modelo Logístico (Guardabasso *et al.*, 1987), para las variables consumo de alimento de 1 a 21 días y de 22 a 49 días, y ganancia de peso de 1 a 49 días de edad (Anexo 10).

4.8. Simulación de las variables respuesta. Se realizó una simulación a partir de los datos obtenidos, para predecir las variables de consumo de alimento y la ganancia de peso, para estimar la máxima ganancia de peso y las utilidades.

V. ARTÍCULO I

Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad

Barrera, G. J., M. González A., M. Cuca G., T. Vásquez Rojas.

5.1. Resumen

Se estimaron los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de L-lisina para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad. Para verificar que la formulación de máxima utilidad arroja mayores utilidades que la de mínimo costo. Se utilizaron 560 pollos sin sexar de la línea Arbor Acres distribuidos al azar en grupos de 20 pollos, cada tratamiento con 4 repeticiones (nivel de L-lisina 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4% en la dieta), para medir su efecto en consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), eficiencia alimenticia (EA), mortalidad por otras causas y mortalidad por síndrome ascítico (MSA). En la etapa de finalización se utilizó el mismo alimento para los tratamientos. En las etapas de 1 a 21 y de 22 a 49 días de edad se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en CA, GP y en EA, en tanto que en la MSA no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Se concluyó que el nivel de L-lisina no afecta la MSA. Se eligió entre diez modelos de regresión un modelo exponencial ($CA \text{ ó } GP = a * Lis^{(b)} * e^{(-c * Lis)}$), en base a la prueba de Friedman. Se construyeron los modelos econométricos para estimar NOB (1.139%) y NOE (1.135%) para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad. El análisis paramétrico señaló que el NOE de L-lisina va de 1.133 a 1.136% y de 1.132 a 1.138% cuando se hacen variar los precios del pollo y de la L-lisina sintética hasta un 30%, respectivamente.

Palabras clave: Pollo de engorda, L-lisina, Nivel óptimo biológico, Nivel óptimo económico, Ascitis.

5.2. Abstract

Optimal biological and economic levels of L-lysine in diets for broiler from 1 to 21 days old.

It was carried out an experiment in order to estimate the optimal biological (OBL) and economic (OEL) levels of L-lysine on starter broiler diets from 1 to 21 days of old. The main hypothesis was that the maximum profits feed formulation produces more profits than the least cost feed formulation. 560 Arbor Acres chicks were allocated on seven treatments (0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 and 1.4% L-lysine levels) with four replicates each on starter diets (1-21 days). A complete randomized model was applied. The response variable were feed intake (FI), body weight (BW), efficiency (BW/FI), mortality by other causes and mortality by ascitis syndrome (MAS). In both stages starter and finisher diets, significant effects ($P < 0.05$) were detected on FI, BW and BW/FI, but were not detected ($P > 0.05$) for MAS. In conclusion the L-lysine level did not affect on MAS. An exponential model ($FI \text{ or } BW = a * (Lis^b) * e^{(-c * Lis)}$), was chosen using the Friedman test, among ten models, as the best model to fit the data. Two econometric models were built in order to maximize gain (OBL: 1.139%) and profits (OEL: 1.135%) for broiler from 1 to 21 days old. Meanwhile, the sensitive analysis showed that the OEL of L-lysine was sensitive to the chicken and synthetic L-Lysine price variation.

Key words: Broiler, L-lysine, Biological and economical optimal level, Ascites.

5.3. Introducción

Tradicionalmente se formulan dietas de mínimo costo a través de la programación lineal y, se manejan requerimientos fijos que tienden a maximizar los niveles de producción (ganancia de peso). Sin embargo, la formulación de mínimo costo no garantiza las máximas utilidades de los productores. Por tal motivo, se propone la formulación de máxima utilidad, que emplea la programación no lineal; con el objetivo de encontrar la relación beneficio-costos que maximice las utilidades de los productores (González *et al.*, 1992). La formulación de máxima utilidad, ofrece la ventaja que se manejan requerimientos variables; los cuales dependen del precio del producto final y de los ingredientes para la elaboración de las raciones.

De la ley de rendimientos decrecientes de la teoría microeconómica (Binger y Hoffman, 1988) puede deducirse que los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de un nutrimento (máxima ganancia de peso y máxima utilidad, respectivamente) pueden o no coincidir. Lo anterior dado que, a diferencia del nivel óptimo biológico, el nivel óptimo económico depende de la variabilidad de los precios del pollo e ingredientes (González *et al.*, 1992).

En virtud que L-lisina es el principal aminoácido que está implicado en el crecimiento de las aves (directamente en deposición de tejido magro), es importante determinar los requerimientos para pollos de engorda, tanto en la etapa de iniciación como para la de finalización. Además, de que actualmente la tendencia en la formulación de raciones se considera el concepto de "Proteína Ideal", la cual se basa en el requerimiento de este aminoácido.

El propósito de la presente investigación es estimar los NOB y NOE de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad, y evaluar su efecto posterior sobre la incidencia del síndrome ascítico en la etapa de finalización (22 a 49 días).

5.4. Materiales y Métodos

Los niveles óptimos biológico y económico se estimaron a través de la siguiente metodología:

5.4.1. Colección de datos experimentales y de literatura

Se realizó un experimento en la galera de aves de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia, la cual se encuentra ubicada a 19°29' de latitud Norte y a 98°53' longitud Oeste, a una altitud de 2250 msnm. Donde se presenta un clima Cb(w_o)(w)(i')g, que se define como el mas húmedo de los templados con lluvias en verano, temperaturas promedio de 15.2°C, mayo es el mes mas caliente y enero el mas frío. Se tiene precipitación anual de 636.5 mm (García, 1988).

Para el presente estudio se utilizaron 560 pollos de un día de edad de la línea Arbor Acres (AA), con un peso promedio de 39 g, sin sexar; alojados en corrales de 2.0X1.5 m (densidad de 6.66 pollos/m²), provistos de bebedero, comedero y una criadora de campana para cuatro corrales. Se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos fueron 7 niveles (T_i) de L-lisina en la dieta (0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4%), tres niveles inferiores y tres superiores, con respecto al estándar NRC (1994), para la etapa de 1 a 21 días de edad (dietas experimentales Cuadro 5), cada tratamiento con 4 repeticiones, y 20 pollos por unidad experimental. La dieta basal contenía 3.2 Mcal de EM/kg, 22.5% de proteína cruda y 0.52% de metionina.

Posteriormente se alimentaron con alimento comercial (Flagasa-finalización) hasta los 49 días, para evaluar el efecto residual del contenido de L-lisina en la dieta sobre las variables estudiadas. Se les proporcionó alimento y agua *ad libitum* durante todo el periodo de engorda. Los pollos y el alimento se pesaron semanalmente. Las variables evaluadas fueron consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), eficiencia alimenticia (EA) para las etapas de iniciación y finalización, y para finalización la mortalidad por otras causas (MOC) y mortalidad por SA (MSA).

Cuadro 5. Nivel de inclusión de ingredientes y composición de las dietas experimentales de 1 a 21 días de edad.

Ingredientes	Contenido de L-lisina en la dieta (%)						
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
Sorgo (9.06% PC)	61.80	61.80	61.80	61.80	61.80	61.80	61.80
Pasta de soya (44.15% PC)	19.71	19.71	19.71	19.71	19.71	19.71	19.71
Gluten de maíz (63.00% PC)	9.36	9.36	9.36	9.36	9.36	9.36	9.36
Aceite de maíz	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29
Ortofosfato	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Carbonato de calcio	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
DL-Metionina	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
HCl-lisina	0.00	0.13	0.26	0.39	0.52	0.65	0.77
Arena	0.77	0.64	0.51	0.38	0.25	0.12	0.00
Sal común	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla mineral *	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezcla vitamínica **	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Composición Calculada							
Energía Metabolizable. (Mcal/kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Proteína Cruda (%)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Metionina (%)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Lisina (%)	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40

* Hierro 110 g, Zinc 50 g, Manganeso 110 g, Cobre 2 g Yodo 0.3 g, Selenio 0.1 g, Cobalto 0.2 g, y excipiente cbp 1,000 g. ** A 4,800 MUI, D₃ 1,000 MUI, E 12000 UI, K₃ 0.8 g, Tiamina 0.9 g, Riboflavina 3 g, Piridoxina 1.4 g, B₁₂ 8.0 mg, Niacina 18.0 g, Ácido pantoténico 5 g, Biotina 50 mg, Ácido fólico 0.6 g, Antioxidante 10 g, y vehículo cbp 1,000g.

MUI: Miles de unidades internacionales

Los resultados se analizaron a través de un análisis de varianza con un modelo completamente al azar ($Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$), y una prueba Tukey para comparación

múltiple de medias. Los porcentajes de mortalidad fueron transformados a arcoseno para cumplir el supuesto de normalidad (Steel y Torrie, 1985).

Se consideraron 9 grupos de datos de la literatura, 3 de ellos son experimentos realizados en el país y 6 en condiciones de Estados Unidos. Se escogieron tales trabajos por tener como mínimo 4 niveles de L-lisina en el experimento. Y una vez obtenidos los datos experimentales y de literatura se estimaron los parámetros de regresión.

5.4.2. Estimación de parámetros de modelos de regresión

Se estimaron los parámetros de diez modelos de regresión lineal y no lineal, para predecir las respuestas de consumo de alimento y ganancia de peso a partir de la L-lisina de la dieta. A continuación se describen los modelos de regresión:

Modelos de regresión para predecir CA y GP:

A) Lineal (Steel y Torrie, 1985)

$$CA, GP = B_0 + B_1 * lis + Error \quad \text{-----} \quad [I]$$

B) Cuadrático (Steel y Torrie, 1985).

$$CA, GP = B_0 + (B_1 * lis) + (B_2 * lis^2) + Error \quad \text{-----} \quad [II]$$

C) Lineal con meseta (Morris y Blackburn, 1982).

$$CA, GP = MAX + RC * (REQ - lis) * I + Error \quad \text{-----} \quad [III]$$

D) Cuadrático con meseta (Gallan y Fuller, 1973).

$$CA, GP = MAX + RC * (REQ - lis)^2 * I + Error \quad \text{-----} \quad [IV]$$

E) Logístico (Guardabasso *et al.*, 1987).

$$CA, GP = \left\{ \frac{A - D}{1 + (lis / C)^B} \right\} + D + Error \quad \text{-----} \quad [V]$$

F) Exponencial (Noll *et al.*, 1984).

$$CA, GP = B_1 + B_2 * (1 - e^{(-B_3 * lis)}) + Error \text{ ----- [VI]}$$

G) Exponencial (Wood, 1969).

$$CA, GP = a * lis^b * (e^{(-c * lis)}) + Error \text{ ----- [VII]}$$

H) Exponencial (Brody *et al.*, 1923).

$$CA, GP = a * (e^{(b * lis)}) + Error \text{ ----- [VIII]}$$

I) Exponencial (Sikka, 1950).

$$CA, GP = a * e^{(b * lis * (c * lis^2))} + Error \text{ ----- [IX]}$$

J) Exponencial (Cobby y Le Du, 1978).

$$CA, GP = a * (1 - e^{(-c * lis)}) - b * lis + Error \text{ ----- [X]}$$

Al momento de que se estimaron los parámetros de los diez modelos de regresión, se registraron los cuadrados medios del error (CME), los cuales se utilizan para realizar la selección de los modelos.

5.4.3. Selección de modelos de regresión

Consiste en elegir al modelo de predicción, que presente el menor valor de la sumatoria de los rangos jerárquicos de los CME, obtenidos al momento de hacer la estimación de los parámetros. Ya que se considera, el modelo con un mejor ajuste a los datos observados; y es el criterio para hacer la selección de modelos por el método de "Friedman" (Conover, 1980). Una vez realizada la selección de modelos, se procede a la construcción de los modelos econométricos para hacer la optimización del nivel de Lisina y para obtener los niveles óptimos biológico y económico.

5.4.4. Construcción de los modelos econométricos

Se construyeron dos modelos econométricos con la finalidad de obtener el NOB (máxima ganancia de peso) y NOE (máximas utilidades) de L-lisina en la dieta para la etapa de 1 a 21 días de edad, de la siguiente manera:

5.4.4.1. Modelo econométrico para maximizar la ganancia de peso (GP)

$$\text{Max GP} = f(\text{modelo [VI]})$$

Ecuación

$$\text{Sujeto a: } (Ax \geq b) \dots\dots\dots (1)$$

$$(x \geq 0) \dots\dots\dots (2)$$

En donde: **A** es el aporte de nutrimentos de los ingredientes; **b** es el requerimiento de nutrimentos del pollo de engorda en la etapa de 1 a 21 días preestablecidos por los estándares; **x** es el límite de inclusión de los ingredientes conforme a su disponibilidad y/o nivel óptimo recomendado. La ecuación (1) representa las restricciones en el modelo econométrico, y la ecuación (2), representa las condiciones de no negatividad, o sea, la inclusión de los ingredientes a niveles superiores o iguales a cero.

5.4.4.2. Modelo econométrico para maximizar las utilidades (U)

$$\text{Max U} = P * PV - CA * (c'x) \dots\dots\dots [XI]$$

Ecuación

$$\text{Sujeto a: NL-lis} = \epsilon'x \dots\dots\dots (3)$$

$$CA = f(\text{NL-lis}, z) \dots\dots\dots (4)$$

$$PV = g(\text{NL-lis}, z) \dots\dots\dots (5)$$

$$Ax \geq b * CA \dots\dots\dots (6)$$

En donde: P es el precio del pollo en pie (\$/kg); PV es el peso vivo del pollo (kg); CA es el consumo de alimento por el pollo (kg); c es el vector del costo de los ingredientes (\$/kg); x es el vector de los ingredientes proporcionados en la dieta (unidades libres); $NL-lis$ es el nivel de L-lisina en la dieta (%); z es el vector de otros factores que afectan el consumo de alimento y la ganancia de peso (manejo y sanidad). La ecuación (3), calcula el nivel de L-lisina total en la dieta proporcionada por x , mientras que ϵ es el vector de L-lisina contenido por kilogramo de cada ingrediente en la dieta. Las ecuaciones (4) y (5) son las respuestas en consumo de alimento y ganancia de peso en función del nivel de L-lisina; y la ecuación (6), representa el consumo de nutrimentos.

Ambos modelos fueron hechos con los requisitos necesarios para realizar la optimización mediante el uso de un paquete de computo.

5.4.5. Solución de los modelos econométricos para estimar los NOB y NOE

A partir de los modelos econométricos se obtiene: 1) *Máxima ganancia de peso*: la ganancia de peso y el nivel óptimo biológico de L-lisina estimados y la dieta; 2) *Máxima utilidad*: el consumo de alimento, la ganancia de peso, la utilidad y el nivel óptimo económico de L-lisina estimados, y la dieta. Este procedimiento se realizó mediante el paquete de cómputo GAMS (Brooke *et al.*, 1988), el cual simula y optimiza la función objetivo.

Y para ver la sensibilidad del NOE de L-lisina en la dieta de 1 a 21 días de edad para pollos de engorda, ante los cambios de precios (L-lisina sintética y del pollo en pie) se realizó un análisis paramétrico.

5.4.6. Análisis paramétrico

Consiste en variar el precio de la L-lisina sintética y del pollo en un 10, 20 y 30% superior e inferior del precio de la L-lisina sintética (Octubre '96), y al momento de venta del pollo (Diciembre '96).

5.5. Resultados

Los niveles de L-lisina afectaron ($P < 0.05$) el consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y eficiencia alimenticia (EA). La prueba de medias indica que, el máximo CA fue similar a partir de 0.9% de L-lisina (0.885, 0.887, 0.950, 0.916 y 0.876 kg, respectivamente), excepto por el nivel de 1.3%. Y las máximas GP se obtuvieron con los niveles de 1.0 a 1.3% (0.629, 0.627, 0.606 y 0.589 kg, respectivamente), ver Cuadro 6.

Con los datos de CA y GP se obtienen que la mejor EA ($P > 0.05$), se obtuvo a partir del nivel de 1.0 hasta 1.4% de L-lisina en la dieta, (0.71, 0.66, 0.66, 0.69 y 0.63, respectivamente), en comparación con los niveles de 0.8 y 0.9% (Cuadro 6).

Por lo que respecta a mortalidad por otras causas en la etapa de 1 a 21 días, no se detectaron efectos ($P > 0.05$) por el nivel de L-lisina. Lo anterior puede deberse a la desigualdad entre las varianzas de los tratamientos. Además, las mortalidades fueron muy similares, por lo que al momento de hacer la transformación en arcoseno y al realizar el análisis de varianza no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) del nivel de la L-lisina de las dietas (Cuadro 6).

Para la etapa de 22 a 49 días de edad, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para las variables analizadas, así se tiene que, para la ganancia de peso no se observa una tendencia clara, ya que aquellos pollos que fueron alimentados con el nivel de 0.8% en la

Cuadro 6. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 1 a 21 días de edad.

Tratam	L-lisina	Consumo de Alimento		Ganancia de Peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad	
	(%)	(kg)	EE	(kg)	EE	Media	EE	(%)	EE
1	0.80	0.756c	±0.03	0.387d	±0.01	0.51c	±0.03	1.25a	±1.25
2	0.90	0.885ab	±0.01	0.531c	±0.01	0.60b	±0.02	1.25a	±1.25
3	1.00	0.887ab	±0.02	0.629a	±0.01	0.71a	±0.01	6.25a	±2.39
4	1.10	0.950a	±0.01	0.627a	±0.01	0.66ab	±0.01	5.00a	±2.04
5	1.20	0.916ab	±0.01	0.606a	±0.01	0.66ab	±0.01	5.00a	±2.89
6	1.30	0.856b	±0.03	0.589ab	±0.02	0.69a	±0.01	3.75a	±2.39
7	1.40	0.876ab	±0.01	0.552bc	±0.02	0.63ab	±0.02	2.50a	±2.50

^{a,b,c,d} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05). * EE: Error estándar

Cuadro 7. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 22 a 49 días de edad.

Tratamiento		Consumo de alimento		Ganancia de peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad otras causas		Mortalidad por ascitis	
Nivel de L-lisina (%)*		(kg)	EE	(kg)	EE	Media	EE	(%)	EE	(%)	EE
1	0.80	3.707	±0.00	1.807	±0.00	0.49	±0.00	10.00	± 50.00	5.00	± 16.67
2	0.90	3.835	±0.02	1.797	±0.02	0.47	±0.00	5.00	± 50.00	10.00	±116.67
3	1.00	4.076	±0.08	1.941	±0.05	0.48	±0.00	8.75	± 39.58	11.25	± 39.58
4	1.10	4.091	±0.05	1.862	±0.00	0.46	±0.00	11.25	± 89.58	6.25	± 22.92
5	1.20	3.887	±0.02	1.760	±0.01	0.45	±0.01	8.75	±106.25	8.75	± 56.25
6	1.30	3.981	±0.02	1.800	±0.01	0.45	±0.00	11.25	± 22.92	8.75	± 72.92
7	1.40	3.948	±0.01	1.837	±0.00	0.47	±0.00	16.25	± 72.92	7.50	± 41.67

Las medias dentro de la misma columna son iguales (P>0.05). * EE: Error estándar

*Nivel de L-lisina utilizado en la etapa de iniciación, en tanto que en la etapa de finalización se proporcionó alimento Flagasa-finalización

etapa de 1 a 21 días, se obtiene la misma ganancia de peso ($P>0.05$), en comparación con aquellos que se alimentaron con los niveles de 1.0 y 1.1% de L-lisina en la etapa de iniciación (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se muestran los resultados y se puede observar que los niveles de L-lisina afectaron ($P<0.05$) el CA y la GP. El nivel de L-lisina que maximiza la GP, estadísticamente se ubico entre 1.0 y 1.1%. Es importante señalar que las aves alimentadas con 0.8% de L-lisina en la etapa de iniciación no lograron recuperar su peso (Cuadro 8).

