

11662  
3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
CUAUTITLAN

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LA CODORNIZ  
(*Coturnix x coturnix japónica*) BAJO DIFERENTES  
NIVELES DE PROTEÍNA, AMINOACIDOS Y  
ENERGÍA EN LA DIETA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

( NUTRICION ANIMAL )

PRESENTA:

BENITO MAR BOTELLO

ASESORES:

M. Sc. ERNESTO AVILA GONZALEZ

Dr. J. ANTONIO CUARÓN I.

DR. CARLOS G. VASQUEZ PELAEZ

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. DE MÉXICO 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

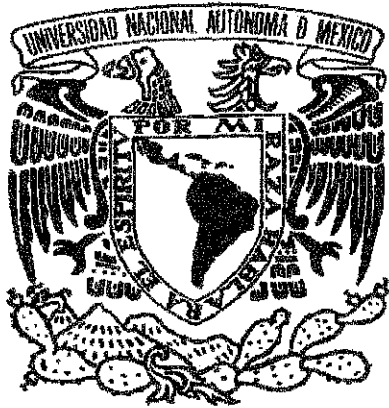


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## HONORABLE JURADO

---

---

**Presidente**                    **Dr. Carlos G. Vasquez Pelaez**

**Vocal :**                        **Dr. Gerardo Mariscal Landín**

**Secretario:**                **Dra. Silvia E. Buntinx Dios**

**Primer suplente:**        **M. Sc. Ernesto Avila Gonzalez**

**Segundo Suplente:**     **Dr. Sergio Gómez Rosales**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO,    2002**

**Mar Botello Benito. 2002. Desempeño productivo de la Codorniz (*Cotornix cotornix japónica*) bajo diferentes niveles de proteína, aminoácidos y energía en la dieta. Tesis de Maestría . Asesor M. Sc. Ernesto Ávila González.**

Para cumplir con el objetivo del presente trabajo, se realizaron 5 experimentos. En el **Experimento 1**, se determinó la digestibilidad verdadera de la proteína de 6 dietas de codornices y la excreción de proteína de origen endógeno en heces. Se realizó con gallos Leghorn adultos utilizando un diseño de cuadrado latino 6x6+1 con arreglo factorial, mediante la técnica de alimentación precisa. En el **Experimento 2**, se determinó la secreción de proteína de origen endógeno en heces, en codornices de 20 días de edad, alimentadas con diferentes niveles de proteína (10, 15, 20, 25, y 30%) en la dieta. En el **Experimento 3**, se estimó el consumo y la digestibilidad de 6 dietas con codornices de 20 días de edad, utilizando un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial. En el **Experimento 4**, se realizó una comparación de la digestibilidad de una dieta en gallos vs codornices; para ello se utilizó una dieta con 22% de proteína y 3200 Kcal de EM/Kg, un gallo formó la unidad experimental y se tuvieron 5 repeticiones, grupos de 5 codornices formaron la unidad experimental y también se utilizaron 5 repeticiones. En el **Experimento 5**, se determinó el consumo, conversión, peso corporal a los 36 días de edad, curvas de deposición de proteína en la canal, deposición de grasa en la canal y eficiencia de emplum; se utilizaron 3 niveles de proteína (20, 22 y 24%) total en la dieta y 2 niveles de EM (2900 y 3200 Kcal/Kg). En los seis tratamientos los aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptofano se incluyeron en los niveles que recomienda el NRC (1994), se usó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial. En el Experimento 1 se encontró que la mayor digestibilidad verdadera de la proteína correspondió a la dieta de 24% de proteína y 2900 Kcal, diferente ( $P < .05$ ), a la dieta

con 20% de proteína y 2900 kcal que fue la menos digestible, el resto de dietas tuvieron una digestibilidad intermedia y similar entre sí ( $P < .05$ ), las seis dietas con una digestibilidad promedio de 79.35%; la cantidad de proteína de origen endógeno en heces de gallos Leghorn fue de 1510 mg para un periodo de 48 horas. En el Experimento 2 se encontró que las codornices de 20 días de edad excretan en heces 890 mg de proteína de origen endógeno por cada 100 gramos de alimento consumido, mientras que la digestibilidad verdadera de la proteína de las dietas con las que se hizo dicha determinación fue de 81.37%. En el Experimento 3 se encontró que la **digestibilidad verdadera** de la proteína en promedio fue de 75.8% para las 6 dietas de codorniz, observándose una respuesta de tipo cuadrático ( $P < .05$ ,  $R^2 = .68$ ) cuando el nivel de energía fue de 2900 Kcal EM/Kg, en las dietas con 3200 Kcal de EM hubo mayor digestibilidad ( $P < .05$ ) conforme aumentó el nivel de proteína en la dieta de 20 hasta 24%. En el Experimento 4 se tuvo mejor **digestibilidad** (9 puntos porcentuales) en codornices que en gallos (73.27 y 64.1%) ( $P < .05$ ). En el Experimento 5 el **peso corporal** y el peso de la canal fueron mayores para las dietas bajas en energía y similar para las que contenían 22 y 24% de proteína ( $p < .01$ ). La deposición de proteína en canal fue mejor para las dietas bajas en energía, con un comportamiento de tipo cuadrático. La dieta con 22% de proteína y 2900 Kcal depositó la más ( $p < .05$ ) alta cantidad de proteína. La deposición de grasa en la canal fue mas alta para las dietas de 22 y 24% de proteína en ambos niveles de energía en la dieta. La mejor **eficiencia de emplume** correspondió a las dietas bajas en proteína (20%) y altas en energía (3200 Kcal de EM). De los resultados obtenidos se concluye que las codornices utilizan más eficientemente la proteína que los gallos y que es posible reducir el nivel de proteína en la dieta de codorniz de 24 a 22%, sin afectar la deposición de proteína en canal ni el peso corporal a los 36 días de edad.

## DEDICATORIA

Con gran entusiasmo y cariño dedico este documento a mis queridos **alumnos**, con el deseo de que pueda servirles como punto de partida hacia la interminable superación personal, esperando con ello devolverles algo de lo mucho que ellos en particular me han enseñado de la vida.

A mi esposa **Hilde**, a mis hijas **Hilbén, Hilda, Hiliana y Joycé** por el valioso tiempo que dejé de brindarles al estar realizando este trabajo.

A mis compañeros de trabajo en el **CBTA 115**, por que en todo momento tuvieron una palabra que me dió entusiasmo para seguir hasta el fin. A las autoridades de la **DGETA** por todo el apoyo brindado para que se hiciera realidad este sueño.

**A mis padres, a mis hermanos (as), a mis sobrinas (os).**

A mis **compañeros** de generación: María Luz, Alejandra, Héctor Jairo, Marcelo, José Cruz, Juan Humberto, José María, Lorenzo Reyna y Juan Serafín.

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, por hacer posible los estudios de Maestría.

Al Personal del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de Ajuchitlán, Colón, Qro. por el objetivo e incondicional apoyo en la ejecución del trabajo de laboratorio.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Querétaro, por el apoyo dado con material y equipo de laboratorio y los análisis de energía de las dietas experimentales.

A los Drs. Juan de Dios Garza, Armando Shimada, Carlos G. Vásquez, Tercia C. Reis de Souza, José Luis Romano, Gerardo Mariscal L, Myriam Leal, Ofelia Mora, Felipe Ruiz, Moisés Montaña, Héctor Vera a los M. C. Irma Tejada, Lilia Soto, Juan Becerra, Manuel Gómez, Emigdio Santiago y Jaime Romero.

A mi **Comité Tutorial** : M. Sc. Ernesto Ávila González, Dr. José Antonio Cuarón Ibarquengoytia y Dr. Carlos Gustavo Vásquez Peláez.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
2.2 Complementación de lisina. -----	5
2.3 Interacción entre aminoácidos -----	6
2.4 Relación entre aminoácidos y energía metabolizable -----	9
3. OBJETIVOS -----	11
4. HIPÓTESIS -----	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS -----	12
5.1 Experimento 1 -----	12
5.2 Experimento 2 -----	15
5.3 Experimento 3 -----	17
5.4 Experimento 4 -----	18
5.5 Experimento 5 -----	19
5.5.1 Curvas de comportamiento -----	24
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	26
6.1 Experimento 1-----	26
6.1.1 Determinación de proteína de origen endógena. -----	28
6.2 Experimento 2 -----	29
6.3 Experimento 3 -----	32
6.3.1 Digestibilidad verdadera de la proteína. -----	29



6.3.2 Consumo de alimento -----	33
6.4 Experimento 4 -----	34
6.5 Experimento 5 -----	35
6.5.1 Consumo de alimento -----	35
6.5.2 Conversión alimenticia -----	36
6.5.3 Peso corporal a los 36 días de edad -----	38
6.5.4 Peso de la canal a los 36 días de edad. -----	39
6.5.5 Deposición de proteína -----	40
6.5.5.1 Curvas de deposición de proteína. -----	43
6.5.6 Deposición de grasa en la canal -----	45
6.5.6.1 Curvas de deposición de grasa en la canal. -----	47
6.5.7 Eficiencia de emplume. -----	50
6.5.7.1 Curvas de eficiencia de emplume. -----	52
6.5.8 Las curvas de comportamiento en su conjunto -----	54
7. CONCLUSIONES -----	58
10. BIBLIOGRAFÍA -----	60
11. APÉNDICES -----	68

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Contenido de aminoácidos en la materia prima -----	13
2	Cuadrado latino para el experimento 1 -----	14
3	Composición de las <b>Dietas</b> utilizadas en el experimento 2 -----	16
4	Composición de <b>dietas</b> utilizadas en el experimento 5 -----	23
5	<b>Análisis</b> calculado/determinado del contenido de nutrientes de las dietas. -----	23
6	Resumen de la <b>metodología</b> en el trabajo experimental -----	25
7	<b>Digestibilidad</b> verdadera de la proteína en gallos -----	27
8	<b>Digestibilidad</b> verdadera de la proteína en codorniz de 20 días de edad y secreción de proteína endógena -----	29
9	<b>Digestibilidad verdadera</b> de la proteína en codorniz de 20 días de edad -----	32
10	Alimento total <b>consumido</b> y conversión alimenticia a los 36 días de edad -----	35
11	<b>Peso corporal</b> de codorniz a los 36 días de edad, según proteína y energía en la dieta -----	38
12	<b>Peso de la canal</b> de codorniz a los 36 días de edad -----	40

**CUADRO**

**PAGINA**

13	<b>Proteína depositada</b> en la canal de codorniz, dependiendo del nivel de proteína y energía en la dieta -----	41
14	Diferenciación de las medias de <b>proteína depositada</b> en la canal de codorniz a intervalos de 6 días de edad con agrupación SNK a una $P < 0.01$ -----	43
15	<b>Ecuaciones de respuestas</b> para las curvas de <b>deposición de proteína</b> en canal de codorniz durante los primeros 36 días de edad -----	44
16	Gramos de <b>grasa depositada</b> en la canal de codorniz, según el nivel de <b>proteína</b> y energía en la dieta. -----	47
17	<b>Ecuaciones cuadráticas</b> de las curvas de respuesta en el proceso de deposición de <b>grasa</b> durante los primeros 36 días -----	49
18	Gramos de <b>pluma</b> presente en codorniz como respuesta a diferentes niveles de proteína y energía en la dieta. -----	51
19	<b>Ecuaciones cuadráticas</b> de las curvas de respuesta en la síntesis de <b>pluma</b> de codorniz. -----	53

## ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	PAGINA
1 <b>Digestibilidad</b> verdadera de la proteína de seis dietas de codorniz, en gallos Leghorn. -----	26
2 <b>Ecuación de regresión</b> para la proteína excretada en heces en codorniz de 20 días de edad. -----	30
3 <b>Digestibilidad</b> verdadera en heces, de la proteína de las dietas de codorniz de 20 días de edad. -----	33
4 El <b>consumo</b> de alimento como resultado del efecto de la concentración de energía y proteína en la dietas de codorniz durante los primeros 36 días de edad. -----	36
5 <b>Conversión</b> alimenticia en codorniz durante los primeros 36 días de edad, dependiendo del nivel de proteína y energía en la dieta. -----	37
6 Efecto del nivel de proteína y energía en la dieta, en el <b>peso corporal</b> final de codorniz a los 36 días de edad. -----	39
7 Efecto del nivel de proteína y la energía de la dieta en la <b>deposición</b> de <b>proteína</b> en la canal de codorniz, media de las medias de cada seis días hasta los 36 días de edad. -----	42
8 Curvas de la <b>deposición de proteína</b> en canal de codorniz los primeros 36 días de edad, según la proteína y la energía dietaria -----	45

9	Efecto del nivel de energía y de proteína en las dietas de codorniz sobre la <b>deposición de grasa</b> en la canal, medida cada 6 días de edad hasta los 36 días. -----	46
10	Curvas de la <b>deposición de grasa</b> en codorniz los primeros 36 días de edad, con diferentes concentraciones de proteína y energía en la dieta. -----	49
11	Efecto del nivel de proteína y energía en el alimento sobre la <b>eficiencia de emplume</b> en codorniz durante los primeros 36 días de edad. -----	52
12	Curvas de la síntesis de <b>pluma</b> en codorniz durante los primeros 36 días de edad, según el nivel de proteína y energía en la dieta -----	54

## ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE	PÁGINA
A Técnica de alimentación precisa en gallos -----	69
B Análisis de varianza en el Experimento 1 para la variable digestibilidad verdadera de la proteína -----	69
C Análisis de varianza en el Experimento 3, para la variable digestibilidad verdadera de la proteína -----	70
D Análisis de varianza en el Experimento 3, para la variable consumo de alimento -----	70
E Análisis de varianza en el Experimento 4, para la variable digestibilidad verdadera de la proteína -----	70
F Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable consumo de alimento -----	71
G Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable conversión alimenticia -----	71
H Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable peso corporal a los 36 días de edad -----	71
I Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable peso de la canal a los 36 días de edad -----	72
J Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable proteína depositada -----	72

**APÉNDICE****PAGINA**

K	Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable grasa depositada -----	72
L	Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable eficiencia de emplume -----	73

## 1. INTRODUCCIÓN:

La codorniz japonesa se explota para la producción de carne y huevo. También es una especie adecuada para realizar los trabajos de investigación en diferentes disciplinas. Lo pequeño de su talla permite el uso de espacios reducidos en las unidades experimentales; el índice reproductivo facilita la obtención de más generaciones en periodos cortos (Brisbin y Tally, 1973); por su similitud fisiológica con otras aves (Brisbin et al., 1986), permite extrapolar las observaciones con ciertas limitaciones. La codorniz japonesa (*Cotornix cotornix japónica*), por lo corto de su ciclo biológico y su acelerado crecimiento, es una alternativa para producción de carne para consumo humano; sin embargo, sus altas necesidades nutritivas significan un reto que encamina a pensar que existen mejores alternativas técnicas que permitan hacerla producir en forma más eficiente desde el punto de vista económico, biológico y ecológico (NRC, 1994).

La proteína, por ser uno de los nutrimentos más costosos en la alimentación de los animales domésticos, necesita ser usada pensando en que sea utilizada de la manera más eficiente por el animal. El viejo sistema de balanceo bajo proteína cruda, y el de aminoácidos totales en las dietas, deben ser definitivamente sustituidos por las nuevas determinaciones para aminoácidos específicos digestibles, acordes a las necesidades de estructuración del tejido que deseamos obtener de la especie en explotación. Ya bastante se ha desarrollado la tendencia y la búsqueda de una mejor proporción en los nutrimentos, encaminada a facilitar la fabricación del producto (tejido) sin tener que desechar materia prima (nitrógeno), que erróneamente se le está suministrando. Visto así, incluir menos proteína y de mejor calidad redundará en una mayor



eficiencia, productividad y una mejor demostración de la potencialidad genética al obtener mejor comportamiento productivo.

Actualmente, se encuentran aún dietas comerciales para la codorniz que proporcionan niveles muy altos de proteínas (28% y 27% ) y aminoácidos en exceso, basadas en las viejas recomendaciones de formulación. Sin embargo, la investigación actual indica que la codorniz exige más calidad que cantidad y, aunque no existe la combinación ideal de aminoácidos en forma puntual, se debe buscar la forma de proporcionar a las aves la cantidad de aminoácidos mas cercana a sus requerimientos, que permita minimizar excesos y desproporciones o imbalances. Este intento finalmente evitará que se redunde en gastos metabólicos o energéticos que reduzcan la producción. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar tres diferentes niveles de proteína total a dos niveles de energía metabolizable, en donde los seis tratamientos tuvieran un sólo perfil de aminoácidos, como lo recomienda el NRC (1994) en codornices en engorda hasta los treinta y seis días de edad.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Requerimientos de aminoácidos

No se han realizado suficientes trabajos encaminados a determinar los niveles requeridos de aminoácidos en codornices, especialmente para la elaboración de dietas bajas en proteína, pero es posible bajo los mismos principios biológicos abrir una línea de investigación paralela a pollos y a gallinas. En los últimos años se ha trabajado intensamente con la idea de ir solidificando el concepto del balanceo de dietas en base a **aminoácidos** para pollos (Waldroup et al., 1976; Parsons 1990, 1991; Skinner et al., 1992ab) y gallinas ponedoras (Harms y Russell, 1993; Keshavars y Jakson, 1992). Es decir, acercar el contenido de dicha ración al requerimiento real de síntesis de tejidos corporales, encaminado todo a esperar una mejor relación entre el aporte externo de nutrientes y la necesidades biológicas internas exigidas por el genotipo y el ambiente hacia una mejor producción. Actualmente, con la disponibilidad comercial de algunos aminoácidos esenciales en forma cristalina, es posible crear dietas encaminadas a mejorar cada día más el proceso biológico de síntesis y a permitir de mejor manera la expresión de las potencialidades genéticas de las nuevas líneas de especies de importancia económica.

El concepto de **proteína ideal**, entendida como el aporte de aminoácidos requeridos en la misma proporción y sincronía al requerimiento de formación de tejidos específicos (sin deficiencias ni excesos), se ha venido estudiando ampliamente en los últimos 50 años. Su teoría indica que se realiza una deposición de proteína muscular bajo un patrón específico para cada edad o etapa fisiológica; es decir, la relación ideal de los aminoácidos se modifica en la medida que los animales aumentan de edad y peso, incrementándose la necesidad de metionina,

cistina, treonina y triptofano con respecto a lisina, ya que existe una demanda mayor de aquéllos para mantenimiento (Baker, 1991).

Con respecto a ofrecer dietas bien equilibradas, Holsheimer y Ruesink (1993) observaron un bajo desarrollo corporal en aves como resultado de un insuficiente aporte de lisina; también Revington et al. (1992) informan aumentos significativos en desarrollo de aves jóvenes cuando fueron complementadas con **lisina** en dietas deficientes a base de maíz, observándose un efecto cuadrático en el aumento de consumo de energía metabolizable. Además, los excesos de aminoácidos esenciales en la dieta no se convierten eficientemente en aminoácidos **no esenciales** y el nivel de biosíntesis baja del 70 al 50% (Allen y Baker, 1974). Se ha concluido que un exceso en la ingestión de proteína con desbalance, redundando en un marcado incremento en la necesidad de **colina** (Moran et al., 1992), lo que al mismo tiempo incrementa la necesidad de grupos metilo para la síntesis de ácido úrico por la alta cantidad de nitrógeno que tiene que ser excretado (Coelho, 1996). Este desbalance afecta positiva y proporcionalmente al gasto de energía y, por lo tanto, negativamente al desempeño productivo (Baker, 1991).

En dietas balanceadas debe esperarse una retención de nitrógeno de un **76%** en aves de iniciación. Esta mínima eliminación de nitrógeno se logra cuando el patrón de suministro de aminoácidos en la dieta se aproxima al patrón de necesidades para síntesis de proteína en el organismo, aunque el perfecto patrón de aminoácidos en la dieta no debe corresponder al patrón de aminoácidos presentes en la canal de las aves, sino a la suma de éstos más los requerimientos para síntesis de proteínas plasmáticas. Esto se ilustra al hacer la comparación (NRC, 1994) de las necesidades de **lisina, metionina e isoleucina** y los contenidos de éstos en la canal (Baker, 1991, 1995, 1997).

La complementación de las dietas de aves con **aminoácidos cristalinos** es un método preciso para satisfacer las necesidades de los aminoácidos individuales (Baker y Chung, 1992; Baker y

Han, 1994; Fernández et al., 1994), encaminado a disminuir el nivel de proteína en la ración y, adicionalmente, bajar al mínimo la excreción de nitrógeno (Moran et al., 1992; Coelho, 1996). De lo anterior se puede inferir que esa mejor calidad se base en una mayor **biodisponibilidad**, entendida ésta no como sinónimo de **digestibilidad**, sino como el hecho de un uso eficiente en el metabolismo para mantenimiento y producción con muy bajo nivel de **residuos** (Batterham, 1992). Han et al. (1992), cuando suministraron dietas bajas en proteína (19%), fortificadas con aminoácidos cristalinos, a pollos de engorda de las 0 a 3 semanas de edad y de 3 a 6 semanas (16%), tuvieron la misma ganancia y la misma eficiencia alimenticia, con **menos grasa corporal** que los tratamientos testigo con el nivel recomendado por el NRC (1984) de proteína total y energía. Los mismos autores en experimentos sucesivos encontraron que la ganancia y la eficiencia decrecieron, pero aumentó la grasa corporal cuando disminuyeron a **19%** la proteína total, sin adicionar los cinco aminoácidos indispensables. Al adicionar **ac. glutámico** a esta dieta baja en proteína no encontraron ninguna respuesta productiva. El mejor nivel de **ac. glutámico** para dietas bajas en proteína, fortificadas con los aminoácidos esenciales limitantes, fue de **2.31%** de la dieta. Teóricamente, este aminoácido es desaminado ante la necesidad de síntesis de aminoácidos no indispensables (Kerr y Kid, 1999).

## **2.2 Complementación con lisina.**

Dada la importancia de este aminoácido en la síntesis de tejido magro, se ha realizado un gran número de investigaciones encaminadas a observar el desempeño de los pollos de engorda cuando se complementa con lisina a más del 100% de la recomendación del NRC (Baker, 1997) y al usar niveles múltiples de proteína cruda en la dieta de pollos se ha demostrado que los requerimientos de lisina son más altos que los recomendados por NRC (Fernández, 1996). Así, la tasa de ganancia se ha incrementado cuando se adiciona **un 12%** de lisina sobre la

recomendación, obteniéndose una máxima ganancia de peso, en virtud de que este aminoácido (AA) representa el 6.4% de la proteína retenida, con una eficiencia de utilización del 80% (Lilburn y Emmerson, 1993). Sin embargo, pensando en una mejor eficiencia biológica, es una mejor opción respetar los niveles de aminoácidos propuestos por el NRC (1994) en dietas bajas en proteína, con reforzamiento de aminoácidos cristalinos, teniendo estricto cuidado con los demás aminoácidos esenciales no disponibles y que tienen una vital participación en procesos biológicos.

### 2.3 Interacciones entre aminoácidos.

La adición de los aminoácidos (AA) esenciales cristalinos más limitantes en la dieta (lisina, metionina, triptofano y treonina) puede resultar en un desbalance del resto de AA y afectar directamente a algunos con funciones específicas. Se debe tener cuidado especial con glicina, arginina, cistina, valina y prolina, principalmente, cuyas deficiencias pueden deberse a un exceso de metionina (Gonzalez y Pesti, 1993; Shim y Chen, 1990), o a un exceso de nitrógeno eliminado (Baker, 1997; y Katz, 1975).

Se debe considerar que las aves cuentan con buena capacidad para transaminar aminoácidos. La alanina aminotransferasa (glutamato-piruvato transaminasa) es muy activa a nivel de mucosa intestinal y cuando es necesario eliminar excesos de nitrógeno, son la **glicina** y la **prolina** un factor clave en la **biosíntesis del ácido úrico** en aves con una tasa alta de desarrollo. Si esa máxima tasa de desarrollo está asociada a una gran eliminación de nitrógeno en orina, esto puede ocasionar un déficit de **glicina**. Este AA puede sintetizarse a partir de **serina**, pero de forma insuficiente para sostener un óptimo desarrollo; por ejemplo, se necesita un mol de glicina para sintetizar cada mol de ácido úrico. Igualmente, algunos

desbalances de AA, principalmente cuando se deben a excesos de metionina, responden dramáticamente al complementar glicina (Shim y Chen, 1989).

Como ya se mencionó, la glicina puede derivarse metabólicamente de **serina**, al obtener de ésta el grupo hidroximetilo, y del catabolismo de **treonina** en una menor proporción. La serina no sólo es útil en síntesis de proteína o como precursor de glicina (para formación de ácido úrico), sino que participa en gran medida en la biosíntesis de **fosfolípidos**, ya que es un trans-sulfurador desde metionina a cistina, y es sintetizada en el organismo a partir de **glucosa** con los **grupos amino de la alanina**. Por otra parte, la **cistina** es un factor limitante en la síntesis del importante tripéptido glutatión (glutamil-cisteinil-glicina), debido a que aparentemente el organismo da prioridad al desarrollo o síntesis de proteína con metionina que a la síntesis de glutatión a partir de **metionina-cistina**, cuando esta última es deficiente (Baker, 1991).

Aunque diferentes niveles de arginina no afectaron el crecimiento ni la eficiencia alimenticia en pollos de 4 a 18 días de edad, resultados de varias investigaciones concuerdan con lo publicado en NRC (1994), que indican una necesidad de **1.25% de arginina** en dietas con **23% de proteína** cruda para pollos hasta las tres semanas de edad. Esto es similar para codornices que reciben una dieta de 24% de proteína cruda para las primeras cuatro semanas (NRC, 1994). La arginina, en niveles adecuados en la dieta, disminuye la grasa abdominal de pollos machos (Penz y Jensen, 1990). La arginina es un precursor del óxido nítrico (NO); este producto es un mediador del tono cardiovascular y de agregación de plaquetas, de funciones encefálicas y neurales y es un agente citotóxico elaborado por macrófagos, útil para la destrucción de antígenos de tipo celular, como las bacterias y tumores (Kats, 1975). La función **inmunológica** puede afectarse si disminuye **la arginina**, esto puede suceder cuando los excesos de lisina afectan la eficiencia de utilización de arginina. La formación de tejido magro y el rendimiento de carne de pechuga en pollos alcanzó su mejor nivel cuando se dio en la dieta

el 100% de lisina y el 80% de treonina con respecto a la recomendación para lisina de NRC (1994) y Kerr y Kidd (1997). Se ha comprobado una interacción entre lisina y treonina sobre el aumento de peso de pollos entre los 18 y 56 días de edad (Kidd et al., 1996, 1998).