Con el método de “Friedman” (Conover, 1980), se obtuvo diferencia ($P<0.05$) en la suma de los rangos jerárquicos, entre los modelos de regresión en ambas variables; consumo de alimento y ganancia de peso (Cuadro 9).

La solución del modelo econométrico para maximizar la ganancia de peso estimó un nivel óptimo biológico de L-lisina de 1.139% de la dieta, la máxima ganancia de peso estimada fue de 642 g y la dieta con base a 1 kilogramo quedó de la siguiente manera: sorgo 618, pasta de soya 197, gluten de maíz 93, aceite 43, L-lisina sintética 4, DL-metionina 2, carbonato de calcio 15, ortofosfato de calcio 17, sal 3, premezcla vitamínica 2, premezcla mineral 1, antibiótico 1 y arena 3 g (Anexo 6).

Mientras que, la solución del modelo econométrico para maximizar las utilidades estimó el nivel óptimo económico de L-lisina de 1.135% de la dieta, la utilidad estimada de \$ 4.064, el consumo de alimento estimado de 943 g, la máxima ganancia de peso estimada de 642 g y la dieta con base a 1 kilogramo quedó de la siguiente manera: sorgo 618, pasta de soya 197, gluten de maíz 93, aceite 43, L-lisina sintética 4, DL-metionina 2,

Cuadro 8. Comportamiento productivo y mortalidad de pollos de engorda 1 a 49 días de edad.

Tratam	L-lisina (1 a 21)	Consumo de Alimento		Ganancia de Peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad otras Causas		Mortalidad por SA	
	(%)	(kg)	EE	(kg)	EE	Media	EE	(%)	EE	(%)	EE
1	0.80	4.464b	±0.02	2.194b	±0.02	0.49a	±0.00	11.25a	±2.39	5.00 ^a	±2.04
2	0.90	4.720ab	±0.07	2.328ab	±0.09	0.49a	±0.01	6.25a	±4.73	10.00 ^a	±5.40
3	1.00	4.964a	±0.14	2.571a	±0.12	0.52a	±0.02	15.00a	±7.36	11.25 ^a	±3.15
4	1.10	5.040a	±0.13	2.489a	±0.02	0.50a	±0.01	16.25a	±5.54	6.25 ^a	±2.39
5	1.20	4.803ab	±0.07	2.366ab	±0.05	0.50a	±0.01	13.75a	±6.25	8.75 ^a	±3.75
6	1.30	4.838ab	±0.10	2.388ab	±0.05	0.50a	±0.01	15.00a	±2.04	8.75 ^a	±4.27
7	1.40	4.825ab	±0.06	2.389ab	±0.01	0.50a	±0.01	18.75a	±4.27	7.50 ^a	±3.23

^{a,b} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05).

Cuadro 9. Selección de modelos de regresión por el método de Friedman (Conover, 1980).

Modelos y Autores	Rangos Jerárquicos de los Modelos de regresión	
	Consumo de Alimento	Ganancia de Peso
I: Lineal (Steel y Torrie, 1985)	70.5 d	75.0 c
II: Cuadrático (Steel y Torrie, 1985)	46.0 b	38.0 a
III: Lineal con meseta (Morris y Blackburn, 1982)	38.0 a	40.5 a
IV: Cuadrático con meseta (Gallan y Fuller, 1973)	38.5 a	45.0 ab
V: Logístico (Guardabasso y Munson, 1987)	77.0 d	50.0 b
VI: Exponencial (Noll <i>et al.</i> , 1984)	60.5 c	67.0 c
VII: Exponencial (Wood, 1969)	34.0 a	37.0 a
VIII: Exponencial (Brody <i>et al.</i> , 1923)	72.0 d	78.5 d
IX: Exponencial (Sikka, 1950)	38.0 ab	39.0 a
X: Exponencial (Cobby y Le Du, 1978)	74.5 d	80.0 d

^{a, b, c, d} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05).

carbonato de calcio 15, ortofosfato de calcio 17, sal 3, premezcla vitamínica 2, premezcla mineral 1, antibiótico 1 y arena 11 g (Anexo 7).

Asimismo, el análisis paramétrico (Cuadro 10), indica que el nivel óptimo económico varía conforme al precio del pollo (1.133 a 1.136%) y al precio de la L-lisina sintética (1.132 a 1.138%).

5.6. Discusión de Resultados

Al suministrar una dieta baja en L-lisina, se disminuye la cantidad de L-lisina disponible para la formación de proteínas o el crecimiento y desarrollo de tejido magro (Zubay, 1988), con la cual los pollos de engorda no expresan su máximo potencial genético de rápido crecimiento. Además, que uno de los factores que mas afecta a la ganancia de peso es el balance o equilibrio de aminoácidos en la dieta (Baker y Han, 1994).

En cuanto a la máxima ganancia de peso durante la etapa de 1 a 21 días de edad, Aguilar y Pérez (1996), con el análisis de varianza no encontraron diferencia ($P>0.05$) a partir del nivel de 0.90% de L-lisina en la dieta, sin embargo en el presente estudio se tienen las máximas ganancias de peso en el rango de 1.00 a 1.10% de L-lisina. Dicho rango obtenido concuerda con el nivel de: 1.01% informado por Gous y Morris, (1985), 1.07% Hewitt y Lewis, (1972), 1.09 McNaughton *et al.* (1978), 1.10% (NRC, 1994), 1.2% de NRC, (1984) y Thomas *et al.* (1986); pero, menor con respecto al valor reportado de 1.21% por Bilgili *et al.* (1992), 1.22% por Baker y Han, (1994), 1.25% sugerido por Cuca *et al.* (1996), 1.33% Moran *et al.* (1992), 1.38% Summers *et al.* (1992) y al rango estimado por Callejas y Luis (1996) de 1.249 a 1.396%, mediante el

Cuadro 10. Análisis paramétrico para el nivel óptimo económico (NOE), al variar el precio del pollo y de la L-lisina sintética.

\$/kg Pollo	NOE (%)	Utilidad por pollo (\$)	\$/kg L-lisina sintética	NOE (%)	Utilidad por pollo (\$)
			*		
13.00	1.136	5.991	33.80	1.132	4.034
12.00	1.136	5.349	31.20	1.133	4.044
11.00	1.135	4.707	28.60	1.134	4.054
10.00 *	1.135	4.065	26.00 **	1.135	4.065
9.00	1.135	3.423	23.40	1.136	4.075
8.00	1.134	2.781	20.80	1.137	4.086
7.00	1.133	2.139	18.20	1.138	4.096

La evaluación económica es de 1 a 21 días .

* Precio en Diciembre de 1996 **Precio en Octubre de 1996.

procedimiento de la formulación econométrica de máxima utilidad a partir de investigaciones realizadas en los Estados Unidos.

Al realizar la selección de modelos mediante la prueba de Friedman, se tiene que los modelos que tuvieron un mayor ajuste a los datos para predecir el consumo de alimento son: el exponencial de Wood, el lineal con meseta, el cuadrático con meseta y el exponencial de Sikka; y para la ganancia de peso son: el exponencial de Wood, cuadrático, el exponencial de Sikka, lineal con meseta y cuadrático con meseta. Por lo que, para la construcción de los modelos econométricos para hacer la estimación del NOB y el NOE, se utilizó el modelo exponencial propuesto por Wood, porque la prueba de "Friedman" indica una menor sumatoria de rangos jerárquicos para dicho modelo, y aunque no hay diferencia significativa con otros modelos, éste modelo es el que predice mejor los datos experimentales, ya que tienen un mejor ajuste a los datos (Cuadro 9), en consumo de alimento (r^2 : 0.997; CME = 2199.48) y ganancia de peso alimento (r^2 : 0.998; CME = 859.72), ver Anexo 4 en los Cuadros 12 y 13 .

En el contexto la metodología de formulación de máxima utilidad se obtuvo que el nivel óptimo biológico de L-lisina para la etapa de 1 a 21 días (1.139% de la dieta), no coincidió con el nivel óptimo económico (1.135%). Además, el NOE depende de la variabilidad del precio de la L-lisina sintética y del precio de venta de la carne de pollo en pie, el cual esta en un rango de 1.132 a 1.138% (Cuadro 10). Al realizar el análisis paramétrico, se detecta que el NOE es menos sensible al cambio de precio del pollo, con respecto al de la L-lisina sintética. Ya que, cuando la L-lisina sintética se le cambia el precio un 10%, del actual (octubre de 1996) inmediatamente cambia en 0.001%, mientras que para el precio del pollo este debe cambiar hasta un 20% su precio actual (diciembre

de 1996) para cambiar 0.001%. Aunque, las utilidades por pollo son mas sensibles cuando varia el precio del pollo que la L-lisina sintética, ya que el kilogramo de pollo tiene un efecto directo sobre la utilidad y el precio de la L-lisina sintética tiene efecto sobre el precio de la dieta, y como se incluye en pequeñas cantidades, el precio del kilogramo de alimento no cambia tan drásticamente.

El pollo de engorda genéticamente se ha mejorado para expresar un rápido crecimiento en un corto tiempo, mínimo dos kilogramos durante siete semanas. Además, cuando se somete a restricción alimenticia con bajos niveles de L-lisina (restricción cualitativa) durante la etapa de iniciación, puede presentar un crecimiento compensatorio en la etapa de 22 a 49 días, si se proporciona una dieta con una cantidad adecuada de energía metabolizable, proteína así como el equilibrio y balance de aminoácidos (Berger *et al.*, 1990).

Se recomienda que en las investigaciones posteriores se contemple realizar análisis económicos para que sean de mayor interés para los productores del pollo de engorda en el Valle de México y, posteriormente, a nivel país.

5.7. Conclusiones

El nivel óptimo biológico estimado de L-lisina no coincide con el nivel recomendado por NRC (1994) para la etapa de 1 a 21 días. El nivel óptimo biológico estimado no coincide con el nivel óptimo económico estimado de L-lisina para la etapa de 1 a 21 días de edad en pollos de engorda. El nivel óptimo económico de L-lisina depende de la variabilidad del precio del pollo y de la L-lisina sintética.

5.8. Literatura Citada

- Aguilar, M. J. y E. Pérez S. 1996. Niveles bajos de lisina en la etapa de iniciación (0-3 semanas) para el control de síndrome ascítico en pollos de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. 44 p.
- Baker, D. H. and T. Han K. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks postatching. *Poult. Sci.* 73:1441-1447.
- Berger M. M., E. Cortés M., y F. Castellanos G. 1990. Control del síndrome ascítico en pollos de engorda por medio de la restricción diaria de alimento. *In: Memorias de la XV Convención Nacional de ANECA.* Cancún, Quintana Roo. Méx. pp 25-43.
- Bilgili, S. F., E. T. Moran, Jr. and N. Acar. 1992. Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: live performance and further-processing yields. *Poult. Sci.* 71:850-858.
- Binger, B. R., and E. Hoffman. 1988. *Microeconomics with calculus.* Scott, Foresman and Company Glenview Illinois. 600 p.
- Brody, S., A. D. Ragsdale and C. W. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *J. Gen. Physiol.* 5:441.
- Brooke, A. D. K. and A. Meeraus. 1988. *GAMS: A User's Guide.* The Scientific Press. 270 p.
- Callejas L. A., M. y M. Luis L. 1996. Estimación de los niveles óptimos biológico y económico de lisina en dietas para pollo de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 76 p.
- Chung, E., P. Griminger and H. Fisher. 1973. The lysine and sulfur amino acid requirements at two stages of growth in chicks. *J. Nutr.* 103:117-122.
- Cobby, J. M. and Y. L. P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Prod.* 26:127.
- Conover, W. J. 1980. *Practical nonparametric statistics.* Second edition. John Wiley and Sons, Inc., New York. p 212-343.
- Cuca, G. M., Ávila, G. E. y Pro, M. A. 1996. *Alimentación de las aves.* 8a. ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 154 p.
- Edwards, H. M. Jr., L. C. Morris and G. F. Heuser. 1956. Studies on the lysine requirement of chicks. *Poult. Sci.* 35:385-390.

- Gallan, A. R., and W. A. Fuller. 1973. Fitting segmented polynomial regression models whose join points have to be estimated. *J. of the American Statistical Association.* 68:144-147.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios México, D.F. 277 p.
- González, A. M. J., G. M. Pesti and J. D. Dorfman, 1992. Formulating feed for minimum cost versus maximum profits. *Proceeding 1992, Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry.* Atlanta, Georgia. pp 87-99.
- Gous, R. M., and T. R. Morris. 1985. Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *Brit. Poult. Sci.* 26:147-161.
- Guardabasso, V. D. Rodbar, and P. J. Munson. 1987. A model free approach to estimation of relative potency in dose response curve analysis. *An. J. Physiol.* 252 (Endocrinol. Metab. 15): E357-E364.
- Han, Y. and D. Baker H. 1991. Lysine requirements of fast- and slow-growing broiler chicks. *Poult. Sci.* 70:2108-2114.
- Han, Y. and D. Baker H. 1993. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. *Poult. Sci.* 72:701-708.
- Hewitt, D., and D. Lewis. 1972. The amino acid requirements of the growing chick. 1. Determination of amino acid requirements. *Brit. Poult. Sci.* 13:449.
- Mc Naughton, J. L., D. May, F. N. Reece, and J. W. Deaton. 1978 Lysine requirement of broilers as influenced by environmental temperatures. *Poult. Sci.* 57:57-63.
- Moran, Jr. E. T., R. D. Bushing, and S. F. Bilgili. 1992. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. *Poult. Sci.* 71:1687-1694.
- Morris, T. R. and H. A. Blackburn. 1982. The shape of the response curve relating protein intake to eggoutput for flocks of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 23:405.
- Noll, L. S., P. E. Waibel., R. D. Cook and J. A. Witmer. 1984. Biopotency of methionine for young Turkeys. *Poult. Sci.* 63: 2458-2470.
- NRC. 1984. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 71 p.

- NRC. 1994. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 155 p.
- Sikka, L. C. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. J. Dairy Research. 17:231.
- Steel, R. G. D., y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2a ed. Ed. McGraw-Hill, México, D. F. 622 p.
- Summers, J. D., D. Spratt, and J. L. Atkinson. 1992. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. Poult. Sci. 71:263-273.
- Thomas, O. P., A. Y. Zuckerman, M. Farran, and C. B. Tamplin, 1986. Updated amino acid requirement of broilers. In: Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, University of Maryland, College Park, MD. pp 79-85.
- Wood, P. D. P. 1969. A simple model of lactation curves for milk yield, food requirement and body weight. Anim. Prod. 28:55.
- Zubay, G. 1988. Biochemistry. 2nd ed. Macmillan Publishing Company a division of Macmillan, Inc. USA, 1266 p.

VI. ARTÍCULO II

Tiempos óptimos de alimentación para maximizar ganancia de peso o utilidades en pollos de engorda

Barrera G. J., M. González A., M. Cuca G. y T. Vásquez R.

6.1. Resumen

Las investigaciones realizadas para el control del síndrome ascítico en pollos de engorda, mediante la restricción cuantitativa de alimento, no han arrojado el tiempo adecuado de restricción que indique resultados consistentes. Por ello se realizó un experimento para estimar tres tiempos óptimos de alimentación (TOA) 1) aquel minimice la incidencia de ascitis, 2) aquel que maximice la ganancia de peso y 3) aquel que maximice las utilidades. Los tratamientos consistieron en restringir el tiempo de acceso al alimento durante las etapas de iniciación (I) de 8 a 21 días y de finalización (F) de 22 a 49 días, de la siguiente manera: 1 sin restricción (sr), 2 (I:6h-F:sr), 3 (I:8h-F:sr), 4 (I:sr-F:6h), 5 (I:sr-F:8h), 6 (I:6h-F:6h) y 7 (I:8h-F:8h). Cada tratamiento consistió de 100 pollos sin sexar de la línea Arbor Acres de un día de edad, distribuidos en un diseño completamente al azar en los diferentes pisos. Las dietas de iniciación y finalización fueron similares para los tratamientos. El análisis de varianza indicó que los tiempos de restricción alimenticia afectaron ($P < 0.05$) los consumos de alimento tanto en iniciación (1134, 756, 860, 1133, 1156, 771, 867 g), como en finalización (3699, 3537, 3704, 3085, 3200, 2919, 3179 g). Asimismo, se detectaron diferentes ($P < 0.05$) ganancias de peso en iniciación (523, 400, 436, 526, 522, 390, 436 g) pero no ($P > 0.05$) en finalización. Las utilidades por pollo encasetado (\$3.24, 4.27, 4.05, 3.10, 4.50, 3.76, 4.54) no se afectaron

($P>0.05$). Por otro lado, el análisis econométrico estimó que el TOA para máxima ganancia de peso (1.918 g) fue con I:8h-F:sr, mientras que para máxima utilidad (\$ 4.72) fue I:8h-F:8h. No se encontró el TOA que disminuye la mortalidad por ascitis, puesto que en este experimento prácticamente no se presentó.

Palabras clave: Pollo de engorda, restricción cuantitativa, tiempos óptimos de alimentación, ascitis.

6.2. Abstract

Optimal times feeding for maximizing body weight gain or profits in broiler chicken.

Consistent feed strategies have not been found to decrease mortality due to ascitic syndrome. Besides, it has not been evaluated the feeding strategies since the economic point of view. An experiment was carried in order to estimate the optimal feeding time 1) to minimize the ascites incidence 2) to maximize body weight gain or 3) to maximize profits. The treatments were based in feeding times during two stages starter (S) from 8 to 21 days and finisher (F) from 22 to 49 days. The treatment were defined as: 1 without restriction (wr), 2 (S:6h-F:wr), 3 (S:8h-F:wr), 4 (S:wr -F:6h), 5 (S:wr-F:8h), 6 (S:6h-F:6h) and 7 (S:8h-F:8h). 700 chick of 1 day old from the strain Arbor Acres were used allocated in each treatment with five replicates. It was applied a complete randomized model. The chicks were fed with similar diets for all treatments. Significant effects ($P<0.05$) were detected for feed intake for the starter (1134, 756, 860, 1133, 1156, 771, 867 g) and the finisher stages (3699, 3537, 3704, 3085, 3200, 2919, 3179 g). Body weight gain was also affected in the starter stage (523, 400, 436, 526, 522, 390, 436 g). There were not detected significant effects ($P>0.05$) for profits (\$3.24, 4.27, 4.05, 3.10,

4.50, 3.76, 4.54). The econometric analysis showed that the optimal feeding time for maximum body weight (1918 g) was gotten the treatment S:8h-F:wr, meanwhile for maximum profit (\$4.72) with S:8h-F:8h. The optimal feeding time that minimize the incidence of ascitis was not detected.

Key words: Broiler, Optimal biological and economic feeding time, ascites.

6.3. Introducción

Dada la problemática que presenta la mortalidad en pollos de engorda por síndrome ascítico, en los lugares con altitudes mayores a los 1700 msnm, y principalmente el Valle de México, aunado a la mala calidad del aire (oxígeno); se han generado una serie de estrategias, con el fin de reducir la incidencia de dicho síndrome. Tales estrategias van desde la calidad y cantidad de alimento proporcionado al pollo de engorda, así como también de manejo, control de enfermedades, condiciones ambientales y genéticas. Algunas estrategias de manejo es la de reducir la tasa de crecimiento mediante la restricción cuantitativa de alimento, ya que, una de las principales causas de la incidencia del síndrome ascítico es la alta tasa de crecimiento del pollo de engorda a la cual ha sido sometido genéticamente (Arenas y Santiago, 1995).