Con relación a los aminoácidos de cadena ramificada leucina, isoleucina y valina (**leu, ile y val**), se ha demostrado que la deficiencia simultánea ocasiona una baja en el rendimiento y en la eficiencia, así como una disminución del calcio en el hueso y una serie de anormalidades de la pluma y patas; sin embargo Farram y Thomas (1992) indican que una deficiencia de valina exclusivamente es más detrimental que una deficiencia asociada, estos mismos autores, al analizar las deficiencias de valina, llegaron a la conclusión de que este aminoácido reduce la cantidad de cenizas en el hueso y la formación de colágeno, ocasionando anormalidades en las extremidades; en riñón favorece la excreción de calcio. Esto puede deberse a que la valina participa en la actividad osteoclástica e inhibe la actividad osteoblástica en la matriz ósea. La interacción entre estos aminoácidos de cadena ramificada es estrecha: la leucina puede ejercer un importante efecto sobre los requerimientos de valina en pollos. Un exceso de leucina puede dificultar la utilización metabólica de valina, ocasionándose un aumento en el requerimiento de valina; la interacción entre leucina e isoleucina es un poco menos importante, pero el aumento en la concentración de isoleucina incrementa los requerimientos de leucina (Farram y Thomas, 1992).

Las aves, al igual que otras especies de animales, no tienen la capacidad de sintetizar los anillos aromáticos de fenilalanina y tirosina, pero tienen la habilidad de sintetizar tirosina a partir de fenilalanina (no al contrario), quedando únicamente este último como aminoácido esencial. Por ello, una cantidad adecuada de tirosina en la dieta disminuye los requerimientos de fenilalanina en la dieta, que debe ser no menos del 58% del total de los aminoácidos aromáticos (D' Mello, 1988). Además, cuando las dietas tienen un exceso desproporcionado

de aminoácidos indispensables, se ocasiona un déficit para la fuente de nitrógeno (N), debido a que estos aminoácidos esenciales no se pueden convertir eficientemente en no esenciales. En estas situaciones, el **ácido glutámico, la glicina, la prolina y el ácido aspártico** son los más eficientes donadores de N en condiciones experimentales (Allen y Baker, 1974). Con respecto a esto, Bedford y Summers (1985) dicen que se debe mantener una proporción de 55:45 entre estos grupos de aminoácidos (esenciales : no esenciales), con el fin de obtener un buen desarrollo, eficiencia alimenticia alta y canales con más proteína. También mencionan que cuando los aminoácidos esenciales están en una proporción de 65:35 con los no esenciales, se ocasiona una tasa de desaminación insuficiente de aminoácidos esenciales que se deben convertir en aminoácidos no esenciales, y que cuando sólo un 35% es de aminoácidos esenciales, se genera una doble deficiencia de aminoácidos y de energía necesaria para la eliminación del exceso de nitrógeno derivado del metabolismo de los aminoácidos no esenciales.

#### **2.4 Relación entre aminoácidos y energía metabolizable.**

Al elaborar dietas para aves, el punto de partida debe ser la consideración de la relación o la proporción que deben guardar las cantidades de aminoácidos con la concentración de energía, debido a que esta última es uno de los principales factores que regulan el consumo de alimento. Aunque los mecanismos fisiológicos con los que las aves regulan su consumo de alimento no están bien aclarados, se han propuesto ecuaciones que permiten predecir el consumo de energía y de alimento. Se debe considerar que las aves tienen una capacidad limitada para regular el consumo de energía cuando la concentración de ésta está fuera de un rango específico y se ha observado que las aves sobreconsumen energía cuando se les suministran dietas altas en energía (Sell, 1993), y que el consumo es más preciso con dietas relativamente



bajas en energía (Holsheimer y Veerkamp, 1992). Dietas muy bajas en energía tendrán como limitante la capacidad anatómica de consumo para lograr ingerir una cierta cantidad de energía y proteína, acorde a las demandas de su poder genético para el desarrollo. Está muy claro que otros factores también interactúan con la energía para determinar el consumo (D'Mello, 1979). Esto se demuestra cuando los cambios hechos en el nivel de energía del alimento no producen cambios de consumo en la misma proporción (Sell, 1993). La temperatura es un segundo factor que afecta negativamente el consumo de alimento. Al considerar durante el proceso de formulación tan sólo tres factores, energía, temperatura y proteína, se tendrá que aplicar una concentración de aminoácidos de acuerdo al consumo esperado para una concentración de energía determinada, a una temperatura ambiente también específica. Además, hay que tomar en cuenta que un incremento en la concentración de proteína en la dieta (pensando en un bajo consumo), incrementa la necesidad de aminoácidos esenciales con respecto a la dieta y ligeramente con respecto a la proteína (Batterham, 1992). Cualquier desajuste que genere la presencia de nitrógeno excedente debido a una desproporción de aminoácidos esenciales tendrá un impacto directo en la energía y, en consecuencia, en el consumo y en el rendimiento. Hay que considerar que un gramo de nitrógeno de más como proteína en la dieta, al incorporarse al organismo, necesita de 7.39 Kcal de EM para ser eliminado, y que 1.6 gramos de nitrógeno producen 1% de proteína de la dieta (Hyankova et al., 1997), que estando en **desbalance** provoca un gasto metabólico no necesario de **11.824 kcal**.

Por todo lo anterior, es de gran importancia balancear la energía con la proteína. Chiba et al. (1992ab) encontraron una relación de 3 g de lisina por Mcal de energía digestible para la obtención de los mejores desempeños en cerdos (49 g de proteína balanceada por Mcal de ED). En pavos machos se obtuvieron los mejores resultados en ganancia y eficiencia con

dietas con el 108% de EM y con el 100% de proteína de lo recomendado por NRC (1994), a los 102 días de edad (Sell y Jeffrey 1994).

Con estos antecedentes se desarrolló el presente estudio en codornices en crecimiento, a fin de investigar su comportamiento productivo al ser alimentadas con dietas conteniendo diferentes niveles de proteína.

### **3. HIPÓTESIS**

Con niveles bajos de proteína y niveles adecuados de aminoácidos (NRC, 1994) en la dieta, se puede obtener una mejor eficiencia, mayor síntesis de tejido magro, menor eliminación de nitrógeno residual y, por lo tanto, un menor requerimiento de energía en la dieta y menor deposición de grasa.

### **4. OBJETIVOS**

**Estimar** el efecto de dietas con diferentes niveles de proteína cruda y energía metabolizable, usando un perfil similar de los aminoácidos más limitantes con base en las variables de respuesta; composición corporal (proteína y grasa), emplume, consumo, eficiencia, peso de la canal y peso corporal a los 36 días de edad.

dietas con el 108% de EM y con el 100% de proteína de lo recomendado por NRC (1994), a los 102 días de edad (Sell y Jeffrey 1994).

Con estos antecedentes se desarrolló el presente estudio en codornices en crecimiento, a fin de investigar su comportamiento productivo al ser alimentadas con dietas conteniendo diferentes niveles de proteína.

### **3. HIPÓTESIS**

Con niveles bajos de proteína y niveles adecuados de aminoácidos (NRC, 1994) en la dieta, se puede obtener una mejor eficiencia, mayor síntesis de tejido magro, menor eliminación de nitrógeno residual y, por lo tanto, un menor requerimiento de energía en la dieta y menor deposición de grasa.

### **4. OBJETIVOS**

**Estimar** el efecto de dietas con diferentes niveles de proteína cruda y energía metabolizable, usando un perfil similar de los aminoácidos más limitantes con base en las variables de respuesta; composición corporal (proteína y grasa), emplume, consumo, eficiencia, peso de la canal y peso corporal a los 36 días de edad.

dietas con el 108% de EM y con el 100% de proteína de lo recomendado por NRC (1994), a los 102 días de edad (Sell y Jeffrey 1994).

Con estos antecedentes se desarrolló el presente estudio en codornices en crecimiento, a fin de investigar su comportamiento productivo al ser alimentadas con dietas conteniendo diferentes niveles de proteína.

### **3. HIPÓTESIS**

Con niveles bajos de proteína y niveles adecuados de aminoácidos (NRC, 1994) en la dieta, se puede obtener una mejor eficiencia, mayor síntesis de tejido magro, menor eliminación de nitrógeno residual y, por lo tanto, un menor requerimiento de energía en la dieta y menor deposición de grasa.

### **4. OBJETIVOS**

**Estimar** el efecto de dietas con diferentes niveles de proteína cruda y energía metabolizable, usando un perfil similar de los aminoácidos más limitantes con base en las variables de respuesta; composición corporal (proteína y grasa), emplume, consumo, eficiencia, peso de la canal y peso corporal a los 36 días de edad.

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron **cinco** experimentos, los cuales se describen a continuación. Previo al inicio de los experimentos se realizaron los aminogramas a las materias primas. Los resultados aparecen en el Cuadro 1.

**5.1 Experimento 1:** Tuvo como objetivo evaluar la digestibilidad verdadera de la proteína cruda (N x 6.25) de seis dietas para codornices formuladas con 20, 22 y 24% de proteína y con dos niveles de EM, 2900 y 3200 kcal/Kg (Cuadro 4). La prueba se realizó con 30 gallos Leghorn de la línea **Hy-Line w36** de 30 meses de edad y un peso promedio de 1.930 kg. Se empleó un diseño de cuadrado latino (cuadro 2) con arreglo factorial (3x2), donde cada grupo de cinco gallos (1, 2, 3, 4, 5 y 6) integró una unidad experimental. Las dietas se suministraron mediante alimentación precisa de 30 g por gallo, según la recomendación de Sibbald (1983), que se describe en el Apéndice 1. En cinco de los seis periodos del cuadrado latino se utilizaron otros cinco gallos con el fin de determinar la secreción de **proteína endógena** del sistema digestivo. Estas aves únicamente recibieron durante el periodo experimental una solución de glucosa al 6% como agua de bebida. El descanso de los gallos entre cada periodo fue de 10 días. La variable de respuesta fue la **digestibilidad verdadera de la proteína** cruda. El ácido úrico se determinó en el laboratorio a las excretas utilizadas en la determinación de la proteína de origen endógeno, así como a las de la prueba de digestibilidad, como lo recomienda Marquardt (1983); a la proteína total (Nx6.25) de las excretas se les restó la proteína de origen endógeno y el nitrógeno del ácido úrico. El cálculo se hizo como lo recomiendan Rotter et al. (1989). La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$DVP\% = \frac{PC - (PTE - POE - PAU)}{PC} * 100$$

Donde: DVP%= Digestibilidad verdadera de la proteína en porcentaje

POE= Proteína de origen endógeno, PAU= Nitrógeno de ácido úrico x 6.25

PC= proteína consumida y PTE= Proteína total excretada.