Actualmente a nivel de investigación se cuenta con la formulación de máxima utilidad, la cual emplea la programación no lineal; con el objetivo de encontrar la relación beneficio-costos que maximice las utilidades de los productores (González *et al.*, 1992). La formulación de máxima utilidad, ofrece la ventaja que se manejan requerimientos variables; los cuales dependen del precio del producto final y de los ingredientes para la

elaboración de las raciones. Así como también, se pretende incluir dentro sus modelos econométricos la mortalidad por síndrome ascítico.

También se sabe que de la ley de rendimientos decrecientes dados en la teoría microeconómica (Binger y Hoffman, 1988) puede deducirse que los tiempos óptimos de alimentación, pueden tener dos objetivos uno para máxima ganancia de peso o biológico (TOAB) y otro para máxima utilidad o económico (TOAE), los cuales pueden no coincidir. Lo anterior dado que, el TOAE, considera, tanto el TOAB, como el tiempo óptimo de alimentación que reduce la mortalidad (TOAM); para hacer un balance de ellos, para obtener las máximas utilidades.

El propósito de la presente investigación fue estimar y comparar los tiempos óptimos de alimentación para obtener una mínima mortalidad por síndrome ascítico o una máxima ganancia de peso o una máxima utilidad para el productor de pollo de engorda, y crear una metodología basada en nutrición y econometría para tiempos óptimos para máxima utilidad.

6.4. Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la galera de aves de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo localizado a una altitud de 2250 msnm.

En el presente estudio se utilizaron 700 pollos sin sexar de un día de edad de la línea Arbor Acres (AA), con un peso promedio de 45 g, alojados en piso. Cada tratamiento (T_i) constó de 100 pollos con cinco repeticiones cada uno, se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos consistieron en

restringir el tiempo de acceso al alimento durante las etapas de iniciación (I) de 8 a 21 días y de finalización (F) de 22 a 49 días, de la siguiente manera: 1 sin restricción (sr), 2 (I:6 h y en F:sr), 3 (I:8 h y en F:sr), 4 (I:sr y en F:6 h), 5 (I:sr y en F:8 h), 6 (I:6 h y en F:6 h) y 7 (I:8 h y en F:8 h).

La dieta de iniciación contenía un nivel de 1.139% de L-lisina en la dieta, estimado por Barrera *et al.* (1997) por medio de la Formulación Econométrica (González *et al.*, 1992). En tanto que la dieta de finalización se elaboró con respecto al estándar NRC (1994), excepto para el nivel de energía, que fue de 3.1 Mcal/kg (Cuadro 11). El agua se les proporcionó *ad libitum* durante todo el periodo de engorda.

Cuadro 11. Niveles de inclusión de ingredientes y composición de las dietas experimentales.

Ingredientes		Nivel de inclusión de los ingredientes (%)	
		Iniciación	Finalización
Sorgo	(9.06% PC)	57.37	64.21
Pasta de soya	(44.15% PC)	27.04	23.48
Gluten de maíz	(63.00% PC)	8.73	6.56
Aceite de maíz		3.23	2.51
Ortofosfato de calcio		1.14	1.00
Carbonato de calcio		1.52	1.38
DL-metionina		0.09	0.02
HCl-lisina		0.18	0.14
Sal común		0.35	0.35
Coccidiostato		0.10	0.10
Premezcla mineral *		0.10	0.10
Premezcla vitamínica **		0.15	0.15
Composición de la dieta calculada			
Energía Metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10
Proteína Cruda	(%)	22.50	20.00
Metionina	(%)	0.525	0.40
Lisina	(%)	1.139	1.00

* Hierro 110 g, Zinc 50 g, Manganeso 110 g, Cobre 2 g Yodo 0.3 g, Selenio 0.1 g, Cobalto 0.2 g, y excipiente cbp 1,000 g. ** A 4,800 MUI, D₃ 1,000 MUI, E 12000 UI, K₃ 0.8 g, Tiamina 0.9 g, Riboflavina 3 g, Piridoxina 1.4 g, B₁₂ 8.0 mg, Niacina 18.0 g, Ácido pantoténico 5 g, Biotina 50 mg, Ácido fólico 0.6 g, Antioxidante 10 g, y vehículo cbp 1,000g.

MUI: Miles de unidades internacionales

Las variables evaluadas fueron consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, mortalidad por otras causas y mortalidad por síndrome ascítico. Los resultados se analizaron a través de un análisis de varianza con un modelo completamente al azar ($Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$), y una prueba Tukey para comparación múltiple de medias. Los porcentajes de mortalidad fueron transformados a arcoseno para cumplir el supuesto de normalidad (Steel y Torrie, 1985).

A partir de los datos de consumo de alimento y ganancia de peso acumulados se estimaron los parámetros para el modelo logístico, con los cuales se utilizaron para predecir las respuestas de consumo de alimento y ganancia de peso en los pollos.

Modelo Logístico (Guardabasso y Munson, 1987).

$$CA \text{ o } GP = \left\{ \frac{A - D}{1 + (\text{días} / C)^B} \right\} + D + \text{Error} \dots\dots\dots [I]$$

Se eligió el modelo logístico porque es un modelo que en base a sus parámetros tiene la capacidad de explicar y predecir la respuesta, en donde: **A** significa la máxima respuesta; **D** la mínima respuesta; **C** la mitad del tiempo necesario para obtener la mitad (50%) de la máxima respuesta y **B** es el exponente de ajuste (Barrera *et al.*, 1997).

Se hizo una simulación para estimar el tiempo óptimo de alimentación para máxima utilidad (TOAE) que maximiza las utilidades, de la siguiente manera:

$$\text{Max } U = P * PV - (CA * C + PM) \dots\dots\dots [II]$$

Ecuación

Sujeto a: $CA = f(h - Acc) \dots\dots\dots (3)$

$PV = g(h - Acc) \dots\dots\dots (4)$

En donde: **P** es el precio del pollo en pie (\$/kg); **PV** es el peso vivo del pollo (kg); **CA** es el consumo de alimento por el pollo (kg); **C** es el costo del kilogramo de alimento (\$/kg); **h- Acc** es el tiempo de acceso al alimento (h); **PM** es la pérdida causada por la mortalidad de los pollos, que incluye el alimento consumido hasta la muerte y el precio del pollo de un día de edad. Las ecuaciones (3) y (4) son las respuestas en consumo de alimento y ganancia de peso en función del tiempo de acceso al alimento.

6.5. Resultados

En la etapa de 1 a 21 días los tratamientos a los que se les restringió el tiempo de alimentación 6 u 8 horas tuvieron un menor ($P<0.05$) consumo de alimento, con respecto a aquellos pollos sin restricción (Cuadro 12). Ya que cuando no se restringió el tiempo de acceso al alimento en la etapa de iniciación, los pollos presentaron un consumo de 1134, 1133 y 1156 g para los tratamientos 1, 4 y 5, respectivamente. Valores superiores a los presentados en los tratamientos 2, 3, 6 y 7 (765, 860, 867 y 772 g, respectivamente).

En ganancia de peso hubo diferencias ($P<0.05$) ya que los pollos sin restricción presentaron las mas altas ganancias de peso y así mismo, los tratamientos con menores ganancias de peso fueron los de 6 horas de alimentación, datos similares se presentan en consumo de alimento (Cuadro 12).

El tiempo de acceso al alimento tuvo efecto ($P<0.05$) sobre la eficiencia alimenticia los pollos con restricción alimenticia se encontraron las mejores respuestas, que cuando se ofreció *ad libitum* el alimento (Cuadro 12).

En lo que respecta a mortalidad, no se detectaron diferencias ($P>0.05$) debido a los efectos de las restricciones de alimento durante la etapa de iniciación (Cuadro 12).

Cuadro 12. Variables respuesta en la etapa de 1 a 21 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.

Tratamientos		Consumo de alimento		Ganancia de peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad	
(horas)		(g)	EE	(g)	EE	Media	EE	(%)	EE
1	I: Sr - F: Sr	1134.6a	± 7.83	523.2a	± 7.35	0.46bc	±0.01	0.00a	±0.00
2	I: 6 hr - F: Sr	765.1b	±13.37	400.4bc	± 8.79	0.52a	±0.01	1.00a	±1.00
3	I: 8 hr - F: Sr	860.5b	±50.11	436.9b	± 9.12	0.51ab	±0.02	3.00a	±3.00
4	I: Sr - F: 6 hr	1133.8a	±24.17	526.6a	±12.31	0.46bc	±0.01	0.00a	±0.00
5	I: Sr - F: 8 hr	1156.8a	±24.96	522.1a	± 4.11	0.45c	±0.01	1.00a	±1.00
6	I: 6 hr - F: 6 hr	771.6b	±12.97	390.7c	± 6.28	0.51abc	±0.01	0.00a	±0.00
7	I: 8 hr - F: 8 hr	866.9b	±27.71	436.0b	± 8.98	0.50abc	±0.01	2.00a	±1.23

^{a,b,c} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05). * EE: Error estándar

I: Iniciación, F: Finalización, Sr: Sin restricción.

Cuadro 13. Variables respuesta en la etapa de 22 a 49 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.

Tratamientos		Consumo de alimento		Ganancia de peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad	
(horas)		(g)	EE	(g)	EE	Media	EE	(%)	EE
1	I: Sr - F: Sr	3699.8a	±59.59	1296.7a	±85.15	0.35a	±0.02	3.00a	±2.00
2	I: 6 hr - F: Sr	3537.1a	±42.57	1354.4a	±80.97	0.38a	±0.02	1.00a	±0.00
3	I: 8 hr - F: Sr	3704.9a	±68.31	1419.2a	±93.91	0.38a	±0.02	3.00a	±3.00
4	I: Sr - F: 6 hr	3085.6bc	±32.64	1125.9a	±61.07	0.37a	±0.02	4.00a	±1.87
5	I: Sr - F: 8 hr	3200.7b	±30.62	1266.5a	±51.60	0.41a	±0.01	2.00a	±1.23
6	I: 6 hr - F: 6 hr	2919.1c	±50.68	1162.1a	±66.13	0.40a	±0.03	1.00a	±1.00
7	I: 8 hr - F: 8 hr	3179.7b	±45.27	1302.4a	±65.74	0.41a	±0.02	1.00a	±1.00

^{a,b,c} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05). * EE: Error estándar

I: Iniciación, F: Finalización, Sr: Sin restricción.

En la etapa de 22 a 49 días de edad, los tratamientos solo tuvieron efecto ($P < 0.05$) sobre el consumo de alimento (Cuadro 13), siendo los consumos mas bajos en los tratamientos que se estuvo restringiendo el acceso al alimento, y principalmente el tratamiento que tuvo restricción de 6 horas durante todo el periodo de la engorda, en el cual los pollos tuvieron un consumo de alimento 2919 g.

Para la global de la engorda, que es de 1 a los 49 días solo se detectaron diferencias ($P < 0.05$), en el consumo de alimento (Cuadro 14), siendo el tratamiento testigo (I: Sr - F: sr) el que tuvo el mayor consumo con 4.843 kg, posteriormente le siguen los tratamientos que se restringió 8 horas durante una solo etapa, ya fuera en iniciación (I: 8h - F: sr) o en finalización (I: Sr - F: 8h) con un consumo de 4.565 y 4.357 g, respectivamente. Y el consumo mas bajo se presento en aquellos pollos que solo se les permitió el acceso al alimento durante 6 horas en ambas etapas de la engorda (I: 6h - F: 6h).

Al efectuar el análisis de varianza para las utilidades por repetición o bien por pollo encasetado, considerando las pérdidas que se tienen por la mortalidad (alimento consumido hasta la muerte del pollo y costo del pollito) no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), en los tratamientos evaluados (Cuadro 15); sin embargo al realizar el análisis por regresión y utilizando la simulación, se obtiene que las mayores ganancias de peso se obtienen con el tratamiento de 8 horas de acceso al alimento en ambas etapas.

Cabe resaltar que prácticamente no se registraron muertes por síndrome ascítico por lo que no se hicieron análisis de resultados al respecto.

Cuadro 14. Variables respuesta en la etapa de 1 a 49 días de edad de pollos con restricción cuantitativa por tiempo de alimentación.

Tratamientos		Consumo de alimento		Ganancia de peso		Eficiencia Alimenticia		Mortalidad	
(horas)		(g)	EE	(g)	EE	Media	EE	(%)	EE
1	I: Sr - F: Sr	4834.4a	±62.06	1820.0a	±80.97	0.38a	±0.02	3.00a	±2.00
2	I: 6 hr - F: Sr	4302.2bcd	±47.04	1754.8a	±76.82	0.41a	±0.02	1.00a	±1.00
3	I: 8 hr - F: Sr	4565.4b	±87.99	1856.2a	±93.99	0.41a	±0.02	6.00a	±3.67
4	I: Sr - F: 6 hr	4219.4cd	±51.06	1652.4a	±69.41	0.39a	±0.02	4.00a	±1.87
5	I: Sr - F: 8 hr	4357.4bc	±44.86	1820.5a	±39.86	0.42a	±0.01	3.00a	±1.23
6	I: 6 hr - F: 6 hr	3690.7e	±45.92	1552.8a	±68.13	0.42a	±0.02	1.00a	±1.00
7	I: 8 hr - F: 8 hr	4046.7d	±64.33	1738.3a	±63.05	0.43a	±0.01	3.00a	±1.23

^{a,b,c,d} Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05). * EE: Error estándar

I: Iniciación, F: Finalización, Sr: Sin restricción.

Cuadro 15. Análisis de las utilidades reales y estimados por Simulación, en pollos con restricción cuantitativa por tiempos de alimentación.

Tratamientos		Utilidades por repetición (\$)			Utilidades por pollo encasetado (\$)			
(horas)		Real	EE	Estimado	Real	EE	Estimado	Diferencia
1	I: Sr - F: Sr	64.803a	± 9.52	73.117	3.240a	±0.48	3.656	+0.416
2	I: 6 hr - F: Sr	85.315a	±12.48	92.122	4.266a	±0.62	4.606	+0.340
3	I: 8 hr - F: Sr	81.022a	±13.43	87.358	4.051a	±0.67	4.368	+0.317
4	I: Sr - F: 6 hr	62.014a	±16.12	62.978	3.101a	±0.81	3.149	+0.048
5	I: Sr - F: 8 hr	90.018a	± 7.85	89.081	4.501a	±0.39	4.454	-0.047
6	I: 6 hr - F: 6 hr	75.281a	±16.58	77.453	3.764a	±0.83	3.873	+0.109
7	I: 8 hr - F: 8 hr	90.692a	± 9.25	94.442	4.535a	±0.46	4.722	+0.188

^a Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P>0.05). ± Error estándar

I: Iniciación, F: Finalización, Sr: Sin restricción.

6.6. Discusión de resultados

A partir del análisis de simulación (por regresión) se observó el tiempo óptimo de alimentación que tiende a maximizar la ganancia de peso no coincide con el tiempo que maximiza las utilidades; puesto que, el tiempo óptimo para máxima ganancia es cuando se restringe el acceso al alimento a 8 horas durante la etapa de iniciación, mientras para la máxima utilidad, esta se obtiene cuando se restringe 8 horas durante todo el periodo de engorda (Cuadro 15).

Las tendencias de los resultados para ganancia de peso coinciden con los obtenidos por Arce (1993), quien encontró que al restringir 5 horas el tiempo de acceso al alimento durante la etapa de iniciación (8 a 21 días), los pollos presentan incrementos de peso superiores a aquellos pollos a los cuales no se les restringe el alimento, aunque no obtienen el mismo peso vivo al final de la engorda; pero en el presente experimento se tiene, que cuando a los pollos se les permite el acceso al alimento durante 6 horas durante la etapa de iniciación la ganancia de peso es similar ($P>0.05$), en comparación con los pollos alimentados *ad libitum* (Cuadro 14).

Además, Arce (1993) menciona que cuando se restringe a 8 horas el acceso al alimento durante el día 8 al 42, y posteriormente se le proporciona *ad libitum* hasta el día 56, se tiene un peso al mercado de 2.191 kg y; aunado a ello, se reduce la mortalidad por síndrome ascítico de 5.21 (testigo) a 0.5%. Mientras que, el presente experimento se obtuvo un peso al mercado de 1.867 kg. Asimismo, Berger *et al.* (1990) no encontraron diferencias ($P>0.05$) en el peso final al restringir el alimento de 8, 10, 12 y 24 horas durante el periodo de 22 a 56 días; pero es menor cuando solo se permite ($P<0.05$) 6 horas de acceso al alimento. Arce (1993) y Berger *et al.* (1990) coinciden que con 8

horas de acceso al alimento se reduce ($P < 0.05$) la mortalidad por síndrome ascítico. Lo cual confirma que desde el punto de vista biológico no es factible restringir el acceso al alimento durante la etapa de finalización.

Al restringir el acceso al alimento se reduce el consumo de alimento, el cual influye directamente sobre la ganancia de peso, debido a que se disminuye la cantidad de nutrimentos disponibles a nivel intestinal para que sean absorbidos, con los cuales los pollos pueden desarrollar su máximo potencial de rápido crecimiento (Zubay, 1988); aunque, la eficiencia alimenticia tiende a aumentar.

El pollo de engorda tiene la capacidad de presentar un crecimiento compensatorio en la etapa de 22 a 49 días, cuando es sometido a una alimentación restringida durante la etapa de iniciación. Según Arenas y Santiago (1995), la restricción puede ser en cuanto al nivel y a la calidad de nutrimentos en la dieta (restricción cualitativa); o bien, al tiempo de acceso al alimento o cantidad de alimento suministrado por ave (restricción cuantitativa), como lo fue en este caso.

6.7. Conclusiones

El tiempo óptimo de alimentación (TOA) que maximiza la ganancia de peso durante todo el periodo de engorda es dar 8 horas de acceso al alimento en la etapa de iniciación y sin restricción en la finalización. Pero el TOA que maximiza las utilidades por pollo encasetado, se tiene cuando se restringe a 8 horas de acceso al alimento durante todo el periodo de engorda.

6.8. Literatura Citada

- Arce, M. J. 1993. Restricción de alimento manual y diferentes densidades de nutrientes en las dietas para el control del síndrome ascítico en el pollo de engorda. *In: Memorias del XI Ciclo Internacional de Conferencias sobre Avicultura*. C.P., AMENA y ANECA. Méx. D.F. pp 37-54.
- Arenas, C. A. A. y F. Santiago J. 1995. Evaluación biológica y económica de restricciones cualitativas y cuantitativas de alimentación como control del síndrome ascítico en pollo de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 83p.
- Barrera, G. J., M. Cuca G. y M. González A. 1997. Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad. *In: Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Venezuela. Vol. 5. Supl. 1. 259-261 pp.
- Berger, M. M., E. Cortés M., y F. Castellanos G. 1990. Control del síndrome ascítico en pollos de engorda por medio de la restricción diaria de alimento. *In: Memorias de la XV Convención Nacional de ANECA*. Cancún, Quintana Roo. Méx. pp 25-43.
- Binger, B. R. and E. Hoffman. 1988. *Microeconomics with calculus*. Scott, Foresman and Company Glenview Illinois. 600 p.
- González, A. M. J., G. M. Pesti and J. D. Dorfman, 1992. Formulating feed for minimum cost versus maximum profits. *Proceeding 1992, Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry*. Atlanta, Georgia. pp 87-99.
- Guardabasso, V. D. Rodbar, and P. J. Munson. 1987. A model free approach to estimation of relative potency in dose response curve analysis. *Anim. J. Physiol.* 252 (Endocrinol. Metab. 15): E357-E364.
- NRC. 1994. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 155 p.
- Steel, R. G. D., y J. H. Torrie. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a ed. Ed. McGraw-Hill, México, D. F. 622 p.
- Zubay, G. 1988. *Biochemistry*. 2nd ed. Macmillan Publishing Company a division of Macmillan, Inc. USA, 1266 p.

VII. DISCUSIÓN GLOBAL

En lo que respecta al nivel óptimo biológico de L-lisina recomendado por NRC (1994) y al nivel óptimo biológico estimado, cabe señalar que el valor del nivel óptimo biológico de L-lisina estimado (1.139%) para pollos de engorda en la etapa de 1 a 21 días de edad es un valor muy cercano al reportado (1.100%) por NRC (1994) ya que la diferencia es de 0.039%. Es importante señalar que se esperaba que el requerimiento del aminoácido en estudio para obtener la máxima ganancia de peso fuera superior, aproximadamente igual al recomendado (1.25%) por Cuca *et al.* (1996) para las explotaciones de México, así como las investigaciones realizadas en condiciones climáticas similares en las que se llevo a cabo este experimento como el de Zorrilla *et al.* (1993) quienes encontraron que con 1.2% se obtiene la máxima ganancia de peso. El NOB estimado también es inferior al 1.24-1.39%, valor estimado mediante la metodología de máxima utilidad por Callejas y Luis (1996) y al 1.22% reportado por Han y Baker (1994), ambos valores para experimentos realizados en condiciones de los Estados Unidos. Estas diferencias en los valores de los NOB estimado e informados en la literatura pueden deberse al equilibrio o perfil de aminoácidos (Baker y Han, 1994; Baker y Chung, 1992) presente en las dietas experimentales utilizadas por cada uno de los autores, lo cual repercute directamente sobre el consumo de alimento y éste se refleja en la respuesta de la ganancia de peso. Aunado a ello, cada línea genética tiene la capacidad de responder de manera diferente a un mismo nivel de L-lisina en la dieta, esto dado por el potencial genético, ya sea para rápido o lento crecimiento (Bilgili *et al.*, 1992; Han y Baker, 1993).

Los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de L-lisina estimados (1.139 y 1.135%, respectivamente) para la etapa de iniciación no coincidieron, esto se explica a que debido a la fórmula (González *et al.*, 1992) para obtener el NOB, que es cuando se obtiene la máxima respuesta de la ganancia de peso, en tanto que para estimar el NOE, además se considera el consumo de alimento. De la única manera que estos niveles pudieran coincidir sería cuando el contenido de L-lisina en la dieta no afectara el consumo alimento, y por lo tanto la única variable a maximizar sería la ganancia de peso. Esto visto desde la teoría microeconómica se tiene que el NOE involucra dentro de su modelo el costo que implica el consumo de alimento para obtener las utilidades, porque al adicionar una mayor cantidad de L-lisina a la dieta el consumo de alimento puede incrementar, pero la ganancia de peso puede mantenerse constante o bien llegar al punto donde la ganancia de peso disminuya. Por lo que el incremento en el costo de la dieta por la adición de L-lisina sea mayor al incremento o decremento del ingreso que se obtendría por la ganancia peso extra dada por dicha adición (Binger y Hoffman, 1998). Esto comprueba los valores informados para el NOB de 1.249-1.397% y NOE 1.273-1.407% por Callejas y Luis (1996) para la etapa de 1 a 21 días de edad en pollos de engorda. Para el caso de cerdos en crecimiento Crenshaw *et al.* (1995) informan 0.75% para NOB y 0.85% para NOE, en tanto que Constantino y Gil (1996) de 0.82% para NOB y 0.80% para NOE, en estos casos se comprueba que no coinciden los niveles de L-lisina. De lo anterior, se puede observar que el NOE no siempre se encuentra a la izquierda en la curva de producción, como lo señala la hipótesis de rendimientos decrecientes (Binger y Hoffman, 1998); y que éste puede ser menor o mayor que el NOB.

El NOE de L-lisina si fue sensible al cambio de precio del pollo y de la L-lisina sintética, esto porque a partir de la fórmula para estimar el NOE, en la cual las utilidades están influenciadas por los ingresos y de los egresos, se afirma (en este caso) que el NOE depende de la variabilidad del precio del pollo y de la L-lisina sintética, como se observa en el Cuadro 10 del análisis paramétrico (González *et al.*, 1992; González *et al.*, 1993). Aunque el NOE es mas sensible al variar el precio de la L-lisina sintética que el precio del pollo, las utilidades son mas sensibles al cambio del precio del pollo (Cuadro 10). Lo anterior se explica porque el precio del pollo afecta directamente sobre los ingresos y la L-lisina sintética afecta el precio del alimento, puesto que se adiciona en pequeñas cantidades a la dieta, en otras palabras el efecto no es directo sobre los egresos.

En cuanto al tiempo óptimo de alimentación que maximizó el peso vivo no coincidió con el que maximizó las utilidades, esto se explica por los diferentes consumos de alimento (Cuadro 14), que al momento de obtener las utilidades se considera el costo por la alimentación y el peso vivo obtenido al final de la engorda, que al hacer el balance entre los ingresos y egresos, económicamente es cuando se indica cual es la mejor estrategia de alimentación para obtener la máxima utilidad. El máximo crecimiento de los pollos se obtuvo al restringir el acceso al alimento por 8 horas durante la etapa de iniciación (8 a 21 días), lo anterior probablemente es debido a un crecimiento compensatorio (Berger *et al.*, 1990) que los pollos son capaces de presentar en la etapa de finalización (22 a 49 días) cuando se les proporciona el alimento (con los nutrimentos requeridos) a libre acceso. Por otro lado la máxima utilidad se obtuvo al restringir 8 horas a partir del día 8 hasta el 49, esto se debió a que el balance de ingresos - egresos fue

mayor en esta estrategia. Es importante hacer notar que al restringir el tiempo de alimentación de los pollos se incrementa significativamente ($P < 0.05$) su eficiencia para transformar el alimento consumido en peso vivo (Cuadro 12). Este efecto se ve mas marcado en la etapa de iniciación (8 a 21 días), ya que en la etapa de finalización (22 a 49 días) no se encontraron diferencias ($P > 0.05$).

VIII. LITERATURA CITADA

- Acar, N. E., T. Moran, Jr. and S. F. Bilgili. 1991. Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strain crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirement between six and eight weeks of age. *Poult. Sci.* 70:2315-2321.
- Aguilar, M. J. y E. Pérez S. 1996. Niveles bajos de lisina en la etapa de iniciación (0-3 semanas) para el control de síndrome ascítico en pollos de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 44 p.
- Aoyagi, S. and H. Baker D. 1994. Dietary L-homoarginine has no lysine bioactivity in chicks. *Poult. Sci.* 73:1755-1757.
- Arce, M. J. 1993. Restricción de alimento manual y diferentes densidades de nutrientes en las dietas para el control del síndrome ascítico en el pollo de engorda. *In: Memorias del XI Ciclo Internacional de Conferencias sobre Avicultura. C.P., AMENA y ANECA. Méx. D.F.* pp 37-54.
- Arenas, C. A. A. y F. Santiago J. 1995. Evaluación biológica y económica de restricciones cualitativas y cuantitativas de alimentación como control del síndrome ascítico en pollo de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 83 p.
- Baker, D. H. and T. Han K. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks postatching. *Poult. Sci.* 73:1441-1447.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. FERMEX. Technical Review-4, BioKyowa Inc. St. Louis. 16 p.
- Barrera, G. J., M. Cuca G. y M. González A. 1997. Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad. *In: Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Venezuela. Vol. 5. Supl. 1.* 259-261 pp.
- Berger, M. M., E. Cortés M. y F. Castellanos G. 1990. Control del síndrome ascítico en pollos de engorda por medio de la restricción diaria de alimento. *In: Memorias de la XV Convención Nacional de ANECA. Cancún, Quintana Roo. Méx.* pp 25-43.
- Bilgili, S. F., E. T. Moran, Jr. and N. Acar. 1992. Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: live performance and further-processing yields. *Poult. Sci.* 71:850-858.

- Binger, B. R. and E. Hoffman. 1988. Microeconomics with calculus. Scott, Foresman and Company Glenview Illinois. 600 p.
- Boomgaardt, J. and D. Baker H. 1973a. The lysine requirement of growing chicks fed sesame meal-gelatin diets at three protein levels. Poultry Science 52:586-591.
- Boomgaardt, J. and D. Baker H. 1973b. Effects of age on the lysine and sulfur amino acid requirement of growing chickens. Poult. Sci. 52:592-597.
- Brody, S., A. D. Ragsdale and C. W. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. J. Gen. Physiol. 5:441.
- Brooke, A. D. K. and A. Meeraus. 1988. GAMS: A User's Guide. The Scientific Press. 270 p.
- Burton, E. M., and P. W. Waldroup. 1979. Arginine and lysine needs of young broiler chicks. Nutr. Rep. Int. 19:607-612.
- Callejas, L. A. M. y M. Luis L. 1996. Estimación de los niveles óptimos biológico y económico de lisina en dietas para pollo de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. 76 p.
- CANACINTRA, 1996. La industria alimentaria en México (1995-1996). Sección de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales. 73 p.
- Chung, E., P. Griminger and H. Fisher. 1973. The lysine and sulfur amino acid requirements at two stages of growth in chicks. J. Nutr. 103:117-122.
- Cobby, J. M. and Y. L. P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. Anim. Prod. 26:127.
- Conover, W. J. 1980. Practical nonparametric statistics. Second edition. John Wiley and Sons; Inc., New York. P 212-343.
- Constantino, M. E. y Gil, S. S. 1996. Evaluación de la precisión de programas de optimización para estimar los niveles óptimos económico y biológico de L-lisina para cerdos en crecimiento. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 80 p.
- Crenshaw, T. D., Galh, Blemings, K. P. and Benevenga, N. J. 1995. Cost of additional dietary lysine must be taken into account. FEEDSTUFFS. pp 13-23.
- Cuca, G. M., E. Ávila, G. y A. Pro, M. 1996. Alimentación de las aves. 8a. ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 154 p.

- D'Alfonso, T. H., W. B. Roush and T. L. Cranever. 1993. Performance of broiler fed rations formulated by stochastic nonlinear programming or linear programming with a margin of safety. *Poult. Sci.* 72:620-627.
- D'Alfonso, T. H., W. B. Roush and J. A. Ventura. 1992. Least cost poultry rations with nutrient variability: a comparison of linear programming with a margin of safety and stochastic programming models. *Poult. Sci.* 71:255-262.
- Dent, J. B. and H. Casey. 1967. Linear programming and animal nutrition. Lippincott Company. 111 p.
- D'Mello, J. P. and D. Lewis. 1970. Amino acid interactions in chick nutrition: Interdependence in amino acid requirements. *Poult. Sci.* 11:367-385.
- Edwards, H. M. Jr., L. C. Morris and G. F. Heuser. 1956. Studies on the lysine requirement of chicks. *Poult. Sci.* 35:385-390.
- Emmans, G. C. 1981. A model of the growth and feed intake of as libitum fed animals, particularly poultry. In: Computers in animal production. Occasional Publication. No. 5. Brit. Soc. of Anim. Prod. pp 103-110.
- Gallan, A. R. and W. A. Fuller. 1973. Fitting segmented polynomial regression models whose join points have to be estimated. *J. of the Am. Stat. Assoc.* 68:144-147.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios México, D.F. 277 p.
- González, A. M. J., G. M. Pesti and J. D. Dorfman. 1992. Formulating feed for minimum cost versus maximum profits. Proceeding 1992, Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry. Atlanta, Georgia. pp 87-99.
- González, Y. F. 1995. Síntesis Avícola. Marzo-Abril. Año dos mil. México, D.F. pp 28-29.
- González-Alcorta, M. J., G. M. Pesti, y J. D. Dorfman. 1993. Métodos de formulación de raciones que maximizan las ganancias económicas de los productores de pollo. In: Memorias del XI Ciclo de conferencias internacionales sobre avicultura. C.P.-AMENA - ANECA. México. pp 101-114.
- González-Alcorta, M. J. 1994. La formulación econométrica: Un beneficio para el productor. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Méx. pp 25-27.

- González-Alcorta, M. y R. Orozco M. 1994. Análisis retrospectivo, situación actual y perspectivas en el empleo de métodos de formulación de raciones. *In: Memoria del V Congreso Internacional de Producción Animal Torreón, Coah. Coahuila, México.* pp 154-177.
- Gordon, R. F. y F. T. W. Jordán. 1985. Enfermedades de las aves. 2a ed. Ed. El manual moderno. Méx. D.F. 657 p.
- Gous, R. M., and T. R. Morris. 1985. Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *Brit. Poult. Sci.* 26:147-161.
- Guardabasso, V. D. Rodbar and P. J. Munson. 1987. A model free approach to estimation of relative potency in dose response curve analysis. *Anim. J. Physiol.* 252 (Endocrinol. Metab. 15): E357-E364.
- Han, Y. and D. Baker H. 1991. Lysine requirements of fast- and slow-growing broiler chicks. *Poult. Sci.* 70:2108-2114.
- Han, Y. and D. Baker H. 1993. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. *Poult. Sci.* 72:701-708.
- Hewitt, D., and D. Lewis. 1972. The amino acid requirements of the growing chick. 1. Determination of amino acid requirements. *Brit. Poult. Sci.* 13:449-463.
- Holsheimer, J. P. 1981. The protein and amino-acid requirement for broilers between 5 and 6 weeks. 2. Feeding diets supplemented with essential and nonessential amino acids. *Arch. Gefluegelkd.* 45:151-157.
- Hurwitz, S., D. Sklan and I. Bartov. 1978. New formal approaches to the determination of energy and amino acid requirements. *Poult. Sci.* 57:197-205.
- López, C. C. y J. Arce M. 1993. Repercusiones económicas en la aplicación de programas de alimentación como paliativos para el control del síndrome ascítico. *In: Memorias del XI Ciclo Internacional de Conferencias sobre Avicultura y XIV Aniversario del Centro de Ganadería. C.P., AMENA y ANECA. Méx. D.F.* pp 202-228.
- López, E. 1995. Análisis del mercado de productores e insumos porcícolas. XII Congreso Nacional de Porcinocultura. Porcinocultura Mexicana. Morelia, Mich. Año VII: 6. pp 4-36.
- Malta Clayton, 1996. Business development/Jots: Raw materials market poultry producers. Projection Jan-Sep. pp 5-6.

- Maxwell, M. H. y G. W. Robertson. 1993. Hipoxia a nivel del mar: indicadores ultracitiquímicos en el pollo de engorda en iniciación con síndrome ascítico. *In: Memorias del XI Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura*. C.P., AMENA y ANECA. Montecillo, Méx. pp 19-36.
- Mc Naughton, J. L., D. May, F. N. Reece, and J. W. Deaton. 1978. Lysine requirement of broilers as influenced by environmental temperatures. *Poult. Sci.* 57:57-64.
- Moran, Jr. E. T., R. D. Bushing and S. F. Bilgili. 1992. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. *Poult. Sci.* 71:1687-1694.
- Morris, T. R. and H. A. Blackburn. 1982. The shape of the response curve relating protein intake to eggoutput for flocks of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 23:405.
- Murray, R. K., Mayes P. A., Granner D. K. and Rodwell V. W. 1990. *Biochemistry*. 22nd ed. Division of Prentice Hall. USA. 720 p.
- Noll, L. S., P. E. Waibel., R. D. Cook and J. A. Witmer. 1984. Biopotency of methionine for young Turkeys. *Poult. Sci.* 63:2458-2470.
- NRC. 1984. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 71 p.
- NRC. 1994. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 155 p.
- Odom, T. W. 1993. La elección entre la genética, la incubación y el ambiente después del nacimiento con el desarrollo del síndrome ascítico en el pollo de engorda. *In: Memorias del XI Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura*. C.P., AMENA y ANECA. Montecillo, Méx. pp 167-179.
- Pro, M. A. y A. Manjarrez H. 1989. Algunos factores que afectan la incidencia del síndrome ascítico en pollos. *In: Memorias del IX Ciclo Internacional de Conferencias sobre Avicultura*. AMENA. Méx. D.F. pp 178-208.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R. J. Young. 1982. *Nutrition of the chicken*. 3rd ed. Published by M. L. Scott & Associates. Ithaca, New York. 562 p.
- Sikka, L. C. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *Journal Dairy Research*. 17:231.

- Skinner, J. T., A. L. Waldroup., and P. W. Waldroup. 1992. Effects of protein and amino acid level fed zero to forty two days on response of broilers to protein and amino acid levels fed forty-two to forty-nine days of age. *Poult. Sci.* 71:1362-1373.
- Steel, R. G. D., y J. Torrie H. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a ed. Ed. McGraw-Hill, México, D. F. 622 p.
- Strieler, L. 1988. *Biochemistry*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company. New York. 1089 p.
- Summers, J. D., D. Spratt, and J. L. Atkinson. 1992. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. *Poult. Sci.* 71:263-273.
- Talpaz, H., S. Hurwitz, J. R. De la Torre and P. J. Sharpe H. 1988. Economic optimization of a growth trajectory for broilers. *Anim. J. Arg. Econ.* 832-390.
- Thomas, O. P., A. Y. Zuckerman, M. Farran, and C. B. Tamplin, 1986. Updated amino acid requirement of broilers. *In: Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, University of Maryland, College Park, MD.* pp 79-85.
- UNA. 1996. *Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola*. Ed. Agrotecnia, México, D.F. 58 p.
- Wideman, R. F. Jr. 1988. Ascites in poultry. *Monsanto. Nutrition Update.* 8:1
- Wood, P. D. 1969. A simple model of lactation curves for milk yield, food requirement and body weight. *Anim. Prod.* 28:55.
- Woodham, A. A., and P. S. Deans. 1975. Amino acid requirement of growing chickens. *Brit. Poult. Sci.* 16:269-276.
- Zorrilla, F. F., M. Cuca G. y E. Ávila G. 1993. Efecto de niveles de energía, lisina y proteína en dietas para pollos de engorda en iniciación. *Vet. Méx.* 24:311-316.
- Zubay, G. 1988. *Biochemistry*. 2nd ed. Macmillan Publishing Company a division of Macmillan, Inc. USA. 1266 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Tablas de ANOVA. Experimento de niveles óptimos biológico y económico de L-lisina.

Variable: Consumo de alimento.

Etapas: 1-21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	100448.4286	16741.4048	10.46	0.0001	*
ERROR	21	33595.0000	1599.7619			
TOTAL	27	134043.4286				

$R^2 = 0.749372$ C.V. = 4.534076 CONSP Media = 882.142857

Variable: Ganancia de peso.

Etapas: 1-21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	171706.5000	28617.7500	55.14	0.0001	*
ERROR	21	10898.7500	518.9881			
TOTAL	27	182605.2500				

$R^2 = 0.940315$ C.V. = 4.066276 GPP Media = 560.250000

Variable: Eficiencia alimenticia.

Etapas: 1-21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.08534286	0.01422381	15.64	0.0001	*
ERROR	21	0.01910000	0.00090952			
TOTAL	27	0.10444286				

$R^2 = 0.817125$ C.V. = 4.760049 EFICP Media = 0.63357143

Variable: Mortalidad.