-----

**Cuadro 1.** Contenido de aminoácidos en base seca, obtenido por HPLC\*\***Ingredientes**

<b>Aminoácidos %</b>	<b>Harina de sardina</b>	<b>Pasta de soya</b>	<b>Gluten de maíz</b>	<b>Harina de maíz</b>
Proteína %	62.97	49.01	64.81	9.29
Lisina	4.99	3.08	1.15	0.28
Treonina	2.71	1.90	2.11	0.36
Triptofano	0.67	0.79	0.41	0.05
Metionina	1.75	0.72	1.63	0.21
Cistina	0.64	0.78	1.2	0.22
Metionina + cistina	2.39	1.50	2.83	0.43
Ac. Aspártico	5.74	5.49	3.85	0.68
Ac. glutámico	7.84	5.86	13.74	1.80
Alanina	3.91	2.15	5.70	0.70
Arginina	3.88	3.60	2.05	0.42
Fenilalanina	2.54	2.46	4.15	0.49
Glicina	3.93	2.01	1.75	0.31
Hidroxilisina	0.14	0.03	0.01	0.00
Hidroxiprolina	0.68	0.05	0.00	0.02
Histidina	1.88	1.34	1.35	0.27
Isoleucina	2.63	2.14	2.61	0.33
Leucina	4.71	3.79	10.66	1.21
Ornitina	0.10	0.10	0.10	0.02
Prolina	2.84	2.44	6.08	0.84
Serina	2.23	2.19	2.77	0.43
Taurina	0.24	0.09	0.06	0.26
Tirosina	2.10	1.72	3.34	0.29
Valina	2.98	2.16	2.85	0.43

\*\* En la "Experimental Station Chemical Laboratories", Columbia, Missouri, 65211, USA

**Cuadro 2.** Cuadrado latino con arreglo factorial para el Experimento 1, digestibilidad en gallos (Montgomery, 1997)

<b>UNIDAD PERIODO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>	<b>22 A2 3200B2</b>	<b>24 A3 3200B2</b>
<b>2</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>	<b>22 A2 3200B2</b>	<b>24 A3 3200B2</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>
<b>3</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>	<b>22 A2 3200B2</b>	<b>24 A3 3200B2</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>
<b>4</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>	<b>22 A2 3200B2</b>	<b>24 A3 3200B2</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>
<b>5</b>	<b>22 A2 3200B2</b>	<b>24 A3 3200B2</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>
<b>6</b>	<b>24 A3 3200B2</b>	<b>20 A1 2900 B1</b>	<b>22 A2 2900 B1</b>	<b>24 A3 2900 B1</b>	<b>20 A1 3200 B2</b>	<b>22 A2 3200B2</b>

Antes de iniciar el trabajo experimental, los gallos se pesaron con el fin de formar los grupos o unidades experimentales de cinco animales, procurando que los promedios de peso de cada una fueran lo más similares posible. No se detectó cambio en el peso de los animales entre periodos. Se inició el experimento con un ayuno de alimento de 24 horas, al término de las cuales los gallos se alimentaron de forma precisa por intubación (ver Apéndice 1) con 30 gramos de la dieta experimental. Las excretas se recolectaron en charolas de aluminio cada doce horas durante las 48 horas posteriores a la intubación; en el momento de retirar las charolas de las baterías de los gallos se procedió a limpiar de plumas y escamas a las heces. La fracción blanca de las heces (ac. úrico) firmemente adherida a la charola fue humedecida con agua destilada y despegada con una espátula de madera y, finalmente, se enjuagó el material también con agua destilada. Estas muestras se guardaron en pequeñas bolsas de

plástico y se congelaron a  $-20$  grados  $C^{\circ}$ , para posteriormente ser liofilizadas. Después de la liofilización, cada muestra resultante se pesó y se guardó en botes de plástico de 200 ml herméticamente cerrados a temperatura ambiente. Posteriormente, se les realizaron los análisis correspondientes (materia seca, nitrógeno por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990), y ácido úrico según Marquardt, (1983). Los cinco gallos del tratamiento control (endógeno) continuaron “ayunados” otras 48 horas, recibiendo sólo agua con el 6% de glucosa y se les recolectaron sus excretas igual y simultáneamente que a los otros tratamientos. El análisis estadístico se hizo conforme a un modelo de cuadrado latino con arreglo factorial  $3 \times 2$ .

El modelo al cual se le atribuyó el total de la variación correspondió a:

$$Y_{ijkl} = \mu + U_i + \delta_i + R_j + \delta_j + P_k + E_l + PE_{kl} + \varepsilon_{(ijkl)m}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  es la respuesta aleatoria asociada a: media poblacional ( $\mu$ ),  $i$ -ésima unidad ( $U_i$ ), error de restricción de la  $i$ -ésima columna o unidad ( $\delta_i$ ),  $j$ -ésimo renglón o periodo ( $R_j$ ), error de restricción de  $j$ -ésimo renglón o periodo ( $\delta_j$ ),  $k$ -ésimo nivel de proteína (20, 22 y 24%) ( $P_k$ ),  $l$ -ésimo nivel de energía metabolizable (2900 y 3200) ( $E_l$ ), interacción entre el  $k$ -ésimo nivel de proteína con el  $l$ -ésimo nivel de energía ( $PE_{kl}$ ) y el error aleatorio ( $\varepsilon_{(ijkl)m}$ ), según Montgomery (1997).

**5.2 Experimento 2:** Tuvo como objetivo estimar la proteína excretada por el sistema digestivo de las codornices (proteína endógena), por el método de regresión lineal. Para ello se utilizaron las dietas descritas en el Cuadro 3, diluidas con almidón de maíz y marcadas con óxido de cromo al 0.3%, se prefirió la técnica del marcador debido a que la recolección total de heces no es confiable, éstas aves al mover la cama sacan de la charola una considerable proporción de excretas. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones de 5 codornices (mixtas) cada uno, distribuidas en un diseño completamente al azar. Las aves se alojaron en baterías con jaulas individuales, acondicionadas con charolas para la recolección de las



excretas. Se dieron 5 días de adaptación a la dieta, al término de los cuales se procedió a tomar las muestras de excretas cada 12 horas durante 48 horas. Posteriormente, las excretas de las cuatro colectas se mezclaron y se congelaron a  $-20\text{ C}^{\circ}$ , se liofilizaron y se molieron en molino con criba de  $1/16''$ , se mezclaron manualmente y se mantuvieron a una

**Cuadro 3.** Composición de las dietas utilizadas en el Experimento 2, (BH)

Ingrediente	Contenido de proteína, %					
	29.49	25.06	20.41	15.06	9.89	5.32
Maíz blanco	37.00	30.83	24.64	18.50	12.32	6.16
Pasta de soya	25.62	21.35	17.06	12.81	8.53	4.26
Gluten de Maíz	19.09	15.91	12.71	9.55	6.36	3.18
Aceite vegetal	10.76	8.97	7.17	5.38	3.58	1.79
Carbonato de calcio	2.02	1.68	1.35	1.01	0.67	0.33
Melaza de Caña	1.91	1.59	1.27	0.96	0.64	0.32
Harina de Sardina	1.50	1.25	1.00	0.75	0.50	0.25
Premezcla *	1.00*	0.83	0.67	0.50	0.33	0.16
Triptosine	0.67	0.56	0.45	0.34	0.22	0.11
Sal común	0.34	0.28	0.23	0.17	0.11	0.05
L-treonina	0.07	0.06	0.05	0.04	0.02	0.01
Danox (antioxidante)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Almidón de Maíz</b>	<b>0.00</b>	<b>16.67</b>	<b>33.40</b>	<b>50.00</b>	<b>66.7</b>	<b>83.35</b>
Oxido de cromo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

\* Concentración por Kg. de alimento. Vitaminas: A, 5739 U.I.; D, 662 U. I.; E, 1.10 U.I.; K, 1.65 mg, riboflavina, .55mg; niacina, 13.79 mg; ac. pantoténico, 6.62 mg; y 1.65 mg, para cada uno de los siguientes: pantotenato de Ca, carbonato de Mg, sulfato de Mg, cloruro de K, cloruro de Na y sulfato de Zn.

Temperatura de 0 C° hasta el análisis de laboratorio. Debido a que en el tratamiento de 5.32% de proteína se tuvieron consumos de alimento muy bajos, no se incluyeron los resultados con este nivel en la estimación de la regresión. A las excretas se les determinó el contenido de ácido úrico como señala Marquardt (1983), el análisis de nitrógeno como en AOAC (1990), y el cálculo se corrigió para ácido úrico por el método I de Rotter et al. (1989). Es decir, el nitrógeno de este compuesto se le restó al nitrógeno total excretado, quedando así el nitrógeno de la proteína no digerida y el de origen endógeno. Con dichos datos se determinó la ecuación lineal y partiendo del supuesto de que la excreción de proteína endógena en heces permanece constante ante la presencia de diferentes niveles de consumo y de proteína en la dieta (Sibbald 1979), el intercepto de la ecuación representa la cantidad de dicha proteína. Este dato (endógeno), se utilizó para el ajuste del cálculo de la digestibilidad verdadera de la proteína en este mismo experimento, así como en los experimentos 3 y 4.

**5.3 Experimento 3.** Se evaluó la digestibilidad verdadera de la proteína y el consumo de alimento de las seis dietas del Experimento 5, que aparecen en el Cuadro 5, en las codornices. Para ello se utilizó en el alimento un marcador al 0.3% (óxido de cromo), y en las excretas se analizó como lo recomiendan Fenton y Fenton, (1979). Se utilizaron 180 codornices mixtas de 28 días de edad, distribuidas aleatoriamente en un arreglo factorial (3x2); tres niveles de proteína (20, 22 y 24%) y dos niveles de energía (2900 y 3200 Kcal de EM/kg de alimento). Cada uno de los seis tratamientos contó con cinco repeticiones de seis aves cada repetición, las aves se alojaron en treinta jaulas (tres baterías de cinco niveles, con dos jaulas por nivel). Las aves estuvieron consumiendo las dietas experimentales cinco días antes

del inicio del muestreo de excretas. Se hizo recolección total cada 12 horas durante 48 horas. Se utilizó la técnica del marcador (cromo) ya que el dato de recolección total no es confiable, ya se dio la razón en el experimento 2. Las muestras fueron congeladas  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, se liofilizaron, se molieron y se homogenizaron, para después determinar nitrógeno (AOAC, 1990), y ácido úrico (Marquardt, 1983), para restarle al nitrógeno total de la excreta el correspondiente a este compuesto. La variable de respuesta fue la digestibilidad verdadera de la proteína. Para este cálculo se utilizó el valor de "proteína de origen endógeno" secretada por el sistema digestivo, determinado en el Experimento 2 y para ello se utilizó la misma fórmula del Experimento 1. Los datos obtenidos se analizaron conforme a un arreglo factorial y los efectos fueron comparados a través de contrastes ortogonales.

**5.4 Experimento 4.** El objetivo fue hacer una comparación (Steel y Torrie, 1986) de la digestibilidad verdadera de la proteína entre gallos Leghorn adultos y codornices de 20 días de edad, utilizando para ello la dieta 5 del cuadro 5, con un contenido de 22% de proteína y 3200 Kcal de EM/kg, utilizando como marcador el óxido de cromo al 0.3% en el alimento. Se utilizaron cinco gallos Leghorn adultos (un gallo fue la unidad experimental o réplica) y 30 codornices distribuidas en grupos de seis codornices por unidad experimental, es decir 5 repeticiones en ambos tratamientos, que se pusieron en cinco días de adaptación a la dieta. El procedimiento de colecta de muestras a partir de las charolas fue similar al realizado en el Experimento 1, es decir, cada 12 horas durante 2 días y de cada unidad experimental se formó una mezcla ("pool") homogenizada de excretas, que se conservó en refrigeración a  $-20$

C°, para su posterior análisis de nitrógeno. En ambas especies se corrigió para ácido úrico, como se señala en el Experimento 1. Para el cálculo de la digestibilidad verdadera en codornices se utilizó el valor de proteína de origen endógeno determinado en el Experimento 2. Para el cálculo en los gallos se usó el dato de secreción de proteína de origen endógeno determinado en el Experimento 1, con la siguiente fórmula:

$$\text{DVP\%} = \frac{\text{PC} - (\text{PTE} - \text{POE} - \text{PAU}) * 100}{\text{PC}}$$

Donde: DVP%= Digestibilidad verdadera de la proteína en porcentaje

POE: Proteína de origen endógeno, PAU= Nitrógeno de ácido úrico x 6.25

PC= proteína consumida y PTE= Proteína total excretada.

**5.5 Experimento 5.** A través de una prueba de comportamiento, donde 420 aves fueron repartidas aleatoriamente en **seis** tratamientos (3 niveles de proteína con 2 niveles de energía metabolizable/kg en la dieta), se determinaron las **curvas de deposición de proteína** en la canal, **grasa** en la canal y **emplume**. Se midieron también las siguientes variables de respuesta: **consumo de alimento, eficiencia alimenticia, peso corporal a los 36 días, peso de la canal a los 36 días**. Todos los tratamientos tuvieron un perfil similar de los aminoácidos más limitantes, en base a las recomendaciones para codornices que indica el NRC (1994). Cada uno de los seis tratamientos contó con siete repeticiones de diez aves cada repetición. Las 42 jaulas donde se alojaron las codornices fueron instaladas dentro de una nave avícola de 8 x 8 m, con ventanas de persianas y cortinas de lona para el control de la ventilación. La temperatura se controló con criadoras y calentador eléctrico y la iluminación se hizo con reflectores de 200 watts. Para determinar las curvas (proteína, grasa y emplume) se hicieron sacrificios cada seis días hasta los 36 días de edad. Se elaboraron las dietas a base de maíz

blanco, harina de soya, harina de pescado y gluten de maíz, formuladas a 20, 22 y 24% de proteína con 2900 y 3200 kcal. de EM/kg, con empleo de los aminoácidos cristalinos más limitantes (lisina, metionina, treonina y triptofano) para cubrir el nivel recomendado por el NRC (1994). Los ingredientes fueron sometidos a análisis de proteína y aminoácidos antes de la elaboración de las dietas, las cuales se muestran en el Cuadro 4 y cuyo análisis calculado y determinado aparece en el Cuadro 5. Las mediciones se realizaron el primer día y después cada seis días. La medición del consumo total de alimento se hizo diariamente, pesando el rechazo. Para la determinación de la **composición corporal**, las aves se sacrificaron (una de cada réplica) cada seis días: fueron pesadas (total), desplumadas, evisceradas, pesadas (canal), congeladas a -20°C, molidas (canal) con criba de 2/8", liofilizadas y almacenadas a menos 5°C, para procederse a realizarles la determinación de grasa por medio de la técnica en frío con cloroformo y metanol, según Folch (1959), y de proteínas por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990). Las plumas fueron secadas en la estufa durante seis horas, enfriadas en el desecador y pesadas. Los resultados de las mediciones hechas cada seis días a cada repetición fueron promediadas en las variables, deposición de proteína en la canal, deposición de grasa y eficiencia de emplume. El modelo que se utilizó para el análisis estadístico de las variables consumo total de alimento, conversión, peso corporal a los 36 días, peso de la canal a los 36 días, deposición de proteína en la canal, grasa depositada y eficiencia de emplume fue:

$Y_{ijk} = \mu + P_i + N_j + PN_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}$ , donde  $Y_{ijk}$  es igual a la media ( $\mu$ ), P es el efecto del i-ésimo nivel de proteína, N es el efecto del j-ésimo nivel de energía, PN es el efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de proteína y el j-ésimo nivel de energía y  $\varepsilon_{(ij)k}$  el error experimental, y la comparación entre medias se hizo con Tukey (SAS, 1989). Para el

análisis de varianza de las mediciones que se hicieron cada seis días en la variable **deposición de proteína en la canal** el modelo utilizado fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + P_i + N_j + PN_{ij} + R(PN)_{k(ij)} + T_k + TP_{ki} + TN_{kj} + PNT_{ijk} + \varepsilon_{(ij)klm}, \text{ donde}$$

$Y_{ijklm}$  es la respuesta, igual a la media ( $\mu$ ),  $P$  es el efecto del  $i$ -ésimo nivel de proteína,  $N$  el efecto del  $j$ -ésimo nivel de energía,  $R(PN)$  el efecto de la anidación de la repetición en el  $i$ -ésimo nivel de proteína y el  $j$ -ésimo nivel de energía durante todo el periodo y para varias mediciones,  $PN$  el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel de proteína y el  $j$ -ésimo nivel de energía,  $T$  es el efecto de la  $k$ -ésima edad, más el efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel de proteína con la  $k$ -ésima edad ( $TP$ ),  $NT$  el efecto de la interacción entre el  $j$ -ésimo nivel de energía con la  $k$ -ésima edad ( $TN$ ),  $PNT$  es la triple interacción entre los factores proteína, energía y edad, más el error experimental ( $\varepsilon$ ). La comparación entre medias de la misma edad de sacrificio, se hizo con los cuadrados mínimos de las medias para el efecto de la interacción de los factores proteína y energía. Como se describe, la variable deposición de proteína en la canal se analizó con los dos modelos.

Cuadro 4. Composición de las dietas utilizadas en los Experimentos 1, 3 y 5.

INGREDIENTES %	D I E T A S					
	1	2	3	4	5	6
MAIZ BLANCO	63.37	61.69	56.46	52.13	48.87	47.52
PASTA DE SOYA	12.22	9.83	17.31	10.51	12.17	12.73
HARINA DE SARDINA	12.00	11.28	2.75	12.00	12.00	12.00
GLUTEN DE MAÍZ	3.83	9.70	16.23	6.14	9.35	12.00
ALMIDON DE MAÍZ	00.00	0.00	00.00	4.27	3.35	1.23
ACEITE VEGETAL	4.23	3.12	2.86	10.00	10.00	10.00
CARBONATO DE CALCIO	1.98	2.02	2.11	1.90	1.94	1.97
ORTOFOSFATO	0.30	0.249	00.00	0.461	.374	0.306
L - LISINA HCL	0.00	00.00	0.031	0.00	.039	0.00
L TREONINA	0.267	0.213	0.183	0.286	0.203	0.134
DL METIONINA	.062	0.00	00.00	0.58	.002	00.00
L TRIPTOSINE	0.44	0.52	0.711	0.547	.331	0.392
PREMEZCLA *	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ANTIOXIDANTE	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
SAL	.356	.352	.339	.368	0.357	0.368

- ---\* Concentración por Kg. de alimento. Vitaminas: A, 5739 U.I.; D, 662 U. I.; E, 1.10 U. I.; K, 1.65 mg; riboflavina, 55 mg; niacina, 13.79 mg; ac. pantoténico, 6.62 mg y 1.65 mg, para cada uno de los siguientes: pantotenato de Ca, carbonato de Mg, sulfato de Mg, cloruro de K, cloruro de Na y sulfato de Zn.

**CUADRO 5.- Análisis calculado/determinado\* del contenido de nutrimentos de las dietas**

<b>NUTRIMENTO/dieta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 **</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Proteína cruda %</b>	<b>20.0</b> 20.32	<b>22.0</b> 22.15	<b>24.0</b> 24.12	<b>20.0</b> 20.28	<b>22.0</b> 22.14	<b>24.0</b> 24.22
<b>EM kcal/kg.</b>	<b>2900</b>	<b>2900</b>	<b>2900</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>
<b>Lisina %</b>	<b>1.296</b> 1.27	<b>1.293</b> 1.32	<b>1.293</b> 1.37	<b>1.302</b> 1.32	<b>1.286</b> 1.35	<b>1.337</b> 1.36
<b>Treonina %</b>	<b>1.009</b> 0.98	<b>1.013</b> 1.11	<b>1.013</b> 1.15	<b>1.011</b> 1.12	<b>1.013</b> 1.12	<b>1.012</b> 1.17
<b>Metionina %</b>	<b>.5</b> 0.489	<b>.5</b> 0.518	<b>.5</b> 0.535	<b>.5</b> 0.50	<b>.5</b> 0.516	<b>.5</b> 0.522
<b>Cistina %</b>	<b>.328</b> 0.32	<b>.358</b> 0.44	<b>.386</b> 0.44	<b>.329</b> 0.37	<b>.331</b> 0.38	<b>.382</b> 0.46
<b>Triptofano %</b>	<b>0.22</b> 0.218	<b>.22</b> 0.227	<b>.22</b> 0.237	<b>.22</b> 0.23	<b>.22</b> 0.23	<b>.22</b> 0.22
<b>Arginina %</b>	<b>1.125</b> 1.17	<b>1.390</b> 1.37	<b>1.376</b> 1.34	<b>1.36</b> 1.33	<b>1.336</b> 1.30	<b>1.382</b> 1.32
<b>Ac. linoleico %</b>	<b>2.879</b>	<b>2.211</b>	<b>2.054</b>	<b>4.131</b>	<b>4.071</b>	<b>4.047</b>
<b>Calcio %</b>	<b>.879</b>	<b>.787</b>	<b>.782</b>	<b>.794</b>	<b>.769</b>	<b>.764</b>
<b>Fósforo %</b>	<b>.694</b>	<b>.632</b>	<b>.648</b>	<b>.647</b>	<b>.636</b>	<b>.635</b>
<b>Sodio %</b>	<b>.166</b>	<b>.151</b>	<b>.153</b>	<b>.160</b>	<b>.157</b>	<b>.163</b>

\*\* Recomendación del NRC (1994)

\* En la "Experimental Station Chemical Laboratories", Columbia, Missouri, 65211, USA con HPLC.



**5.5.1 Curvas de comportamiento.** En este Experimento, con el fin de encontrar una mejor explicación de las respuestas observadas, se analizaron detalladamente las curvas de comportamiento en cada una de las variables a través del tiempo (edad). Para ello se elaboraron curvas normales de las medias de cada seis días (no se presentan las gráficas) y posteriormente, por medio de regresión, se encontraron las curvas de las ecuaciones lineales y cuadráticas (SAS, 1989). A los comportamientos cuadráticos se les determinó el punto de inflexión (edad) con la **primera derivada** de acuerdo a Fuenlabrada (1995). Este procedimiento es útil, ya que de forma precisa indica el valor de X (edad) donde la curva sufre un cambio (inflexión) de concavidad como respuesta al tratamiento. De tal manera, el criterio fue que conforme dicho punto estuviera más hacia la izquierda (a más corta edad), mejor sería el tratamiento durante ese período. Después de esta edad (inflexión) se analizó la persistencia de la respuesta y se comparó en cada edad entre tratamientos (ANDEVA), con el fin de poder determinar un cambio de dieta en caso de que un mismo tratamiento no dominara la prueba durante todos los 36 días. En el Cuadro 6 se resume la metodología empleada para cada uno de los experimentos y el objetivo de cada uno de ellos.

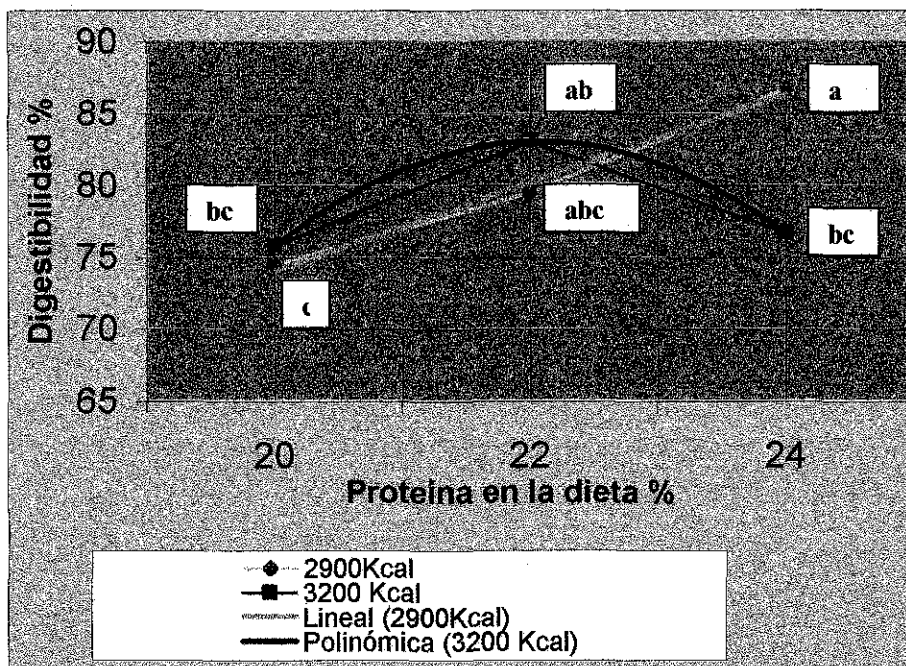
**CUADRO 6.- Resumen de la metodología en el trabajo experimental**

<b>Experimento</b>				
<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Diseño</b>	<b>Modelo <math>Y = \mu +</math></b>	<b>Obs.</b>
1	Determinación de la digestibilidad verdadera de la proteína en gallos	Cuadrado latino (6 x 6) con arreglo factorial, tres niveles de proteína y dos de energía	+ $T_i$ (trat.) + $R_j$ (periodo) + $U_k$ (unidad) + E (energía) + P (proteína) + PxE (interacción) + $E_{(k)}$ (error)	Se evaluaron las 6 dietas del experimento 5 (cuadro 4). Alimentación precisa como Sibbald (1979).
2	Determinación de digestibilidad aparente de la proteína y secreción endógena, en codornices	Completamente aleatorio y regresión lineal al intercepto	+ $T_i$ (trat.)  + $E_{(k)}$ (error)	Dieta diluida con almidón; 5, 10, 15, 20, 25, y 30% de proteína (6 niveles de proteína)
3	Digestibilidad verdadera de la proteína en codorniz	Completamente aleatorio con arreglo factorial.	+ E (energía) + P (proteína) + PxE (interacción) + $E_{(k)}$ (error)	Con Cr. Se evalúan las 6 dietas del cuadro 5
4	Comparación de la digestibilidad verdadera de la proteína entre gallos y codorniz	Prueba de "t"	+ $T_i$ + $e_{(i)}$	Se realizó con la dieta 5 del Cuadro 4 (22% de proteína y 3200 kcal. de EM/Kg.)
5	Desempeño productivo de la codorniz bajo diferentes niveles de proteína energía y aminoácidos en la dieta	Aleatorio con arreglo factorial de 3 niveles de proteína y 2 de energía y edad (tiempo) como subparcela	+ P (prot.) + $E_j$ (energía) + $PE_{ij}$ + $T_k$ (edad) + $R_{(ij)}$ + $PT_{ik}$ + $ET_{jk}$ + PET + $e_{ijkl}$	Prueba de comportamiento Variable: deposición de proteína en la canal con mediciones cada seis días hasta los 36 días de edad
		Aleatorio con arreglo factorial	+ P (prot.) + $E_j$ (energía) + $PE_{ij}$ + $e_{ijkl}$	Variables: consumo conversión, deposición de proteína, deposición de grasa, eficiencia de emplume, peso de la canal y peso corporal

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**6.1 Experimento 1.** Se encontró una digestibilidad verdadera media del 79.35% y hubo diferencia estadística ( $p < .05$ ) entre dietas al hacer la comparación de los porcentajes de las digestibilidades transformados (arco seno). Se observó que el nivel de proteína en la dieta y la interacción de ésta con el nivel de energía fueron significativas ( $P < .05$ ). En el Apéndice B se presenta el análisis de varianza. La digestibilidad verdadera de la proteína en las dietas con 2900 Kcal. de EM/kg se incrementó linealmente ( $P < .0149$ ) conforme aumentó el nivel de proteína de 20 a 24%. Por su parte, la digestibilidad de las tres dietas con 3200 Kcal. de EM/kg fue similar ( $P > .05$ ), y el contraste proteína lineal y energía lineal fue significativo a  $P < .06$ .