Etapas: 1-21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	258.2581325	43.0430221	0.51	0.794	NS
ERROR	21	1772.6584077	84.4123051			
TOTAL	27	2030.9165402				

$R^2 = 0.127163$ C.V. = 131.0744 MORT Media = 7.009469

Variable: Consumo de alimento.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.44261100	0.07376850	2.50	0.0555	NS
ERROR	21	0.62049225	0.02954725			
TOTAL	27	1.06310325				

$R^2 = 0.416339$ C.V. = 4.371368 CONSP Media = 3.93225

Variable: Ganancia de peso.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.08389671	0.01398279	1.03	0.4321	NS
ERROR	21	0.28433025	0.01353954			
TOTAL	27	0.36822696				

$R^2 = 0.227840$ C.V. = 6.361795 GPP Media = 1.82903571

Variable: Eficiencia alimenticia.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.00442143	0.00073690	0.77	0.6013	NS
ERROR	21	0.02007500	0.00095595			
TOTAL	27	0.02449643				

$R^2 = 0.180493$ C.V. = 6.644032 EFICP Media = 0.46535714

Variable: Mortalidad por otras causas.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	525.8714971	87.6452495	0.89	0.5204	NS
ERROR	21	2070.2260350	98.5821921			
TOTAL	27	2596.0975321				

$R^2 = 0.202562$ C.V. = 61.47891 YMNA Media = 16.1500216

Variable: Mortalidad por síndrome ascítico. Etapa: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	154.2817839	25.7136307	0.27	0.9440	NS
ERROR	21	1987.9253993	94.6631143			
TOTAL	27	2142.2071832				

R²= 0.072020 C.V.= 67.71105 YMA Media = 14.3691420

Variable: Eficiencia alimenticia. Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	0.00202143	0.00033690	0.66	0.6837	NS
ERROR	21	0.01075000	0.00051190			
TOTAL	27	0.01277143				

R²= 0.158277 C.V.= 4.551069 EFI Media = 0.49714286

Variable: Consumo de alimento. Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	824007.7143	137334.619	4.07	0.0073	*
ERROR	21	708583.2500	33742.0595			
TOTAL	27	1532590.9643				

R²= 0.537657 C.V.= 3.820879 CONS Media = 4807.53571

Variable: Mortalidad por otras causas. Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	525.8714971	87.6452495	0.89	0.5204	NS
ERROR	21	2070.2260350	98.5821921			
TOTAL	27	2596.0975321				

R²= 0.202562 C.V.= 61.47891 YMNA Media = 16.1500216

Variable: Ganancia de peso. Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	340202.7143	56700.4524	3.78	0.0104	*
ERROR	21	315317.0000	15015.0952			
TOTAL	27	655519.7143				

R²= 0.518982 C.V.= 5.128566 GP Media = 2389.28571

Variable: Mortalidad por síndrome ascítico. Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F	SIG
TRA	6	154.2817839	25.7136307	0.27	0.9440	NS
ERROR	21	1987.9253993	94.6631143			
TOTAL	27	2142.2071832				

R²= 0.072020 C.V.= 67.71105 YMA Media = 14.3691420

ANEXO 2. Tablas de ANOVA. Experimento de tiempos óptimos de alimentación.

Variable: Ganancia de Peso.

Etapas: 1 - 21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	108559.8777	18093.3130	50.37	0.0001	*
ERROR	28	10057.0120	359.1790			
TOTAL	34	118616.8897				

$R^2 = 0.915214$ C.V. = 4.099658 GP Media = 462.282857

Variable: Consumo de Alimento.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	2940266.287	490044.381	41.21	0.0001	*
ERROR	28	332989.192	11892.471			
TOTAL	34	3273255.479				

$R^2 = 0.898270$ C.V. = 3.272489 CA Media = 332.40571

Variable: Consumo de Alimento.

Etapas: 1 - 21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	956547.4189	159424.569	45.60	0.0001	*
ERROR	28	97889.7640	3496.0630			
TOTAL	34	1054437.1829				

$R^2 = 0.907164$ C.V. = 6.187383 CONS Media = 955.614286

Variable: Ganancia de Peso.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	316859.3177	52809.8863	1.96	0.1056	NS
ERROR	28	754246.6120	26937.3790			
TOTAL	34	1071105.929				

$R^2 = 0.295824$ C.V. = 12.86943 GAN Media = 275.31714

Variable: Eficiencia Alimenticia.

Etapas: 1 - 21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.02599429	0.00433238	5.70	0.0006	*
ERROR	28	0.02128000	0.00076000			
TOTAL	34	0.04727429				

$R^2 = 0.549861$ C.V. = 5.636001 EFIC Media = 0.48914286

Variable: Eficiencia Alimenticia.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	0.01470857	0.00245143	1.21	0.3287	NS
ERROR	28	0.05656000	0.00202000			
TOTAL	34	0.07126857				

$R^2 = 0.206382$ C.V. = 11.68688 EF Media = 0.38457143

Variable: Mortalidad.

Etapas: 1 - 21 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	145.7334335	24.2889056	0.77	0.5996	NS
ERROR	28	882.8393062	31.5299752			
TOTAL	34	1028.572739				

$R^2 = 0.141685$ C.V. = 263.9049 MORTT Media = 2.12771970

Variable: Mortalidad.

Etapas: 22-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	249.1708336	41.5284723	0.79	0.5864	NS
ERROR	28	1474.6581990	52.6663642			
TOTAL	34	1723.8290326				

$R^2 = 0.144545$ C.V. = 169.2177 MORTR Media = 0.28865169

Variable: Consumo de Alimento.

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	4001103.743	666850.624	37.84	0.0001	*
ERROR	28	493464.056	17623.716			
TOTAL	34	4494567.799				

R²= 0.890209 C.V.= 3.095946 CAG Media = 4288.00571**Variable: Ganancia de Peso.**

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	346330.2000	57721.7000	2.22	0.0705	NS
ERROR	28	727343.6240	25976.5580			
TOTAL	34	1073673.8240				

R²= 0.322566 C.V.= 9.251406 GPG Media = 1742.14000**Variable: Eficiencia Alimenticia.**

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	1.11166857	0.18527810	0.95	0.4771	NS
ERROR	28	5.46992000	0.19535429			
TOTAL	34	6.58158857				

R²= 0.168906 C.V.= 92.19079 EFG Media = 0.47942857**Variable: Mortalidad.**

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	314.1695258	52.3615876	0.83	0.5551	NS
ERROR	28	1761.226500	62.9009465			
TOTAL	34	2075.396026				

R²= 0.151378 C.V.= 128.7854 MORGT Media = 6.15831508**Variable: Utilidades por repetición.**

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	4019.326672	669.887779	0.85	0.5427	NS
ERROR	28	22176.40103	792.014323			
TOTAL	34	26195.72770				

R²= 0.153434 C.V.= 35.87384 U Media = 78.4492171**Variable: Utilidades por pollo encasetado.**

Etapa: 1-49 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
TRA	6	10.04628697	1.67438116	0.85	0.5459	NS
ERROR	28	55.4406512	1.98002326			
TOTAL	34	65.44693817				

R²= 0.153409 C.V.= 35.87455 U Media = 3.92237143

Anexo 3. Programas de SAS para los modelos de regresión.

1. MODELO LINEAL Y CUADRÁTICO (Steel y Torrie, 1985)

```
OPTIONS NODATE;
DATA L-LISINA;
INPUT NL CA GP;
CARDS;
0.80  382  844
.
.
1.40  534  852
;
PROG GLM;
MODEL CA GP = NL; /* MODELO LINEAL */
MODEL CA GP = NL NL*NL; /* MODELO CUADRÁTICO */
RUN;
```

2. LINEAL CON MESETA, (Morris y Blackburn, 1982).

```
OPTIONS NODATE;
DATA L-LISINA;
INPUT NL CA GP;
CARDS;
0.80  382  844
.
.
1.40  534  852
;
PROC NLIN;
PARMS MAX= 700 TO 990 BY 5 RC= -5 TO 5 BY .5 REQ= .75 TO 1.4 BY .05;
I=0; IF LISTOT<REQ THEN I=1;
MODEL CA = MAX + RC *(REQ-LISTOT)* I;
RUN;
```

→ Se repite para todos los modelos siguientes

3. CUADRÁTICO CON MESETA, (Gallan y Fuller, 1973).

```
PARMS MAX= 850 TO 950 BY 25 RC= -5 TO 5 BY 1 REQ= .75 TO 1.36 BY .025;
I=0; IF LISTOT<REQ THEN I=1;
MODEL CA = MAX + RC *((REQ-LISTOT)**2)* I;
RUN;
```

4. LOGÍSTICO, (Guardabasso *et al.*, 1987).

```
PARMS A=897.47 B=-29.6 C=.77 D=425.58 TO 468 BY 1 ;
MODEL CA=((A-D)/(1+((LISTOT/C)**B)))+ D ;
RUN;
```

5. EXPONENCIAL, (Noll *et al.*, 1984).

PARMS B1=1 B2=1 B3=1;

MODEL CA= B1+(B2 *(1-EXP(B3 * LISSUP)));

RUN;

6. EXPONENCIAL, (Wood, 1969).

PARMS A=1 B=1 C=1;

MODEL GP = A *(LISTOT**B)* EXP(-C * LISTOT);

RUN;

7. EXPONENCIAL, (Brody *et al.*, 1923).

PARMS A=1 B=1;

MODEL CA = A *(EXP(B * LISTOT));

RUN;

8. EXPONENCIAL, (Sikka, 1950).

PARMS A=1 B=1 C=1;

MODEL CA = A * EXP((B * LISTOT)+(C *(LISTOT * LISTOT)));

RUN;

9. EXPONENCIAL, (Cobby y Le Du, 1978).

PARMS A=1 B=1 C=1;

MODEL GP = A *(1-EXP(-C * LISTOT))-B * LISTOT;

RUN;

Anexo 4.

Cuadro 1. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Lineal (Steel y Torrie, 1985)..

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B ₀	B ₁
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	4253.901	0.125	750.0268571	118.5714860
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	100.767	0.956	375.7450000	257.0000000
	1-21	M-H	553.033	0.633	344.3300000	169.0000000
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	4897.571	0.734	1032.2371430	555.7142860
	1-28	M-H	17575.176	0.741	964.7146670	1070.8571430
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	108.292	0.000	336.8350568	0.6663909
	8-21	M-H	1167.047	0.481	118.6464300	-155.3571430
Han y Baker 1991.	8-21	M	7187.645	0.578	310.4496727	308.7272727
Han y Baker, 1993.	8-22	M	2117.707	0.829	271.8043929	428.2142857
	8-22	H	3384.714	0.611	362.2133571	307.8571429

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 2. Parámetros estimados para Ganancia de peso a partir del modelo Lineal (Steel y Torrie, 1985)..

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B ₀	B ₁
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	5130.277	0.270	338.5946429	209.8214286
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	159.567	0.963	61.5350000	351.0000000
	1-21	M-H	894.400	0.758	120.9000000	290.0000000
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	3327.619	0.728	231.7676190	451.4285714
	1-28	M-H	1668.419	0.977	-342.5706670	1284.5714290
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	40.123	0.570	168.4144860	34.0456822
	8-21	M-H	198.774	0.685	289.8482143	98.2142857
Han y Baker 1991.	8-21	M	4708.375	0.767	-13.1491152	387.5151515
Han y Baker, 1993.	8-22	M	1884.540	0.887	-65.9059286	515.0000000
	8-22	H	2157.514	0.813	18.2515000	409.2857143

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 3. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Cuadrático (Steel y Torrie, 1985)..

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B ₀	B ₁	B ₂
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2336.040	0.538	-591.1065540	2752.0257140	-1246.4285710
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	85.114	0.975	65.4616071	880.5000000	-307.1428571
	1-21	M-H	819.229	0.637	470.7250000	-81.1428571	121.4285714
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	6519.773	0.734	951.6599357	729.8428571	-91.0714286
	1-28	M-H	12929.088	0.857	-1622.5475130	6643.3321430	-2905.3571430
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	84.560	0.355	219.0165037	305.2513161	-186.7787528
	8-21	M-H	1053.314	0.609	1409.6826450	-941.8526790	502.2321430
Han y Baker 1991.	8-21	M	1171.594	0.940	-771.8232480	2427.9898480	-966.2878790
Han y Baker, 1993.	8-22	M	198.774	0.987	-791.4925360	2614.3002380	-1071.761905
	8-22	H	335.845	0.969	-978.9241140	3065.169524	-1361.9047620

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 4. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Lineal (Steel y Torrie, 1985)..

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B ₀	B ₁	B ₂
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	963.631	0.868	-1602.0138740	4020.4071430	-1803.5714290
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	146.457	0.977	-306.4755360	1090.5000000	-364.2857140
	1-21	M-H	1313.600	0.763	329.0800000	-122.0000000	200.0000000
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	625.714	0.962	-1316.5787140	3797.4285710	-1750.0000000
	1-28	M-H	516.876	0.995	-1385.7446000	3531.3714290	-1171.2857100
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	8.023	0.928	59.0779483	316.7028722	-173.3321417
	8-21	M-H	128.509	0.830	126.0045982	540.9821429	-282.7380952
Han y Baker 1991.	8-21	M	457.095	0.980	-918.0837050	2159.5210610	-807.9545450
Han y Baker, 1993.	8-22	M	215.488	0.990	-1060.0358020	2558.8819050	-1009.5238100
	8-22	H	177.845	0.988	-1060.2856270	2626.7047620	-1095.2380950

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 5. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Lineal con Meseta (Morris y Blackburn, 1982).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	MAX	RC	REQ
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2296.412	0.997	897.200000	-1285.000000	0.8660890
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	87.433	0.999	684.000000	-277.000000	1.7889890
	1-21	M-H	544.500	0.999	549.000000	-185.000000	1.8675680
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	4897.000	0.965	3827.281944	-555.714286	5.0296440
	1-28	M-H	544.500	0.999	549.000000	-185.000000	1.1867568
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	79.347	0.999	338.714286	286.122221	0.5714465
	8-21	M-H	1927.143	0.998	997.000000	-1658.000000	0.4565960
Han y Baker 1991.	8-21	M	17016.750	0.969	649.000000	-167291.000000	0.6400000
Han y Baker, 1993.	8-22	M	147.340	0.999	788.000000	-711.000000	1.0658865
	8-22	H	312.000	0.999	730.000000	-790.000000	0.9781228

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 6. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Lineal con Meseta (Morris y Blackburn, 1982).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	MAX	RC	REQ
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	1037.387	0.997	600.650000	-1440.000000	0.9045940
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	146.233	0.999	484.000000	-371.000000	1.1880458
	1-21	M-H	894.400	0.997	477.600000	-290.000000	1.2300000
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	9794.667	0.982	663.333333	313.000000	0.6916960
	1-28	M-H	670.575	0.997	477.000000	-293.000000	1.2248805
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	8.101	0.999	201.750000	-97.644750	0.7642739
	8-21	M-H	540.786	0.996	366.750000	17157.000000	0.4973600
Han y Baker 1991.	8-21	M	4708.376	0.980	1532.266445	-387.515125	3.9880130
Han y Baker, 1993.	8-22	M	143.740	0.999	577.000000	-759.000000	1.0964897
	8-22	H	23.900	0.999	505.000000	-775.000000	1.0258484

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 7. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Cuadrático con Meseta (Gallan y Fuller, 1973).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	MAX	RC	REQ
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2296.412	0.997	897.2000000	-6962.7226300	0.8986810
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	42.5571	0.999	696.5036711	-307.1428571	1.4333721
	1-21	M-H	891.472	0.999	598.7555782	-59.5973095	2.1872860
	1-28	M-H	4889.830	0.999	2413.4332220	-91.1209090	4.0053220
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	1175.933	0.998	691.0726273	-10.7099666	5.0496469
	8-21	M-H	93.296	0.999	337.9920880	-1476.8019810	0.6127400
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	1013.146	0.999	970.7804291	555.4302339	0.9134273
	8-21	M	569.376	0.999	720.2471750	-1805.538577	1.0893300
Han y Baker 1991.	8-22	M	223.009	0.999	786.7183780	-1109.496620	1.1999710
Han y Baker, 1993.	8-22	H	520.992	0.999	727.6336880	-1722.914633	1.0675370

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 8. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Cuadrático con Meseta (Gallan y Fuller, 1973).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	MAX	RC	REQ
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	1098.292	0.997	599.6999880	-4694.5439240	0.9701510
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	97.638	0.999	509.6354193	-364.2857143	1.4967647
	1-21	M-H	913.735	0.997	666.0956192	-85.1900754	2.7251818
	1-28	M-H	599.709	0.999	730.7296330	-2130.7641650	1.0429360
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	1382.387	0.997	678.2039899	-71.6223351	2.9254731
	8-21	M-H	13.414	0.999	201.8892769	-185.0683260	0.8853391
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	126.597	0.999	382.3153871	-370.1439690	0.8964179
	8-21	M	484.076	0.998	508.4066420	-1000.0178320	1.2596090
Han y Baker 1991.	8-22	M	226.479	0.999	562.1291534	-982.2436307	1.2746612
Han y Baker, 1993.	8-22	H	203.151	0.999	508.6930310	-1163.0127580	1.1799490

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 9. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Logístico (Guardabasso y Munson, 1987).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C	D
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2486.419	0.997	897.4870663	-25.836682	0.7664116	655.7514724
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	163.452	0.999	704.7564335	-6.6838722	0.9140586	520.7596259
	1-21	M-H	1089.205	0.998	858.0424371	-0.7286068	0.9139756	166.2059651
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	6539.128	0.998	2180.1371040	-1.6953100	0.9268570	931.9278060
	1-28	M-H	819.836	0.999	579.7520611	-8.0727777	1.0788292	475.1797994
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	130.522	0.999	349.9383549	-0.3769690	0.5034558	322.6759419
	8-21	M-H	1456.508	0.999	1055.8202520	7.1667600	0.6560310	967.3335650
Han y Baker 1991.	8-21	M	2720.862	0.990	699.9766670	-5.3285560	0.4651870	-1497.9182320
Han y Baker, 1993.	8-22	M	671.845	0.999	832.6479866	-3.9952772	0.5317869	-470.7447655
	8-22	H	785.131	0.999	728.9727889	-16.0743693	0.8219561	496.2819665

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 10. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Logístico (Guardabasso y Munson, 1987).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C	D
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	1037.399	0.997	600.6027920	-948.1922076	0.8557419	387.5095855
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	85.661	0.999	758.6268171	-2.0896061	1.0000000	73.3525364
	1-21	M-H	2630.059	0.997	617.1596491	-6.2079734	1.2289897	346.1461963
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	18.282	0.999	728.0636798	-30.0914166	0.8218992	497.6454594
	1-28	M-H	2824.114	0.997	611.8371695	-2.9677337	0.9826192	203.5650231
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	60.919	0.999	234.4188896	-1.2923990	1.5688100	178.2488378
	8-21	M-H	100.203	0.999	381.5472982	-13.8080391	0.6363449	327.3130050
Han y Baker 1991.	8-21	M	323.611	0.999	510.3999703	-9.9077034	0.8346288	121.6013080
Han y Baker, 1993.	8-22	M	351.492	0.999	574.8730226	-8.6022616	0.8636756	200.7194983
	8-22	H	239.182	0.999	512.6324496	-11.8838400	0.8518414	234.2021830

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 11. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Exponencial (Noll *et al.*, 1984).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B1	B2	B3
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2316.284	0.997	756.2500000	138.8750000	-960.9621128
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	725.688	0.999	580.0000000	70.7500000	-742.0000000
	1-21	M-H	883.061	0.999	483.8592411	819.8723637	-0.2162112
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	4910.813	0.999	1424.8592411	-2507.5036770	0.2112200
	1-28	M-H	978.599	0.998	482.9416856	44.5143679	-41.8902040
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	79.347	0.999	328.0000000	10.7142528	-139.0000000
	8-21	M-H	1919.891	0.998	1020.6636470	254.5338110	0.2351290
Han y Baker 1991.	8-21	M	1263.594	0.998	363.9191744	367.4195423	-5.8876429
Han y Baker, 1993.	8-22	M	477.755	0.999	521.0479038	295.9926250	-4.4957934
	8-22	H	914.217	0.999	508.9462477	226.0953877	-7.4447478

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 12. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Exponencial (Noll *et al.*, 1984).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	B1	B2	B3
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	1288.655	0.996	384.7629639	214.6625941	-15.2663947
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	225.438	0.999	337.0593300	-10392.6860200	0.0369500
	1-21	M-H	900.608	0.997	359.9832460	1597.3646670	-0.1904270
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	802.967	0.999	491.9344999	257.6973914	-6.7325307
	1-28	M-H	900.109	0.997	361.3908480	1546.9111120	-0.1933350
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	17.111	0.999	179.1353756	24.0542007	-6.6424592
	8-21	M-H	470.520	0.998	331.5478459	41.2009227	-13.7773733
Han y Baker 1991.	8-21	M	806.189	0.997	127.0560602	411.0898572	-3.8319392
Han y Baker, 1993.	8-22	M	476.205	0.999	250.4663824	369.0138599	-3.4665989
	8-22	H	460.385	0.999	252.9070846	282.3764879	-4.7595689

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 13. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Exponencial (Wood, 1969).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2199.483	0.997	17650.609600	3.1993800	2.9553100
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	56.349	0.999	1356.3628960	1.1649950	0.7526800
	1-21	M-H	819.412	0.999	256.8168130	-0.3695719	-0.6880605
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	6482.297	0.999	1507.0862740	0.2835620	-0.0547120
	1-28	M-H	546.275	0.999	256.9906177	-0.3688588	-0.6873896
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	98.150	0.999	419.0758971	0.1624764	0.2242327
	8-21	M-H	1042.593	0.999	540.5207221	-0.5597329	-0.5857555
Han y Baker 1991.	8-21	M	993.216	0.998	15313.2356300	3.8033800	3.0915200
Han y Baker, 1993.	8-22	M	202.534	0.999	13099.5384800	3.4747500	2.8684700
	8-22	H	244.700	0.999	35643.2751700	4.3355500	3.8932200

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 14. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Exponencial (Wood, 1969).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	859.721	0.998	509420.198300000	7.357500000	6.711300000
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	146.471	0.999	2187.505108000	2.517511000	1.650808000
	1-21	M-H	1122.401	0.996	3.793556061	-4.059125483	-4.642729614
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	574.018	0.999	98893.000520000	5.287510000	4.905730000
	1-28	M-H	1122.401	0.996	3.793556061	-4.059125483	-4.642729614
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	9.978	0.999	674.817013000	1.097236200	1.206275500
	8-21	M-H	108.645	0.999	982.091363100	0.917236200	0.939549200
Han y Baker 1991.	8-21	M	556.547	0.998	41255.435930000	5.978940000	4.559680000
Han y Baker, 1993.	8-22	M	146.227	0.999	66588.831870000	6.108470000	4.910690000
	8-22	H	139.008	0.999	95380.405760000	6.292750000	5.306580000

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 15. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Exponencial (Brody *et al.*, 1923).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	4298.708	0.995	479.3099605	0.1492193
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	116.730	0.999	423.1400699	0.4008323
	1-21	M-H	550.280	0.999	369.7750684	0.3297160
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	4919.240	0.999	1111.5538360	0.3549530
	1-28	M-H	550.280	0.999	369.7750684	0.3269716
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	109.293	0.999	336.8430576	0.0019472
	8-21	M-H	1153.072	0.999	1127.6809050	-0.1578440
Han y Baker 1991.	8-21	M	8060.940	0.985	400.6288801	0.4335437
Han y Baker, 1993.	8-22	M	2594.354	0.996	390.0277330	0.5789144
	8-22	H	3694.621	0.994	434.4509256	0.4301800

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 16. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Exponencial (Brody *et al.*, 1923).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	5178.962	0.985	374.5835310	0.3843422
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	218.342	0.999	178.9863496	0.8285259
	1-21	M-H	880.100	0.997	204.1090376	0.6949580
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	3820.000	0.994	356.7193009	0.6429604
	1-28	M-H	880.100	0.997	204.1090376	0.6949580
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	41.249	0.999	170.7198679	0.1698375
	8-21	M-H	207.323	0.998	298.2722385	0.2625035
Han y Baker 1991.	8-21	M	6569.998	0.972	162.4934308	0.8261661
Han y Baker, 1993.	8-22	M	2934.371	0.990	154.2746855	1.0495354
	8-22	H	2869.886	0.990	176.1471382	0.8737965

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 17. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Exponencial (Sikka, 1950).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r^2	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2463.465	0.997	158.5678491	3.2058772	-1.4534476
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	85.982	0.999	237.9224655	1.5510822	-0.5635357
	1-21	M-H	546.496	0.999	449.8487104	-0.5962340	0.1870442
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	6540.550	0.999	1035.8876570	0.5062430	-0.0786160
	1-28	M-H	546.591	0.999	451.9344145	-0.0711292	0.1936964
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	84.976	0.999	237.7933890	0.9010309	-0.5508917
	8-21	M-H	1051.634	0.999	1493.3713070	-0.9212650	0.4898840
Han y Baker 1991.	8-21	M	1740.631	0.997	61.4465497	3.9993626	-1.5906402
Han y Baker, 1993.	8-22	M	126.075	0.999	63.6669571	4.2289261	-1.7710605
	8-22	H	281.758	0.999	48.2541097	4.8802559	-2.17039243

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 18. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Exponencial (Sikka, 1950).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r^2	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	1216.977	0.997	10.50021768	7.373161520	-3.30557491
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	107.580	0.999	59.17026995	3.058122240	-1.09983700
	1-21	M-H	1312.578	0.997	265.03172380	0.183059700	0.24619870
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	624.917	0.999	24.37338437	6.346282980	-2.94036196
	1-28	M-H	878.895	0.997	211.64688200	0.626068600	0.03213080
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	7.534	0.999	95.27309285	1.667719870	-0.91350759
	8-21	M-H	127.789	0.999	184.04617410	1.553951000	-0.81765440
Han y Baker 1991.	8-21	M	1012.966	0.996	8.03495775	6.368371085	-2.41232715
Han y Baker, 1993.	8-22	M	87.771	0.999	6.28487907	7.378845355	-3.02464822
	8-22	H	167.812	0.999	6.94406170	7.315689155	-3.09840695

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 19. Parámetros estimados para Consumo de Alimento a partir del modelo Exponencial (Cobby y Le Du, 1978).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	2935.686	0.996	7007.0974160	1966.7210500	0.523154
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	100.767	0.999	375.7450000	-257.0000000	938.000000
	1-21	M-H	553.033	0.999	344.3299980	-169.0000040	1834.784021
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	48371.219	0.983	2095.5117020	569.0692400	1436.667278
	1-28	M-H	553.033	0.999	344.3299980	-169.0000040	1834.784021
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	109.292	0.999	336.8350568	-0.6663909	848.432830
	8-21	M-H	1167.048	0.999	1118.6450000	155.3570000	1094341.071000
Han y Baker 1991.	8-21	M	7187.645	0.987	310.4496730	-308.7272730	3366.556062
Han y Baker, 1993.	8-22	M	2639.247	0.996	451.8230477	-258.9087713	3.276306
	8-22	H	3384.714	0.995	362.2133570	-307.857143	4397.752730

M: Machos, H: Hembras.

Cuadro 20. Parámetros estimados para Ganancia de Peso a partir del modelo Exponencial (Cobby y Le Du, 1978).

Autor (es)	Edad	Sexo	CME	r ²	A	B	C
Barrera <i>et al.</i> , 1997	1-21	M-H	4975.459	0.986	313.6448700	-236.8506490	2075.0000000
Aguilar y Pérez 1996	1-21	M-H	159.567	0.999	61.5352230	-350.9997880	1665.5456280
	1-21	M-H	1352.255	0.997	150.6905612	-267.4230294	3.0113292
Edwards <i>et al.</i> , 1956	1-28	M-H	2662.095	0.995	231.7676184	-451.4285718	49.3946234
	1-28	M-H	1352.255	0.997	150.6905612	-267.4230294	3.0113292
Chung <i>et al.</i> , 1973	8-21	M-H	40.123	0.999	168.4144860	-34.0456822	98.4613210
	8-21	M-H	198.774	0.999	289.8482100	-98.2142900	14762.3891700
Han y Baker 1991.	8-21	M	4708.376	0.980	-13.1491152	-387.5151515	529.2713519
Han y Baker, 1993.	8-22	M	2112.997	0.993	826.8768655	-450.7542613	0.0019088
	8-22	H	2157.514	0.992	18.2515000	-409.2857143	404.6550377

M: Machos, H: Hembras.

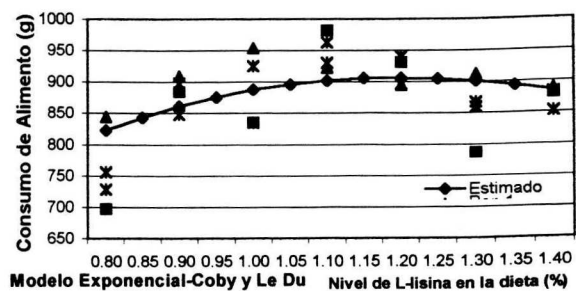
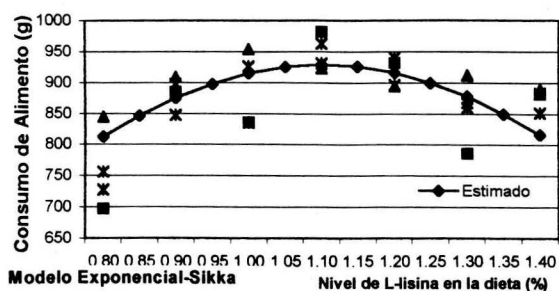
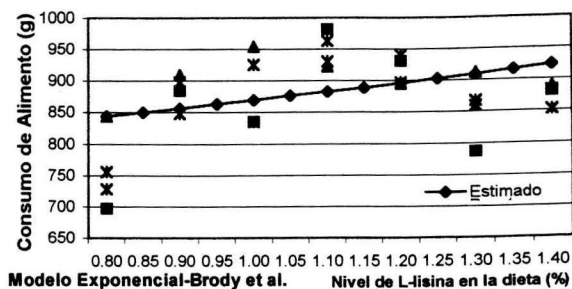
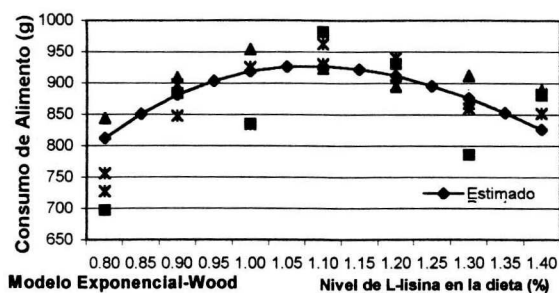
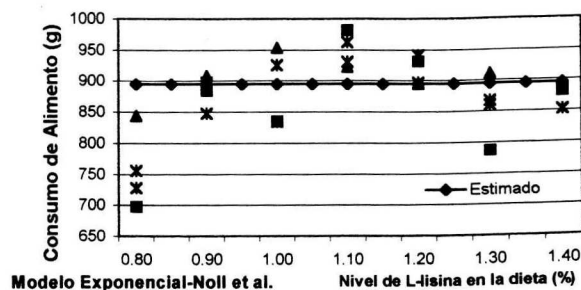
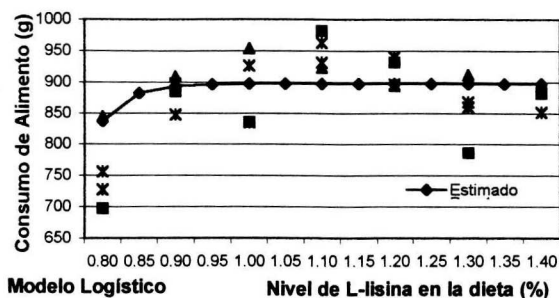
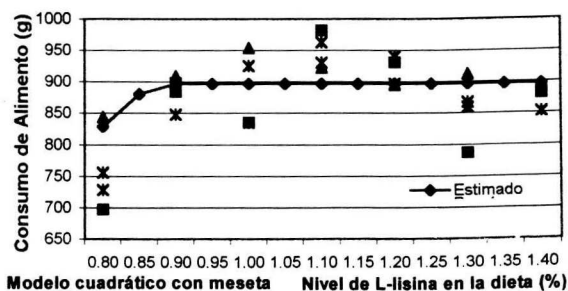
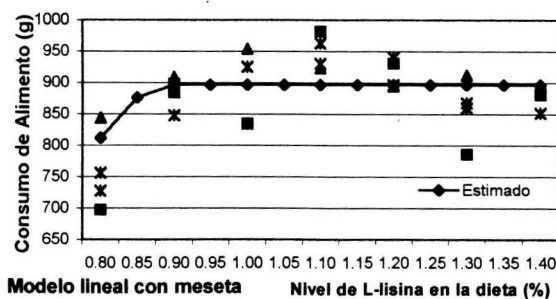
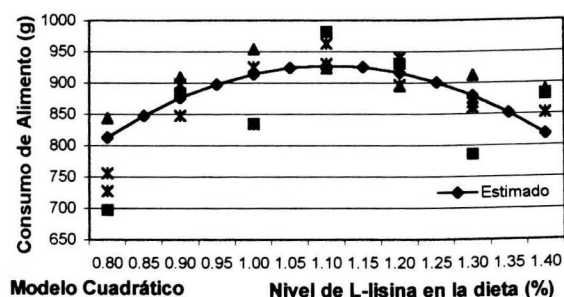
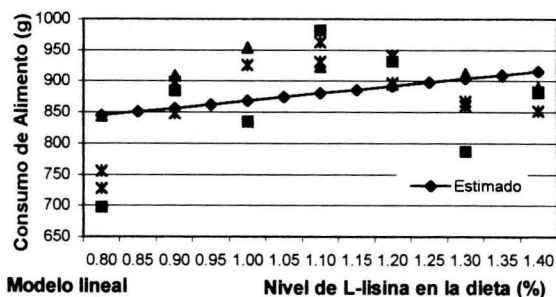
Cuadro 21.

Cuadrados medios del error a partir de los modelos de regresión lineal y no lineal.

CUADRADOS MEDIOS DEL ERROR PARA CONSUMO DE ALIMENTO																					
Autor (es)	Sexo	Lineal	r	Cuadrát	r	Lin. Mese	r	Cua. Mes	r	Logístico	r	Exponenc	r	Wood	r	Brody	r	Sikka	r	Cobby	r
Barrera <i>et al.</i> , 1997	M-H	4253.901	9	2336.040	5	2296.412	2.5	2296.412	2.5	2486.419	7	2316.284	4	2199.483	1	4298.708	10	2463.465	6	2935.686	8
Aguilar y Pérez, 1996	M-H	100.767	7	85.114	3	87.433	5	425.571	1	163.452	9	725.688	10	56.349	2	116.730	8	85.982	4	100.767	6
	M-H	553.033	4.5	819.229	6	544.500	1	891.472	9	1089.205	10	883.061	8	819.412	7	550.280	3	546.496	2	553.033	4.5
Edwards <i>et al.</i> , 1956	M-H	4897.571	3	6519.773	6	4897.000	2	4889.830	1	6539.128	8	4910.813	4	6482.297	7	4919.240	5	6540.55	9	48371.22	10
	M-H	17575.176	10	12929.088	9	544.500	1	1175.933	8	819.836	6	978.599	7	546.275	2	550.280	4	546.591	3	553.033	5
Chung <i>et al.</i> , 1973	M-H	108.292	7	84.560	3	79.347	1.5	93.296	5	130.522	10	79.347	1.5	98.150	6	109.293	9	84.976	4	109.292	8
	M-H	1167.047	6	1053.314	4	1927.143	10	1013.146	1	1456.508	8	1919.891	9	1042.593	2	1153.072	5	1051.634	3	1167.048	7
Han y Baker, 1991.	M	7187.645	7.5	1171.594	3	17016.750	10	569.376	1	2720.862	6	1263.594	4	993.216	2	8060.940	9	1740.631	5	7187.645	7.5
Han y Baker, 1993.	M	2117.707	8	198.774	3	147.340	2	223.009	5	671.845	7	477.755	6	202.534	4	2594.354	9	126.075	1	2639.247	10
	H	3384.714	8.5	335.845	4	312.000	3	520.992	5	785.131	6	914.217	7	244.700	1	3694.621	10	281.758	2	3384.714	8.5
Sumatoria rangos		70.5		46.0		38.0		38.5		77.0		60.5		34.0		72.0		39.0		74.5	
r: rango jerárquico																					
CUADRADOS MEDIOS DEL ERROR PARA GANANCIA DE PESO																					
Autor (es)	Sexo	Lineal	r	Cuadrát	r	Lin. Mese	r	Cua. Mes	r	Logístico	r	Exponenc	r	Wood	r	Brody	r	Sikka	r	Cobby	r
Barrera <i>et al.</i> , 1997	M-H	5130.277	9	963.631	2	1037.387	3	1098.292	5	1037.399	4	1288.655	7	859.721	1	5178.962	10	1216.977	6	4975.459	8
Aguilar y Pérez, 1996	M-H	159.567	7.5	146.457	5	146.233	4	97.638	2	85.661	1	225.438	10	146.471	6	218.342	9	107.58	3	159.567	7.5
	M-H	894.400	2.5	1313.600	8	894.400	2.5	913.735	5	2630.059	10	900.608	4	1122.401	6	880.100	1	1312.578	7	1352.255	9
Edwards <i>et al.</i> , 1956	M-H	3327.619	8	625.714	5	9794.667	10	599.709	3	18.282	1	802.967	6	574.018	2	3820.000	9	624.917	4	2662.095	7
	M-H	1668.419	9	516.876	1	670.575	2	1382.387	8	2824.114	10	900.109	5	1122.401	6	880.100	4	878.895	3	1352.255	7
Chung <i>et al.</i> , 1973	M-H	40.123	7.5	8.023	2	8.101	3	13.414	5	60.919	10	17.111	6	9.978	4	41.249	9	7.534	1	40.123	7.5
	M-H	198.774	6.5	128.509	5	540.786	10	126.597	3	100.203	1	470.52	9	108.645	2	207.323	8	127.789	4	198.774	6.5
Han y Baker, 1991.	M	4708.375	8.5	457.095	2	4708.376	3	484.076	4	323.611	1	806.189	6	556.547	5	6569.998	10	1012.966	7	4708.376	8.5
Han y Baker, 1993.	M	1884.540	8	215.488	4	143.740	2	226.479	5	351.492	6	476.205	7	146.227	3	2934.371	10	87.771	1	2112.997	9
	H	2157.514	8.5	177.845	4	23.900	1	203.151	5	239.182	6	460.385	7	139.008	2	2869.886	10	167.812	3	2157.514	8.5
Sumatoria rangos		75.0		38.0		40.5		45.0		50.0		67.0		37.0		80.0		39.0		78.5	
r: rango jerárquico																					