**Gráfica 1.** Digestibilidad verdadera de la proteína en el Experimento 1.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En el Cuadro 7 se presenta la digestibilidad de las dietas y considerando cada una de las líneas independientemente (Anderson y Mclean, 1995), en la Gráfica 1, se observa que la naturaleza de la respuesta es lineal con el nivel de energía de 2900 Kcal de EM ( $Y=312+.036X$ , con una  $R^2=.37$ ) y que la curva de respuesta para el nivel de 3200 Kcal. de EM, es cuadrática ( $Y=-10.76+11.081X-.024X^2$ ,  $R^2=.19$ ). Ahora bien, los pobres coeficientes de regresión se explican por la interacción (lineal  $P<.06$ ), en donde la diferencia entre niveles de energía, en respuesta a la proteína, se nota solo al 24%.

**Cuadro 7.** Digestibilidad verdadera en heces de la proteína de las dietas de la prueba de comportamiento en codornices.

Dieta			Promedio
Proteína %	E M kcal/Kg.		
	2900	3200	
20	74.46 <sup>c</sup>	75.81 <sup>bc</sup>	75.13
22	79.43 <sup>abc</sup>	83.07 <sup>ab</sup>	81.25
24	86.67 <sup>a</sup>	76.69 <sup>bc</sup>	81.68
Promedio	80.17	78.52	<b>79.35 **</b>

a, b, valores con diferente literal son diferentes  $P<.05$

\*\* EEM = 2.53

**6.1.1 Determinación de la proteína de origen endógeno.** Los cinco gallos que se utilizaron para medir la proteína de origen endógeno produjeron 1.5159 g de proteína en heces, en promedio, por gallo en 48 horas.

Con el método de (Sibbald y Morse, 1983) de alimentación precisa (30 g) y en virtud de que en este estudio el cálculo de digestibilidad verdadera se corrigió con un endógeno (alto) determinado con gallos en ayuno, es probable que la tendencia a aumentar en forma lineal la digestibilidad, observada con dietas bajas en energía, siga la misma respuesta al probarse niveles más altos de proteína, debido a que la excreción de proteína de origen endógeno es mayor conforme aumentan las condiciones de estrés en un ayuno prolongado (subalimentación) (Bielorai y Josif, 1987). Muztar y Slinger, (1977) y Farrel (1981), consideran que es falso que dicha excreción sea independiente de la presencia o no de digesta en el lumen intestinal. En comparación con otros métodos, se debe considerar que en aves, la degradación de la digesta por la microflora en el intestino grueso es poco importante (Bielorai y Josif, 1987), por esto las diferencias entre digestibilidad ileal y fecal también son muy pequeñas: algunos investigadores han encontrados ligeras diferencias, como Han y Parsons (1990), que reportan que gallos cecotomizados presentan una digestibilidad menor que gallos intactos cuando utilizan dietas a base de productos de origen animal. Estos autores resaltan que es una diferencia muy pequeña, pero significativa. Finalmente la digestibilidad media obtenida en esta prueba (79.35%) con gallos Leghorn para este tipo de dietas concuerdan con los reportes de Han y Parsons (1990), NRC (1994) y Hew Li et al. (1997), estableciéndose así una base firme y confiable para utilizar las dietas en la prueba de comportamiento de codornices (Experimento 5).

**6.2 Experimento 2.** Se observó que la proteína no digerida en heces aumentó conforme aumentó el nivel de proteína en la dieta. Con estos datos, por regresión (Gráfica 3) se creó la ecuación lineal que permitió **predecir** la cantidad de proteína de origen endógeno en heces y se encontró que las codornices de veinte días de edad excretan en heces 897.3 mg de ese tipo de proteína, en el periodo de tiempo que consume 100 g de dieta, cuando ésta contiene entre 10 y 30% de proteína. La determinación de la digestibilidad verdadera en heces de la proteína de las mismas dietas de este experimento (Cuadro 8) indica que hay una digestibilidad media de **81.37%** para las cinco dietas y únicamente la dieta con 25% de proteína tuvo una digestibilidad menor ( $P < .05$ ) y la dieta con 30% presentó una digestibilidad intermedia.

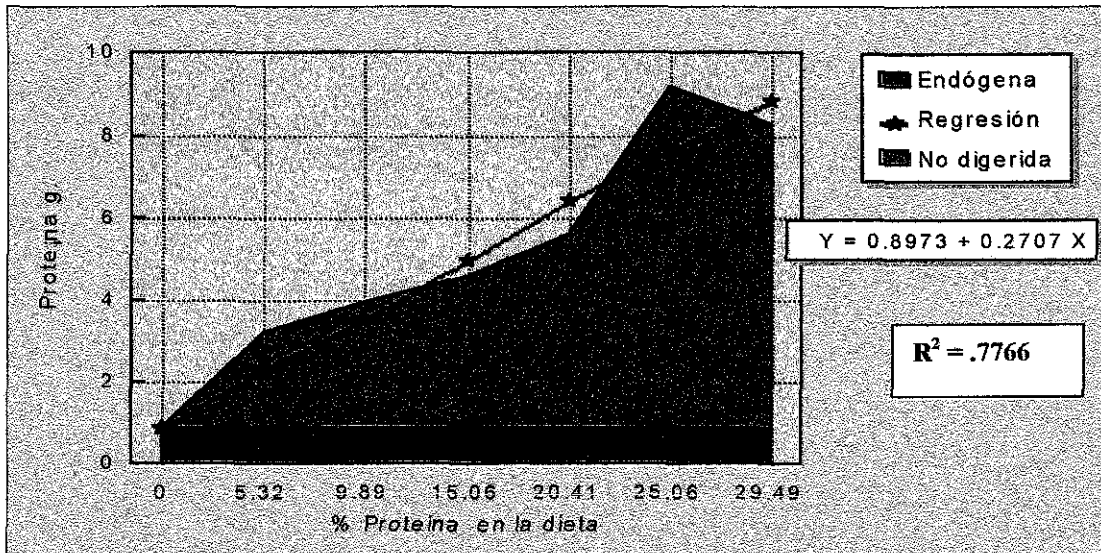
**CUADRO 8** Digestibilidad verdadera de la proteína y secreción de proteína endógena en codornices de 20 días de edad

Nivel de Proteína en la dieta %	Proteína no digerida más secreción endógena, g (Medias)	Digestibilidad * %
5.00	ND**	ND**
10.00	3.920	84.45 <sup>a</sup>
15.00	4.562	85.56 <sup>a</sup>
20.00	5.11	84.74 <sup>a</sup>
25.00	9.197	72.41 <sup>b</sup>
30.00	8.264	79.73 <sup>ab</sup>
		<b>Media = 81.37</b>

Diferente literal indica diferencia (Tukey,  $P < .05$ )

\*\* No se pudo determinar

**Gráfica 2 .** Ecuación de regresión para la proteína excretada en heces en codorniz de 20 días de edad.



La determinación de la secreción de proteína endógena por el método de regresión es un procedimiento que se asemeja más a una situación fisiológica normal de las aves, debido a que elude una serie de situaciones de otros métodos que han sido seriamente criticadas por los investigadores en nutrición de cerdos y aves. Este método permite libre consumo de alimento, se evita el estrés que producen los ayunos prolongados, de subalimentación y de alimentación precisa; además, permite usar tratamientos con niveles de proteína más altos y más bajos con respecto a los requerimientos. También facilita el uso de dietas con los mismos ingredientes y en las mismas proporciones y permite el uso del mismo ingrediente para la dilución de la dieta principal con la que se obtienen los tratamientos restantes. Todo esto elimina efectos confundidos por tratamientos cuando se utilizan otros métodos. El uso de almidón de maíz para diluir la proteína tiene un efecto favorable en las dietas bajas en proteína, debido a que

aporta energía de forma inmediata, que compensa parcialmente el déficit de energía que se produce al no haber una degradación normal de aminoácidos de la dieta, cuando estos aminoácidos se desaminan para la obtención de energía; sin embargo la situación, de alta energía y poca proteína afecta negativamente el consumo. En este trabajo se eliminaron del cálculo los resultados de la dieta con 5.32% de proteína, ya que en ella se registraron consumos casi nulos. Partiendo del hecho de que cuatro de las cinco dietas fueron igualmente digestibles y que los consumos fueron diferentes ante niveles de proteína diferentes, estos datos concuerdan con los observados por Sibbald (1979), quien concluye que la digestibilidad verdadera es independiente del nivel de consumo y, que por lo tanto, esa situación le da validez al método de **regresión** en la determinación de la proteína de origen endógeno.

La cantidad de proteína de origen endógeno (897.3 mg) por cada 100 gramos de materia seca consumida por las codornices y determinada por regresión lineal resultó más alta que la de gallos determinada en el Experimento 1. No se encontraron reportes relacionados con secreción endógena en codorniz que permitieran tener un punto de comparación y discusión. Este mismo dato permitió ajustar el cálculo para obtener la digestibilidad fecal verdadera de las dietas usadas en la regresión, obteniéndose una media de 81.37%. Es de gran importancia y urgencia la determinación de las digestibilidades verdaderas de la proteína, aminoácidos y energía de los ingredientes utilizados en la alimentación de codorniz con el fin de que esta especie avance paralelamente al pollo de engorda y aves ponedoras, ya que representa un nicho comercial e industrial que está cobrando mucha importancia.



### 6.3 Experimento 3 .

#### 6.3.1 Digestibilidad verdadera de la proteína en codorniz

El Cuadro 9 presenta los datos de la digestibilidad verdadera de la proteína de las seis dietas empleadas en codorniz de 20 días de edad. En el Apéndice C se presenta el análisis de varianza. La interacción entre los factores proteína y energía fue significativa ( $p < .05$ ), dando significativo también el contraste en términos de “proteína cuadrático por energía lineal”. Las ecuaciones de las respuestas dentro de cada nivel de energía se presentan en la Grafica 3. Se aprecia que los niveles de proteína dentro de cada nivel de energía ocasionan una respuesta de tipo cuadrático ( $P < .05$ ,  $r^2 = .68$  para 2900 y  $r^2 = .63$  para 3200 Kcal de EM/kg). Se puede notar también que las dietas con 24% de proteína y la dieta con 22% y 2900 Kcal. de EM/Kg. tuvieron una mejor digestibilidad, similar entre ellas, pero diferente ( $p < .01$ ) de las demás.

**CUADRO 9.** Digestibilidad verdadera de la proteína, en codorniz de 20 días de edad.

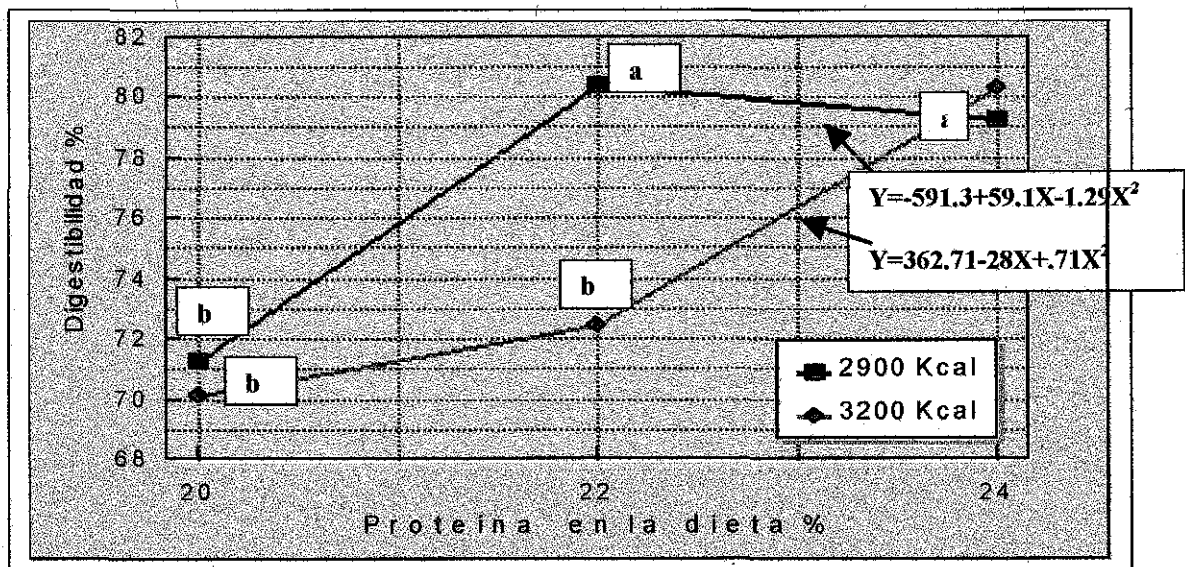
Dieta			Promedio ± EEM
Proteína, %	EM Kcal /kg		
	2900	3200	
20	71.25 <sup>b</sup>	70.13 <sup>b</sup>	70.69 1.54
22	80.36 <sup>a</sup>	72.50 <sup>b</sup>	76.43 1.54
24	79.24 <sup>a</sup>	80.31 <sup>a</sup>	79.77 1.54
Promedio	76.95 *	74.31*	

a, b Diferente literal indica diferencia estadística  $P < .05$ , \*± EEM=1.54

Lo importante que se observa en los resultados es que en ambos niveles de energía la digestibilidad mejoró de forma significativa conforme aumentó la proteína en la dieta de 20 a 24%, sin embargo lo hace primero la dieta baja en energía, ocasionando que con 22% de proteína sea menos digestible ( $P < .05$ ) la dieta alta en energía. Esto lo confirma los

similares coeficientes de regresión en ambas ecuaciones. Esta diferencia observada en este nivel de proteína guarda una relación directa con el consumo que se reporta en el Cuadro 9, mientras que en los niveles de 20 y 24% de proteína no se tiene dicha relación, ya que las digestibilidades son iguales y los consumos diferentes.