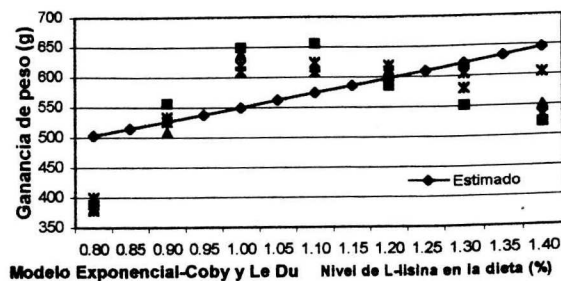
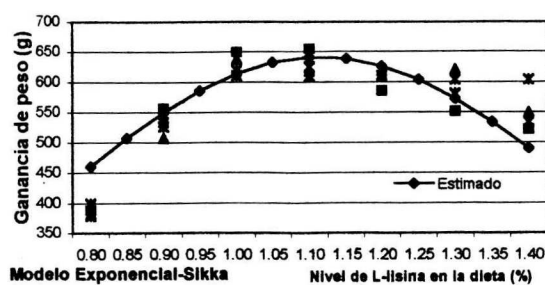
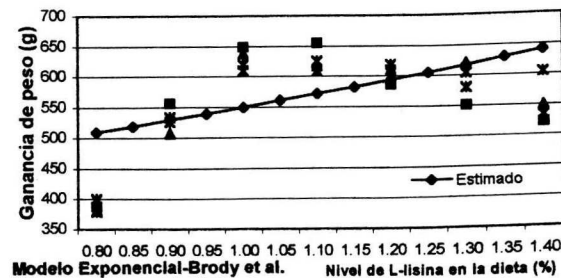
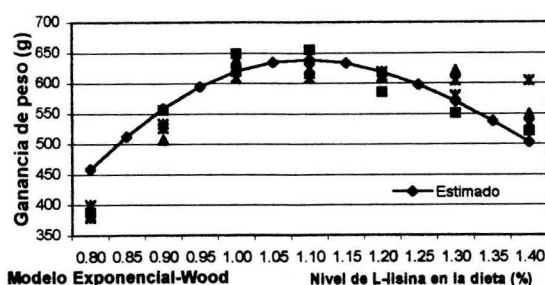
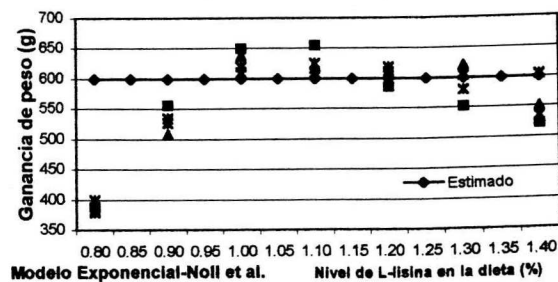
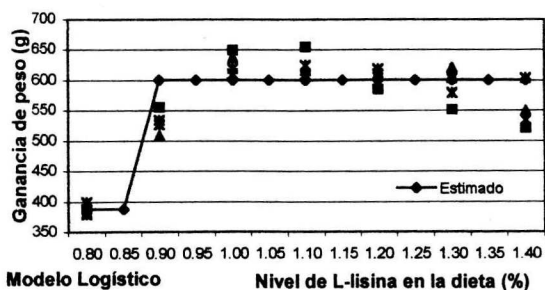
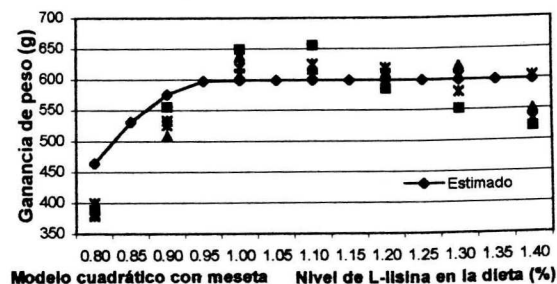
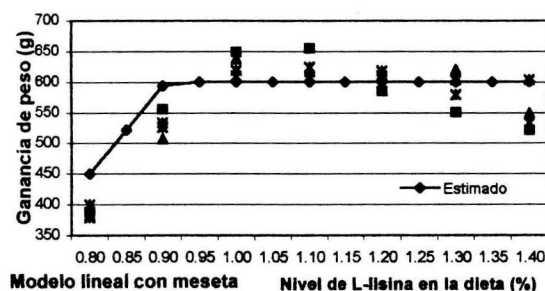
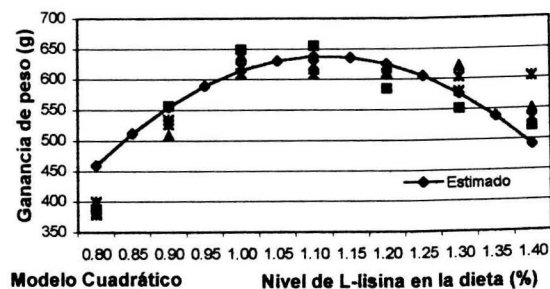
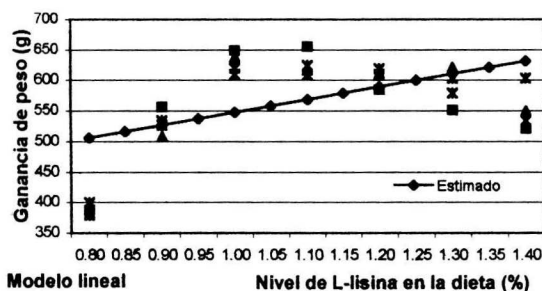
Anexo 5.

Figura 1. Galería de modelos para consumo de alimento.



Anexo 6.

Figura 2. Galería de modelos para ganancia de peso.



Anexo 7. Método Friedman.

El método de Friedman propuesto por Conover (1980) consiste en:

- 1) Agrupar a los datos dentro de bloques,
- 2) Hacer una jerarquización de menor a mayor,
- 3) Se suman los rangos asignados de cada observación ($R_j = \sum R(X_{ij})$),
- 4) Se procede a desarrollar la siguiente fórmula:

$$T = \frac{12}{bk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3b(k+1)$$

donde: T: Estadística de prueba (T calculada)

b: Número de bloques

k: Número de modelos

R_j^2 : Rangos jerárquicos al cuadrado

- 5) Se compara el valor de T calculada con la T de tablas, que se obtiene de la siguiente manera: $T \geq \chi^2_{\alpha, (k-1)}$,

- 6) La regla de decisión es si T calculada es mayor o igual de T tabular, indica que existe diferencia significativa, una vez detectado que existen diferencias significativas, se procede a la comparación de los modelos,

- 7) Calcular las $(k(k-1)/2)$ diferencias absolutas $|R_u - R_v|$, $u < v$, donde $R_1, R_2, \dots, R_k$ son tales que: $R_j = \sum R(X_{ij})$,

- 8) Decidir si $\tau_u \neq \tau_v$, de la siguiente manera:

$$|R_u - R_v| \geq q(\alpha, k, \infty) \left\{ \frac{bk(k+1)}{12} \right\}^{1/2}$$

Donde $q(\alpha, k, \infty)$ es el cuantil superior del rango de k variables independientes y normales (0, 1).

Anexo 8. Programa de GAMS para estimar los nivel óptimo biológico.

\$OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF

SETS

T COSTO / COSTO /
 I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, FOSF, SAL,
 VIT, MIN, ANTI, PESO /
 J INGREDIENTES / SOR, SOY, GLU, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, SAL, VIT,
 MIN, ANTI, AREN /
 K Coeficientes de regresión para Consumo de Alimento / A, B, C /
 L Coeficientes de regresión para Ganancia de Peso / A1, B1, C1 /
 M Requerimientos / MINEM, MINPC, MINLIS, MAXLIS, MINARG, MINMET, MINMC,
 MINTREO, MINTRIP, MINCA, MINP, MINPESO, MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGGLU,
 IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, IGCACO3, IGORTO, IGSAL, IGVIT, IGMIN, IGANTI,
 IGAREN / ;

PARAMETERS

CLIS(K) Coeficientes de regresión para Consumo de Alimento
 / A 34407.83442
 B 4.02757
 C 3.61834 /
 PLIS(L) Coeficientes de regresión para Ganancia de Peso
 / A1 780395.0413
 B1 8.1635
 C1 7.1688 /
 B(M) Requerimientos
 / MINEM 0
 MINPC 0
 MINLIS .8
 MAXLIS 1.4
 MINARG 0
 MINMET 0
 MINMC 0
 MINTREO 0
 MINTRIP 0
 MINCA 0
 MINP 0
 MINPESO 1.000
 MAXPESO 1.008
 IGSOR .6180
 IGSOY .1971
 IGGLU .0926
 IGACE .0429
 IGHCLLIS 0
 IGDLMET .0017
 IGCACO3 .0155
 IGORTO .0175
 IGSAL .0035
 IGVIT .0025
 IGMIN .001
 IGANTI .001
 IGAREN 0 / ;

TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES

	SOR	SOY	GLU	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	3	3.8	6.75	26	26	.6	3	1	26	8	.2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES

	SOR	SOY	GLU	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN
EM	3.206	2.23	3.72	8.95	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	9.06	45.19	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.93	1	0	78	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.37	3.2	2.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.52	1.78	0	0	99	0	0	0	0	0	0
MCIS	.29	1.18	2.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.27	1.7	2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.64	.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.55	0	0	0	0	38.38	16.14	0	0	0	0
FOSF	.13	.2	.19	0	0	0	0	18.75	0	0	0	0
PESO	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

NOB OPTIMO BIOLÓGICO
GP Ganancia de peso
COST Costo total de la dieta
X(J) Cantidades de ingredientes
LISDIET Lisina total de la dieta
CONS Consumo de alimento inicial
CKG Costo por kilogramo de dieta
CALIM Consumo de alimento
PT Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL Precio del Kg de POLLO / 10 / ;

POSITIVE VARIABLES GP, COS, X, LISDIET, CAL, CKG, CALIM, PT ;

LISDIET.LO=B('MINLIS');

LISDIET.UP=B('MAXLIS');

PT.LO=1 ;

EQUATIONS

GPES NIVEL OPTIMO BIOLÓGICO
GANPES Ganancia de peso
COSTO Costo de la dieta
COSTKG Costo por kilogramo
EM Energía metabolizable
PC Proteína cruda
MINLIS Mínimo de lisina
MAXLIS Máximo de lisina
LISTOT Lisina total de la dieta
ARG Arginina
MET Metionina
MCIS Metionina mas cisteina
TREO Treonina
TRIP Triptofano
CA Calcio
FOSF Fósforo disponible
PESOMIN Peso mínimo de la dieta
PESOMAX Peso máximo de la dieta
PESOTOT Peso total de la dieta
SOR Sorgo
SOY Soya
GLU Gluten de maíz
ACE Aceite vegetal
HCLLIS Lisina sintética
DLMET Metionina sintética
ORTO Ortofosfato
CACO3 Carbonato de Calcio
SAL Sal
VIT Premezcla Vitamínica
MIN Premezcla Mineral
AREN Arena
CONTAL Consumo total de alimento ;

GPES .. NOB =E= GP ;
GANPES .. PLIS('A1') * (LISDIET** PLIS('B1')) * 2.7182818**(-PLIS('C1'))
* LISDIET - GP =E= 0 ;
COSTO .. SUM(J,P('COSTO',J)*X(J)) - COST =E= 0;
COSTKG .. ((COST/PT)) - CKG =E= 0;
EM .. SUM(J,A('EM',J)*X(J)) - B('MINEM')*CALIM =G= 0;
PC .. SUM(J,A('PC',J)*X(J)) - B('MINPC')*CALIM =G= 0;
MINLIS .. SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MINLIS')*CALIM =G= 0;
MAXLIS .. SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MAXLIS')*CALIM =L= 0;
LISTOT .. SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - LISDIET*CALIM =E= 0;
ARG .. SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G= 0;
MET .. SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G= 0;
MCIS .. SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMC')*CALIM =G= 0;


```

TREO ..      SUM(J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G= 0;
TRIP ..      SUM(J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G= 0;
CA ..        SUM(J,A('CA',J)*X(J)) - B('MINCA')*CALIM =G= 0;
FOSF ..      SUM(J,A('FOSF',J)*X(J)) - B('MINP')*CALIM =G= 0;
PESOMIN ..   SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G= 0;
PESOMAX ..   SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L= 0;
PESOTOT ..   SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E= 0;
SOR ..        X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E= 0;
SOY ..        X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E= 0;
GLU ..        X('GLU') - B('IGGLU')*CALIM =E= 0;
ACE ..        X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E= 0;
HCLLIS ..    X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G= 0;
DLMET ..     X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E= 0;
ORTO ..       X('ORTO') - B('IGORTO')*CALIM =E= 0;
CACO3 ..     X('CACO3') - B('IGCACO3')*CALIM =E= 0;
SAL ..        X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E= 0;
VIT ..        X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E= 0;
MIN ..        X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E= 0;
ANTI ..       X('ANTI') - B('IGANTI')*CALIM =E= 0;
AREN ..       X('AREN') - B('IGAREN')*CALIM =G= 0;
CONTAL ..    CALIM =E= 1;

```

MODEL MU3 /ALL/ ;

SOLVE MU3 USING NLP MAXIMIZING NOB ;

DISPLAY X.L, X.M ;

Solución para el nivel óptimo biológico de L-lisina de 1 a 21 días:

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
- NIVEL OPTIMO BIOLÓGICO	0.800	1.139	1.400	EPS
- GANANCIA DE PESO ESTIMADA	.	642.122	+INF	.
- COSTO POR KILOGRAMO DE DIETA	.	2.518	+INF	.
- PESO TOTAL DE LA DIETA	1.000	1.000	+INF	.

```

---- 167 VARIABLE X.L          CANTIDADES DE INGREDIENTES
SAL   0.003,  VIT   0.002,  MIN   0.001,  ANTI   0.001
SOR   0.618,  SOY   0.197,  GLU   0.093,  ACE    0.043
HCLLIS 0.004,  DLMET 0.002,  CACO3 0.015,  ORTO   0.017
AREN   0.003

```


Anexo 9. Programa de GAMS para estimar los nivel óptimo económico.

```
$ OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF
```

```
SETS
```

```
T COSTO / COSTO /
I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, FOSF, SAL,
VIT, MIN, ANTI, PESO /
J INGREDIENTES / SOR, SOY, GLU, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, SAL, VIT,
MIN, ANTI, AREN /
K Coeficientes de regresión para Consumo de Alimento / A, B, C /
L Coeficientes de regresión para Ganancia de Peso / A1, B1, C1 /
M Requerimientos / MINEM, MINPC, MINLIS, MAXLIS, MINARG, MINMET, MINMC,
MINTREO, MINTRIP, MINCA, MINP, MINPESO, MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGGLU,
IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, IGCACO3, IGORTO, IGSAL, IGVIT, IGMIN, IGANTI,
IGAREN / ;
```

```
PARAMETERS
```

```
CLIS(K) Coeficientes de regresión para Consumo de Alimento
```

```
/ A 34407.83442
B 4.02757
C 3.61834 /
```

```
PLIS(L) Coeficientes de regresión para Ganancia de Peso
```

```
/ A1 780395.0413
B1 8.1635
C1 7.1688 /
```

```
B(M) Requerimientos
```

```
/ MINEM 0
MINPC 0
MINLIS .8
MAXLIS 1.4
MINARG 0
MINMET 0
MINMC 0
MINTREO 0
MINTRIP 0
MINCA 0
MINP 0
MINPESO 1.000
MAXPESO 1.008
IGSOR .6180
IGSOY .1971
IGGLU .0926
IGACE .0429
IGHCLLIS 0
IGDLMET .0017
IGCACO3 .0155
IGORTO .0175
IGSAL .0035
IGVIT .0025
IGMIN .001
IGANTI .001
IGAREN 0 / ;
```

```
TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES
```

	SOR	SOY	GLU	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	3	3.8	6.75	26	26	.6	3	1	26	8	.2

```
TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES
```

	SOR	SOY	GLU	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN
EM	3.206	2.23	3.72	8.95	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	9.06	45.19	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.93	1	0	78	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.37	3.2	2.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.52	1.78	0	0	99	0	0	0	0	0	0
MCIS	.29	1.18	2.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.27	1.7	2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.64	.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.55	0	0	0	0	38.38	16.14	0	0	0	0
FOSF	.13	.2	.19	0	0	0	0	18.75	0	0	0	0
PESO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

U Utilidad del productor
 GP Ganancia de peso
 COST Costo total de la dieta
 X(J) Cantidades de ingredientes
 LISDIET Lisina total de la dieta
 CONS Consumo de alimento inicial
 CKG Costo por kilogramo de dieta
 CALIM Consumo de alimento
 PT Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL Precio del Kg de POLLO / 10 / ;

POSITIVE VARIABLES GP, COS, X, LISDIET, CAL, CKG, CALIM, PT ;

LISDIET.LO=B('MINLIS');

LISDIET.UP=B('MAXLIS');

PT.LO=1 ;

EQUATIONS

UTILIDAD Utilidad del productor
 CONALI Consumo de alimento
 GANPES Ganancia de peso
 COSTO Costo de la dieta
 COSTKG Costo por kilogramo
 EM Energía metabolizable
 PC Proteína cruda
 MINLIS Mínimo de lisina
 MAXLIS Máximo de lisina
 LISTOT Lisina total de la dieta
 ARG Arginina
 MET Metionina
 MCIS Metionina mas cisteina
 TREO Treonina
 TRIP Triptofano
 CA Calcio
 FOSF Fósforo disponible
 PESOMIN Peso mínimo de la dieta
 PESOMAX Peso máximo de la dieta
 PESOTOT Peso total de la dieta
 SOR Sorgo
 SOY Soya
 GLU Gluten de maíz
 ACE Aceite vegetal
 HCLLIS Lisina sintética
 DLMET Metionina sintética
 ORTO Ortofosfato
 CACO3 Carbonato de Calcio
 SAL Sal
 VIT Premezcla Vitamínica
 MIN Premezcla Mineral
 AREN Arena
 CONTAL Consumo total de alimento ;

UTILIDAD .. $U = (POLL * GP) - (CKG * CONS)$;
 CONALI .. $CLIS('A') * (LISDIET * CLIS('B')) * 2.7182818^{(-CLIS('C'))}$
 $* LISDIET - CONS = 0$;
 GANPES .. $PLIS('A1') * (LISDIET * PLIS('B1')) * 2.7182818^{(-PLIS('C1'))}$
 $* LISDIET - GP = 0$;
 COSTO .. $SUM(J, P('COSTO', J) * X(J)) - COST = 0$;
 COSTKG .. $((COST / PT)) - CKG = 0$;
 EM .. $SUM(J, A('EM', J) * X(J)) - B('MINEM') * CALIM = 0$;
 PC .. $SUM(J, A('PC', J) * X(J)) - B('MINPC') * CALIM = 0$;
 MINLIS .. $SUM(J, A('LIS', J) * X(J)) - B('MINLIS') * CALIM = 0$;
 MAXLIS .. $SUM(J, A('LIS', J) * X(J)) - B('MAXLIS') * CALIM = 0$;
 LISTOT .. $SUM(J, A('LIS', J) * X(J)) - LISDIET * CALIM = 0$;

```

ARG ..      SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G= 0;
MET ..      SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G= 0;
MCIS ..     SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMC')*CALIM =G= 0;
TREO ..     SUM(J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G= 0;
TRIP ..     SUM(J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G= 0;
CA ..       SUM(J,A('CA',J)*X(J)) - B('MINCA')*CALIM =G= 0;
FOSF ..     SUM(J,A('FOSF',J)*X(J)) - B('MINP')*CALIM =G= 0;
PESOMIN ..  SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G= 0;
PESOMAX ..  SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L= 0;
PESOTOT ..  SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E= 0;
SOR ..      X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E= 0;
SOY ..      X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E= 0;
GLU ..      X('GLU') - B('IGGLU')*CALIM =E= 0;
ACE ..      X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E= 0;
HCLLIS ..   X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G= 0;
DLMET ..    X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E= 0;
ORTO ..     X('ORTO') - B('IGORTO')*CALIM =E= 0;
CACO3 ..    X('CACO3') - B('IGCACO3')*CALIM =E= 0;
SAL ..      X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E= 0;
VIT ..      X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E= 0;
MIN ..      X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E= 0;
ANTI ..     X('ANTI') - B('IGANTI')*CALIM =E= 0;
AREN ..     X('AREN') - B('IGAREN')*CALIM =G= 0;
CONTAL ..   CALIM =E= 1;

```

MODEL MU3 /ALL/ ;

SOLVE MU3 USING NLP MAXIMIZING U ;

DISPLAY X.L, X.M ;

Solución para el nivel óptimo económico de L-lisina de 1 a 21 días:

	LEVEL	UPPER
- UTILIDAD DEL PRODUCTOR	4.064	+INF
- GANANCIA DE PESO ESTIMADA	642.096	+INF
- LISINA TOTAL DE LA DIETA	1.135	1.400
- CONSUMO DE ALIMENTO ESTIMADO	943.155	+INF
- COSTO POR KILOGRAMO DE DIETA	2.498	+INF
- PESO TOTAL DE LA DIETA	1.008	+INF

----	170 VARIABLE	X.L	CANTIDADES DE INGREDIENTES				
SAL	0.003,	VIT	0.002,	MIN	0.001,	ANTI	0.001
SOR	0.618,	SOY	0.197,	GLU	0.093,	ACE	0.043
HCLLIS	0.004,	DLMET	0.002,	CACO3	0.015,	ORTO	0.017
AREN	0.011						

Anexo 10.

Cuadro 10.1. Parámetros estimados para consumo de alimento de 1 a 21 días de pollos de engorda edad mediante el modelo Logístico.

PARÁMETROS ESTIMADOS	+/-	ERROR ESTÁNDAR (APROXIMADO)	% CV
A1 = 22129.77	+/-	23391.11	(105.7 %)
B1 = -2.525848	+/-	.5597001	(22.2 %)
C1 = 87.11657	+/-	53.0822	(60.9 %)
D1 = -613.8372	+/-	210.3738	(34.3 %)
A2 = 15795.97	+/-	11983.03	(75.9 %)
B2 = -2.541187	+/-	.5712614	(22.5 %)
C2 = 74.97736	+/-	34.37579	(45.8 %)
D2 = -625.5637	+/-	219.3211	(35.1 %)
A3 = 19491.78	+/-	17451.17	(89.5 %)
B3 = -2.525915	+/-	.55164	(21.8 %)
C3 = 81.74669	+/-	43.21799	(52.9 %)
D3 = -631.5405	+/-	214.3353	(33.9 %)
A4 = 65709.25	+/-	382206.3	(581.7 %)
B4 = -2.146834	+/-	.7443978	(34.7 %)
C4 = 182.8066	+/-	595.8569	(325.9 %)
D4 = -629.8002	+/-	286.6434	(45.5 %)
A5 = 22552.54	+/-	38173.31	(169.3 %)
B5 = -2.135553	+/-	.716174	(33.5 %)
C5 = 103.1009	+/-	116.7217	(113.2 %)
D5 = -755.3315	+/-	330.7458	(43.8 %)
A6 = 90626.23	+/-	651675.3	(719.1 %)
B6 = -2.08585	+/-	.6222454	(29.8 %)
C6 = 228.5631	+/-	910.3576	(398.3 %)
D6 = -619.4187	+/-	242.243	(39.1 %)
A7 = 28406.35	+/-	61818	(217.6 %)
B7 = -2.210541	+/-	.7096146	(32.1 %)
C7 = 114.8208	+/-	154.5263	(134.6 %)
D7 = -664.333	+/-	287.9775	(43.3 %)
C2/C1 = .8606558	+/-	.6562926	(76.3 %)
C1/C2 = 1.161905	+/-	.8860098	(' %)
C3/C1 = .9383601	+/-	.7569839	(80.7 %)
C1/C3 = 1.065689	+/-	.8597013	(' %)
C4/C1 = 2.098414	+/-	6.95825	(331.6 %)
C1/C4 = .4765504	+/-	1.580221	(' %)
C5/C1 = 1.183482	+/-	1.521569	(128.6 %)
C1/C5 = .844964	+/-	1.086346	(' %)
C6/C1 = 2.623647	+/-	10.57145	(402.9 %)
C1/C6 = .3811489	+/-	1.535762	(' %)
C7/C1 = 1.318013	+/-	1.947123	(147.7 %)
C1/C7 = .7587178	+/-	1.120867	(' %)

TRATA	SC	G.L.	CM	F	RESIDUALES	(+)	(-)	RUNS
1	100066	21	4765.048	1.09	(P= .734)	15	10	15 (good)
2	68545.25	21	3264.06	0.70	(P= .234)	13	12	9 (poor)
3	211356.3	21	10064.58	2.87	(P= 0)	15	10	14 (good)
4	56227.45	21	2677.498	.57	(P= .062)	9	16	13 (good)
5	45969.49	21	2189.023	.45	(P= .008)	17	8	13 (good)
6	89567.47	21	4265.118	.95	(P= .816)	9	16	17 (good)
7	81341.9	21	3873.424	.85	(P= .566)	10	15	14 (good)
TOTAL	653073.9	147	4442.68			88	87	

Cuadro 10.2. Parámetros estimados para consumo de alimento de 22 a 49 días de pollos de engorda edad mediante el modelo Logístico.

PARÁMETROS ESTIMADOS	+/-	ERROR ESTÁNDAR (APROXIMADO)	% CV
A1 = 21349.23	+/-	179683.9	(841.6 %)
B1 = -3.040573	+/-	.8899357	(29.3 %)
C1 = 56.03303	+/-	178.2638	(318.1 %)
D1 = 67.52042	+/-	27.20637	(40.3 %)
A2 = 8820.756	+/-	70347.06	(797.5 %)
B2 = -1.792471	+/-	.8014947	(44.7 %)
C2 = 81.44214	+/-	440.5474	(540.9 %)
D2 = 13.95626	+/-	32.59694	(233.6 %)
A3 = 14287.37	+/-	140341.5	(982.3 %)
B3 = -2.201841	+/-	.8072971	(36.7 %)
C3 = 76.51506	+/-	395.1884	(516.5 %)
D3 = 32.6195	+/-	29.80166	(91.4 %)
A4 = 22128.54	+/-	188878.5	(853.6 %)
B4 = -3.024552	+/-	.8635415	(28.6 %)
C4 = 57.11321	+/-	184.4746	(323 %)
D4 = 68.94717	+/-	27.03812	(39.2 %)
A5 = 21917.71	+/-	194938.8	(889.4 %)
B5 = -3.474499	+/-	1.089229	(31.3 %)
C5 = 49.75163	+/-	146.7518	(295 %)
D5 = 82.5667	+/-	26.16353	(31.7 %)
A6 = 9909.378	+/-	88148.25	(889.5 %)
B6 = -1.838627	+/-	.8088174	(44 %)
C6 = 84.31799	+/-	488.0727	(578.8 %)
D6 = 17.7905	+/-	32.13736	(180.6 %)
A7 = 14179.01	+/-	136770.2	(964.6 %)
B7 = -2.213061	+/-	.8104053	(36.6 %)
C7 = 75.41124	+/-	381.2686	(505.6 %)
D7 = 33.44522	+/-	29.81268	(89.1 %)
C2/C1 = 1.453467	+/-	9.121263	(627.6 %)
C1/C2 = .6880103	+/-	4.317625	(' %)
C3/C1 = 1.365535	+/-	8.283403	(606.6 %)
C1/C3 = .7323137	+/-	4.442251	(' %)
C4/C1 = 1.019277	+/-	4.621063	(453.4 %)
C1/C4 = .9810872	+/-	4.447921	(' %)
C5/C1 = .8878985	+/-	3.852088	(433.8 %)
C1/C5 = 1.126255	+/-	4.886181	(' %)
C6/C1 = 1.504791	+/-	9.939344	(660.5 %)
C1/C6 = .6645443	+/-	4.389404	(' %)
C7/C1 = 1.345836	+/-	8.039389	(597.4 %)
C1/C7 = .7430328	+/-	4.438528	(' %)

TRATA	SC	G.L.	CM	F	RESIDUALES (+) (-)		RUNS
1	104458.9	21	4974.234	1.19 (P= .542)	15	10	4 (bad)
2	35624.81	21	1696.419	.36 (P= 0)	15	10	4 (bad)
3	119532	21	5692.001	1.41 (P= .252)	14	11	6 (bad)
4	125366.5	21	5969.832	1.49 (P= .184)	14	11	6 (bad)
5	127149	21	6054.715	1.52 (P= .164)	13	12	6 (bad)
6	43323.36	21	2063.017	.44 (P= .006)	14	11	6 (bad)
7	73808.36	21	3514.684	.8 (P= .446)	14	11	6 (bad)
TOTAL	629262.8	147	4280.699		99	76	

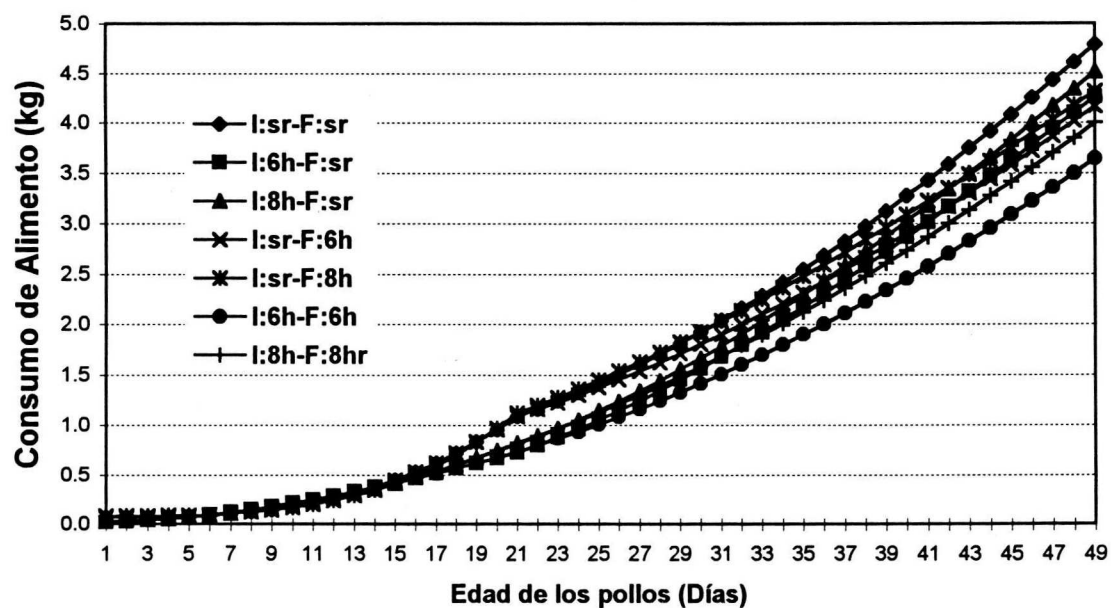
Cuadro 10.3. Parámetros estimados para ganancia de peso de 1 a 49 días de edad de pollos de engorda, mediante el modelo Logístico.

PARÁMETROS ESTIMADOS	+/-	ERROR ESTÁNDAR (APROXIMADO)	% CV
A1 = 3188.858	+/-	336.6169	(10.6 %)
B1 = -2.935239	+/-	.257393	(8.8 %)
C1 = 39.94203	+/-	3.094481	(7.7 %)
D1 = 78.4902	+/-	22.4042	(28.5 %)
A2 = 2596.108	+/-	189.5937	(7.3 %)
B2 = -3.554213	+/-	.2889791	(8.1 %)
C2 = 36.73797	+/-	1.770223	(4.8 %)
D2 = 87.19957	+/-	19.16297	(22 %)
A3 = 3209.099	+/-	415.9791	(13 %)
B3 = -3.070973	+/-	.3040934	(9.9 %)
C3 = 41.79028	+/-	3.734428	(8.9 %)
D3 = 75.53369	+/-	23.28009	(30.8 %)
A4 = 4931.093	+/-	1952.219	(39.6 %)
B4 = -2.170777	+/-	.2958256	(13.6 %)
C4 = 62.22575	+/-	19.57952	(31.5 %)
D4 = 55.70494	+/-	29.07862	(52.2 %)
A5 = 6000.022	+/-	1996.71	(33.3 %)
B5 = -2.147969	+/-	.2084202	(9.7 %)
C5 = 68.06427	+/-	17.47261	(25.7 %)
D5 = 49.9752	+/-	21.82983	(43.7 %)
A6 = 4435.972	+/-	1698.458	(38.3 %)
B6 = -2.396608	+/-	.3122729	(13 %)
C6 = 60.97816	+/-	16.8409	(27.6 %)
D6 = 62.53203	+/-	23.61106	(37.8 %)
A7 = 4424.268	+/-	1046.257	(23.6 %)
B7 = -2.503258	+/-	.2403275	(9.6 %)
C7 = 55.55124	+/-	9.466241	(17 %)
D7 = 64.61781	+/-	19.98405	(30.9 %)

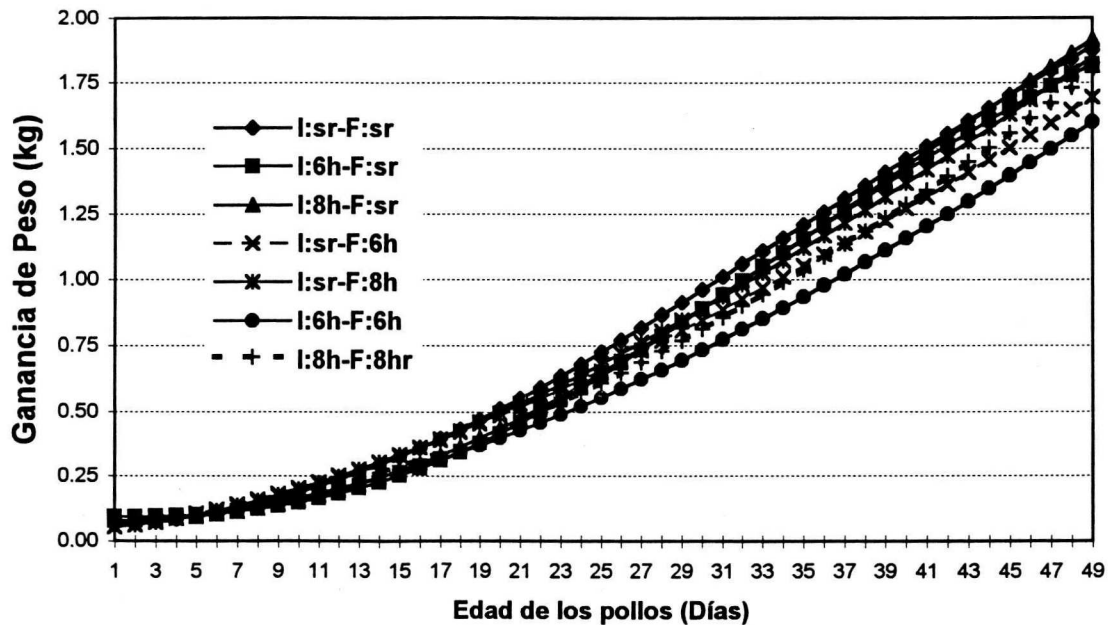
TRATA	SC	G.L.	CM	RESIDUALES (+) (-)			RUNS
1	208148.9	41	5076.801	27	18	11	(bad)
2	182526.5	41	4451.866	27	18	14	(bad)
3	240588.1	41	5868.002	28	17	15	(bad)
4	260738.6	41	6359.479	22	23	15	(bad)
5	146816	41	3580.879	22	23	16	(poor)
6	196664.2	41	4796.687	22	23	18	(good)
7	146940	41	3583.901	23	22	20	(good)

ANEXO 11.													
Cuadro 11. Utilidades para hacer el análisis con regresión (simulación con EXCEL).													
		Costo de las dietas/kg					Iniciación: 2,6498			Precio del pollo \$ 10,00			
		\$ del pollito: 2,80					Finalización: 2,4924						
Consumo		Consumo					Egresos				Peso	Ingresos	Utilidad
hasta la		de la 4a					Costo	Pérdidas por Mortalidad		Final	Venta	Bruta	
T / R	3a Sem	# P	\$/Alim3a	7a Sem	# P	\$/Alim7a	Tot/Alim	Cons 3a	Cons 7a	\$/Cons	(kgs)	\$	\$
11	1.0922	20	57.88	3.6955	18	165.79	223.67		2.1071	5.252	1.8912	340.42	55.4917
12	1.0922	20	57.88	3.6955	20	184.21	242.09				1.8912	378.24	80.1465
13	1.0922	20	57.88	3.6955	19	175.00	232.88		0.3179	0.792	1.8912	359.33	69.6527
14	1.0922	20	57.88	3.6955	20	184.21	242.09				1.8912	378.24	80.1465
15	1.0922	20	57.88	3.6955	20	184.21	242.09				1.8912	378.24	80.1465
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							73.1168
21	0.7269	20	38.52	3.5345	20	176.19	214.71				1.8222	364.44	93.7328
22	0.7269	20	38.52	3.5345	20	176.19	214.71				1.8222	364.44	93.7328
23	0.7269	20	38.52	3.5345	20	176.19	214.71				1.8222	364.44	93.7328
24	0.7269	20	38.52	3.5345	20	176.19	214.71				1.8222	364.44	93.7328
25	0.7269	19	36.60	3.5345	19	167.38	203.97	0.2145		0.568	1.8222	346.22	85.6779
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							92.1218
31	0.8144	20	43.16	3.7027	20	184.57	227.73				1.9175	383.50	99.7698
32	0.8144	20	43.16	3.7027	20	184.57	227.73				1.9175	383.50	99.7698
33	0.8144	17	36.68	3.7027	17	156.89	193.57	1.2944		3.430	1.9175	325.97	72.9743
34	0.8144	20	43.16	3.7027	17	156.89	200.04		2.1758	5.423	1.9175	325.97	64.5076
35	0.8144	20	43.16	3.7027	20	184.57	227.73				1.9175	383.50	99.7698
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							87.3582
41	1.0894	20	57.74	3.0790	20	153.48	211.22				1.6946	338.93	71.7083
42	1.0894	20	57.74	3.0790	19	145.81	203.54		0.8085	2.015	1.6946	321.98	60.4211
43	1.0894	20	57.74	3.0790	20	153.48	211.22				1.6946	338.93	71.7083
44	1.0894	20	57.74	3.0790	18	138.13	195.87		1.0166	2.534	1.6946	305.03	50.6302
45	1.0894	20	57.74	3.0790	19	145.81	203.54		0.8085	2.015	1.6946	321.98	60.4211
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							62.9778
51	1.1213	20	59.42	3.1972	19	151.41	210.83		0.9074	2.262	1.8513	351.75	82.6655
52	1.1213	19	56.45	3.1972	19	151.41	207.86	0.1651		0.437	1.8513	351.75	87.4607
53	1.1213	20	59.42	3.1972	19	151.41	210.83		0.2371	0.591	1.8513	351.75	84.3361
54	1.1213	20	59.42	3.1972	20	159.37	218.80				1.8513	370.27	95.4717
55	1.1213	20	59.42	3.1972	20	159.37	218.80				1.8513	370.27	95.4717
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							89.0811
61	0.7303	20	38.71	2.9127	20	145.19	183.90				1.5992	319.84	79.9434
62	0.7303	20	38.71	2.9127	20	145.19	183.90				1.5992	319.84	79.9434
63	0.7303	20	38.71	2.9127	19	137.93	176.64		1.4926	3.720	1.5992	303.85	67.4908
64	0.7303	20	38.71	2.9127	20	145.19	183.90				1.5992	319.84	79.9434
65	0.7303	20	38.71	2.9127	20	145.19	183.90				1.5992	319.84	79.9434
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							77.4529
71	0.8223	20	43.58	3.1763	20	158.33	201.91				1.7889	357.78	99.8694
72	0.8223	20	43.58	3.1763	19	150.42	193.99		0.2213	0.552	1.7889	339.89	89.3454
73	0.8223	19	41.40	3.1763	19	150.42	191.81	0.1934		0.512	1.7889	339.89	91.5636
74	0.8223	20	43.58	3.1763	20	158.33	201.91				1.7889	357.78	99.8694
75	0.8223	19	41.40	3.1763	19	150.42	191.81	0.1934		0.512	1.7889	339.89	91.5636
P R O M E D I O			P O R			T R A T A M I E N T O							94.4423
* Valores estimados a partir de repeticiones con 20 pollos, ajustados con mortalidad (Consumo de alimento y \$ del pollito).													

Anexo 12. Gráficas estimadas con tiempos óptimos de alimentación.



Gráfica 1. Curvas de consumo de alimento estimado a partir del modelo logístico.



Gráfica 2. Curvas de ganancia de peso estimada a partir del modelo logístico.