**Gráfica 3.** Digestibilidad verdadera en heces, de la proteína de las dietas de codorniz, en codorniz de 20 días de edad.



**6.3.2 Consumo de alimento.** De acuerdo al análisis de varianza (Apéndice D), el único factor que afectó de forma significativa el consumo fue la energía ( $p < 0.05$ ) en la dieta; ni el nivel de la proteína ni la interacción de los factores modificaron esta variable. El consumo fue mayor ( $P < 0.05$ ) en las dietas con 2900 Kcal de EM/Kg. (35.33 %), mientras que las dietas con 3200

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Kcal presentaron un consumo de 29.33% (EEM= $\pm$  1.91). Este mismo efecto de la energía sobre el consumo se ha detectado en la mayoría de los trabajos de investigación, cuando se ofrecen dietas excesivamente bajas en energía las especies consumen hasta forzar su capacidad digestiva, sin lograr obtener la energía requerida. En el otro extremo, dietas excesivamente energéticas deprimen el consumo, por lo tanto, también la ingestión de nutrientes para un buen desempeño biológico. En este caso es muy importante resaltar, como se verá mas adelante, que el nivel bajo de energía utilizado en este trabajo ha favorecido la digestibilidad y el consumo y ambos niveles han sido suficientes para una buena producción.

#### **6.4 Experimento 4.**

La comparación entre codornices y gallos para la digestibilidad fecal verdadera de la proteína de una dieta con 22 % y 3200 Kcal. de EM/kg indicó diferencia estadística ( $P < 0.05$ ), siendo de 64.08% para gallos y de 73.27% para codornices. La codorniz presentó una digestibilidad 9 puntos porcentuales mayor para dicha dieta. Mohamed et al. (1986) compararon pollos con patos y encontraron diferencias significativas (de 1.5 a 3 puntos porcentuales) para la digestibilidad verdadera de lisina, treonina y arginina. Esta prueba con codorniz corrobora el hecho de una mejor eficiencia que favorece la acelerada tasa de crecimiento característica de la codorniz, que presenta un mejor aprovechamiento del alimento y alto requerimiento de nutrientes, lo que le permite terminar su desarrollo y lograr una madurez sexual a los 45 días de edad.

## 6.5 Experimento 5

**6.5.1 Consumo de alimento.** El consumo se vio afectado por los factores y la interacción (Apéndice F) de éstos. En el Cuadro 10, se puede notar que los consumos más altos correspondieron a las dietas con 22 y 24 % de proteína con una energía de 2900 Kcal/kg de EM y 22% con 3200 Kcal., y el menor consumo fue para la dieta de 20% de proteína y energía de 3200 Kcal/Kg.

**Cuadro 10.** Alimento total consumido y conversión alimenticia de codorniz durante los primeros 36 días de edad

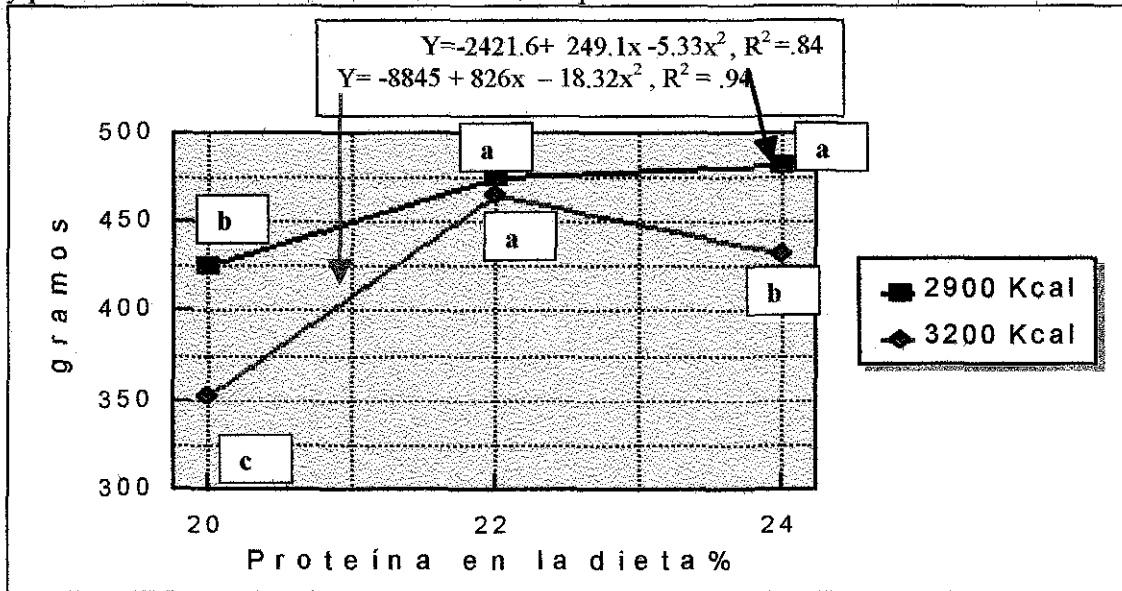
PROTEINA EN LA DIETA, %	ENERGÍA EN LA DIETA Kcal/KG					
	Consumo, g			Conversión		
	2900	3200	Promedio *	2900	3200	Promedio **
<b>20</b>	425.5 <sup>b</sup>	352.4 <sup>c</sup>	388.95	<b>2.27<sup>a</sup></b>	<b>2.31<sup>a</sup></b>	<b>2.29</b>
<b>22</b>	475.2 <sup>a</sup>	465.8 <sup>a</sup>	470.5	<b>2.33<sup>ab</sup></b>	<b>2.27<sup>a</sup></b>	<b>2.30</b>
<b>24</b>	482.3 <sup>a</sup>	432.6 <sup>b</sup>	457.45	<b>2.37<sup>b</sup></b>	<b>2.29<sup>a</sup></b>	<b>2.32</b>
<b>Promedio</b>	461	416.93	438.96	<b>2.32</b>	<b>2.29</b>	

----- Dentro de la misma variable es diferente (  $P < .05$ ) con diferente literal

EEM: \*± 4.32 y \*\*± 0.0130

En la Gráfica 4 puede apreciarse que las curvas de respuesta para el efecto del nivel de la proteína dentro de cada nivel de energía, fueron de tipo cuadrático, con una  $r^2$  muy alta, mientras que la interacción se explica con la menor ( $P < .05$ ) digestibilidad encontrada en los extremos de la curva del nivel de 3200 Kcal, con respecto a las dietas con el mismo nivel de proteína.

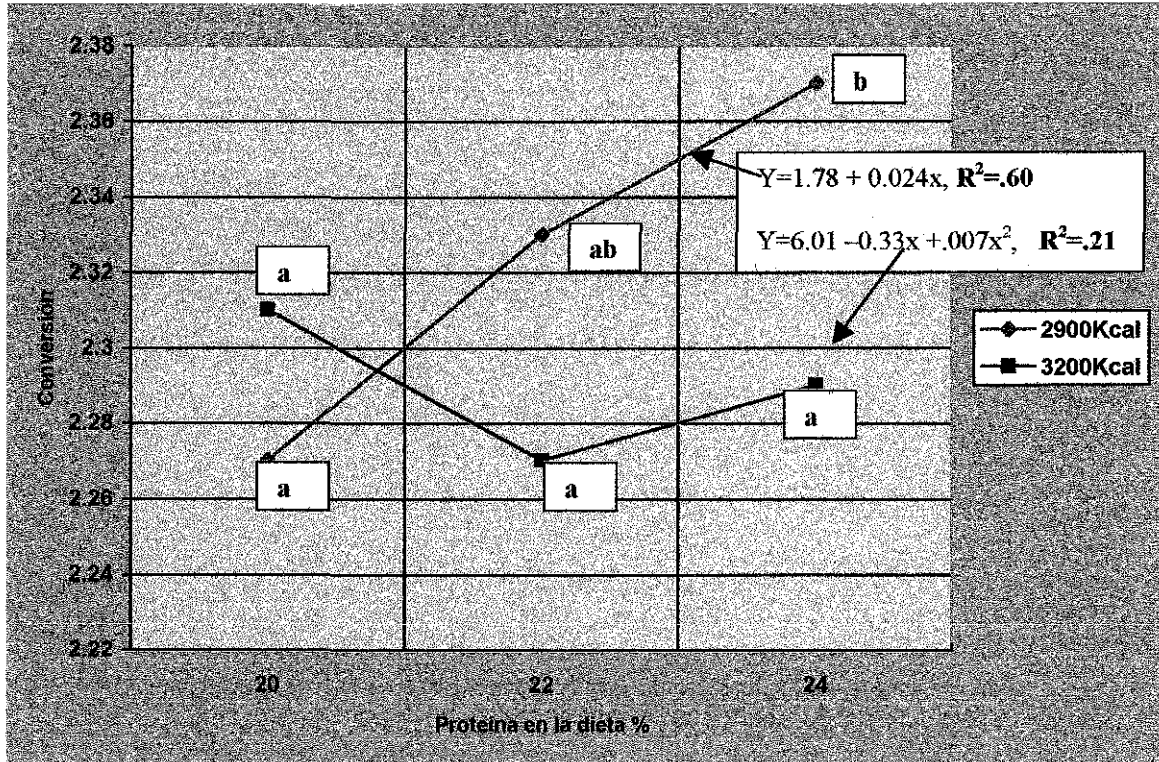
**Gráfica 4.** El consumo de alimento como resultado del efecto de la concentración de energía y proteína en las dietas de codorniz durante los primeros 36 días de vida.



**6.5.2 Conversión alimenticia.** En relación a esta variable la interacción ( $p < .05$ ) de los factores proteína y energía fue significativa. El análisis de varianza se presenta en el Apéndice G. La mejor ( $P < .05$ ) eficiencia se encontró en la dieta con 24% de proteína y con 2900 Kcal. de EM/Kg similar a la dieta con la misma energía pero con 22% de proteína y diferente al resto de los tratamientos. Es importante notar que la naturaleza de la respuesta de esta variable dentro del nivel de energía de 2900 Kcal de EM tuvo un comportamiento lineal ( $p < .05$ ), con un coeficiente de regresión de .60; es decir, el incremento en el nivel de proteína afectó positivamente la conversión alimenticia (negativamente a la eficiencia de uso del alimento). En cambio para el nivel de 3200 Kcal. la respuesta fue cuadrática. Las curvas de respuesta y las ecuaciones correspondiente a cada nivel de energía se presentan en la Gráfica 5. El bajo coeficiente de regresión para el desempeño dentro del nivel de 3200 Kcal. se debe a que no hubo diferencias estadísticas entre niveles de proteína dentro de dicho nivel de energía.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Gráfica 5.** Conversión alimenticia en codorniz durante los primeros 36 días de edad dependiendo del nivel de proteína y energía.



El nivel de proteína en las dietas dentro del nivel bajo en energía jugó un papel similar y determinante sobre el aumento del **consumo y la conversión alimenticia**, afectando a ambas variables de forma positiva, es decir en este nivel de energía (2900 Kcal EM/kg) la dieta con 24% de proteína mejoró el consumo con respecto a la de 20%, pero afectó negativamente la eficiencia alimenticia, al aumentar la conversión. En las dietas con 3200 Kcal de EM/kg el consumo fue menor ( $P < .05$ ) cuando el nivel de proteína fue de 20 y 24%, y cuando fue de 22% el consumo fue similar. Como se ve en este experimento, en codorniz los mejores consumos no corresponden a la mejor utilización del alimento, sino al contrario. Sin embargo, resulta interesante notar que el **peso corporal** a los 36 días de edad en esta trabajo dependió del nivel de **consumo**, teniendo ambas variables una misma distribución en la comparación

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

estadística. Esto se puede ver claramente en las Gráficas 4 y 6, y un poco menos claro para la variable deposición de proteína en la canal (Gráfica 7), pero en general el mismo comportamiento.

**6.5.3 Peso corporal a los 36 días de edad.** Según el análisis de varianza que se presenta en el Apéndice H, se encontró que las diferencias observadas se debieron a los niveles de los factores y a la interacción de éstos. Los pesos de las aves se presentan en el Cuadro 11. Lograron pesos más altos ( $P < .05$ ) las aves de las dietas con 22 y 24% de proteína con 2900 Kcal/Kg y 22% de proteína con 3200 Kcal/Kg.; el más bajo peso corporal a los 36 días de edad se observó con la dieta con 20% de proteína y 3200 Kcal/Kg. En la Gráfica 6 se ilustra dicho comportamiento.

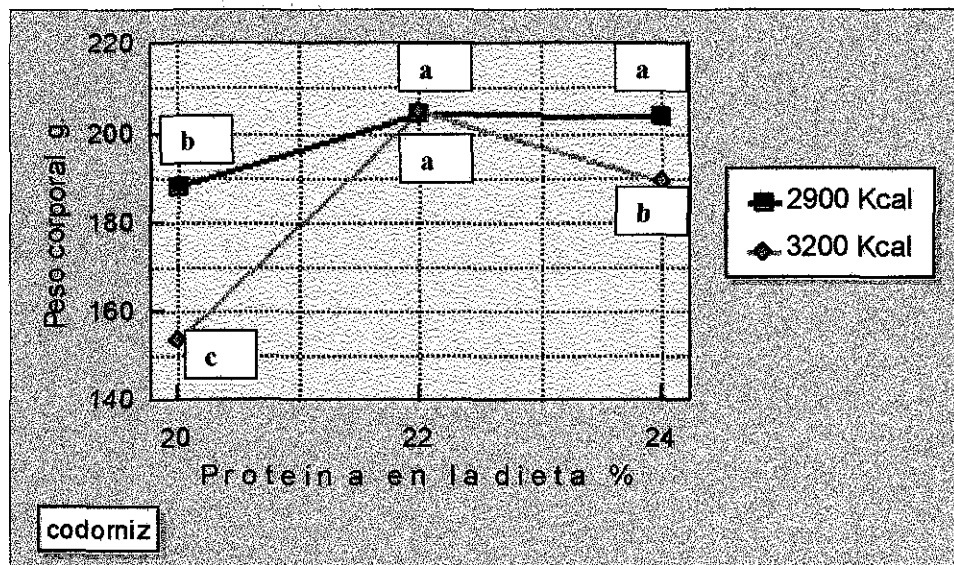
**Cuadro 11.** Peso corporal de codorniz a los 36 días de edad, según nivel de proteína y energía en la dieta

% de proteína en la dieta	EM Kcal/kg .		Promedio
	2900	3200	
20	187.9 <sup>b</sup>	153.6 <sup>c</sup>	170.8 *
22	204.5 <sup>a</sup>	205.2 <sup>a</sup>	204.8
24	203.9 <sup>a</sup>	189.2 <sup>b</sup>	196.5
<b>Promedio</b>	198.8 **	182.7	

Datos con diferente literal son diferentes estadísticamente ( $P < .01$ ).

\*\* EEM  $\pm 1.65$  \* EEM  $\pm 2.031$

**Gráfica 6.** Efecto del nivel de proteína y energía en la dieta, sobre el peso corporal final de codorniz a los 36 días de edad.



#### 6.5.4 Peso de la canal a los 36 días de edad.

En el Apéndice I se muestra el análisis de varianza. La respuesta se debió ( $P < 0.05$ ) tanto a los factores como a la interacción de éstos. La mejor respuesta a esta variable se tuvo con ambas dietas de 22% de proteína y con la dieta de 20% de proteína y una EM de 2900 Kcal/Kg, superior ( $P < 0.05$ ) a las dietas con 24% de proteína. El menor peso de la canal y diferente ( $P < 0.05$ ) a los demás tratamientos correspondió a la dieta alta en energía y baja en proteína, que produjo canal con un peso promedio de 106.9 gramos (Cuadro 12).

El peso corporal y peso de la canal son sin duda las variables de mayor importancia económica para el avicultor. Resultan éstas de la síntesis de tejido muscular que se va acumulando durante el proceso de desarrollo y secundariamente del almacenamiento de grasa en el tejido adiposo y dependen de las necesidades de nutrientes del animal y de las características de la dieta. Estas variables no sirven por sí solas para explicar de forma



acertada el desempeño biológico de una especie. Dicha evaluación es más congruente a partir de variables como deposición de proteína, grasa y eficiencia de emplume. Para efectos del presente trabajo fue prioritaria la observación y análisis de la deposición de proteína como indicador de desempeño biológico y dicho objetivo se logró y se sustentó a partir del resto de las variables, de tal manera que resulta imposible discutir las de forma independiente, sino unas en función de las otras.

**Cuadro 12.** Peso de la canal a los 36 días de edad, de codornices alimentadas con dietas con diferentes niveles de proteína y energía.

% de proteína en la dieta	Energía en la dieta Kcal.		Promedio
	2900	3200	
20	125.8 <sup>a</sup> *	106.9 <sup>c</sup> *	116.4
22	124.7 <sup>a</sup>	128.5 <sup>a</sup>	126.6
24	118.8 <sup>b</sup>	116.1 <sup>b</sup>	117.4
<b>Promedio</b>	123.1	117.2	

a,b,c datos con diferente literal son diferentes estadísticamente ( $P < .05$ ). \* EEM  $\pm$  0.519

**6.5.5 Deposición de proteína en la canal.** En el Cuadro 13 se muestra que el mejor desempeño biológico, expresado como la máxima síntesis de tejido muscular, fue para las dietas con 22 y 24 % de proteína y 2900 Kcal de EM/kg, con una deposición de 18.2 y 17.7, similares estadísticamente entre sí ( $P > .05$ ), y diferentes a la depositada por las dietas con 24 % y 22% de proteína con 3200 Kcal y 20% de proteína con 2900 Kcal. que acumularon 16.9, 16.6 y 16.5 gramos de proteína en la canal. El más bajo desempeño biológico por la

mínima deposición de proteína (estadísticamente diferente a los anteriores) fue para la dieta con 20% de proteína y 3200 Kcal., que únicamente logró depositar 14.5 g de proteína. Es importante mencionar que los factores energía y proteína y su interacción afectaron (Apéndice J) significativamente ( $P > 0.05$ ) la variación en la deposición de proteína en la canal.

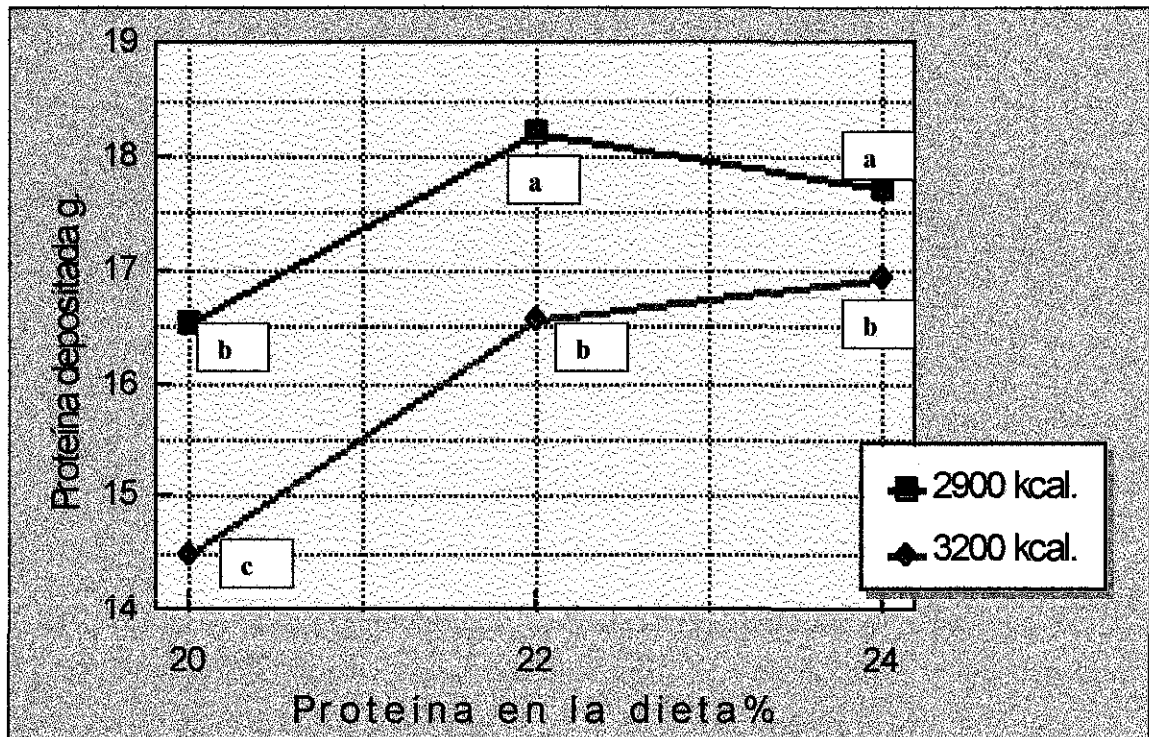
**Cuadro 13.** Proteína depositada en canal de codorniz (gramos), dependiendo del nivel de proteína y EM/kg en la dieta.

Proteína en la dieta	EM kcal/kg		Promedio
	2900	3200	
20	16.5 <sup>b</sup> **	14.5 <sup>c</sup>	15.5
22	18.2 <sup>a</sup>	16.6 <sup>b</sup>	17.4
24	17.7 <sup>a</sup>	16.9 <sup>b</sup>	17.3
<b>Promedio</b>	17.46	16.0	

Literal diferente corresponde a diferencia estadística a ( $P < 0.05$ ). \*\*EEM  $\pm 0.254$

Depositaron más ( $P < 0.05$ ) proteína en la canal a los 36 días de edad las dietas con el nivel más bajo de energía en cada uno de los niveles de proteína (Gráfica 7).

**Gráfica 7.** Efecto del nivel de proteína y energía en la dieta sobre la deposición de proteína en la canal de codorniz, media de las medias de cada seis días hasta los 36 días de edad.



En el Cuadro 14 se presenta la comparación entre tratamientos de las medias de la proteína depositada (acumulada) en la canal, cada seis días hasta los 36 días de edad, como resultado del efecto del nivel de proteína y energía en la dieta. El análisis de varianza se encuentra en el Apéndice M. Esto permite apreciar qué dieta presenta una deposición significativa a través del tiempo ó edad de las aves. A los seis días de edad, la mejor deposición de proteína correspondió a la dieta con 20% de proteína y 2900 Kcal de EM/Kg, en el sacrificio de los 12, 18 y 24 días de edad la mejor deposición de proteína fue con la dieta de 22% de proteína y 2900 Kcal. de EM/Kg, a los treinta días de edad las dietas con 20 y 22% de proteína y 2900 Kcal de EM/Kg y la de 24% de proteína cruda y 3200 Kcal. de EM/Kg

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

depositaron la mayor ( $P>.05$ ) cantidad de proteína. Finalmente a los 36 días de edad la mayor deposición de proteína correspondió a la dieta con 24% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg.

**Cuadro 14.** Diferenciación de las medias de **proteína depositada en la canal** (g) de codorniz a diferentes edades hasta los 36 días de edad.

Dieta		E D A D (días)					
Proteína %	EM Kcal/Kg.	6	12	18	24	30	36
20	2900	4.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>c</sup>	8.0 <sup>d</sup>	14.1 <sup>bc</sup>	27.0 <sup>a</sup>	39.1 <sup>bc</sup>
22	2900	3.3 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	18.1 <sup>a</sup>	28.8 <sup>a</sup>	39.0 <sup>bc</sup>
24	2900	3.8 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	17.6 <sup>a</sup>	24.7 <sup>b</sup>	41.4 <sup>a</sup>
20	3200	3.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>d</sup>	9.0 <sup>cd</sup>	12.9 <sup>c</sup>	22.8 <sup>b</sup>	33.6 <sup>d</sup>
22	3200	3.3 <sup>b</sup>	6.9 <sup>ab</sup>	9.7 <sup>c</sup>	15.4 <sup>b</sup>	22.8 <sup>b</sup>	41.0 <sup>ab</sup>
24	3200	4.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>bc</sup>	8.4 <sup>d</sup>	16.9 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	38.1 <sup>c</sup>

Promedios con diferente literal en la misma columna son diferentes ( $P<.05$ ).

#### 6.5.5.1 Curvas de deposición de proteína

La respuesta fue analizada también, como ya se dijo, con el procedimiento de regresión lineal, con el fin de apreciar detalladamente a través del tiempo el comportamiento del proceso bajo cada tratamiento. Con los datos de las repeticiones con que se calcularon las medias del Cuadro 14 se determinaron las ecuaciones lineales y cuadráticas. Se observó que las ecuaciones del efecto cuadrático explicaban mejor que las del efecto lineal la deposición de proteína. Con las ecuaciones se elaboraron curvas para cada tratamiento (Gráfica 8) y se determinó (Cuadro 15) el punto de inflexión (la primera derivada de su ecuación cuadrática),

siendo éste el valor de X (edad) donde la curva modifica el sentido de su concavidad y su trayectoria hacia otra sección de la curva, donde la pendiente de su tangente es mayor (Fuenlabrada, 1995). De esta manera la verdadera utilidad del procedimiento es indicar qué tratamiento tiene un valor crítico de X (edad) como punto de inflexión más hacia la izquierda (a más temprana edad) que el resto de tratamientos.

**Cuadro 15.** Ecuaciones de respuesta de las curvas de la **deposición de proteína** en codorniz durante los primeros 36 días de edad según el nivel de proteína y energía en la dieta.

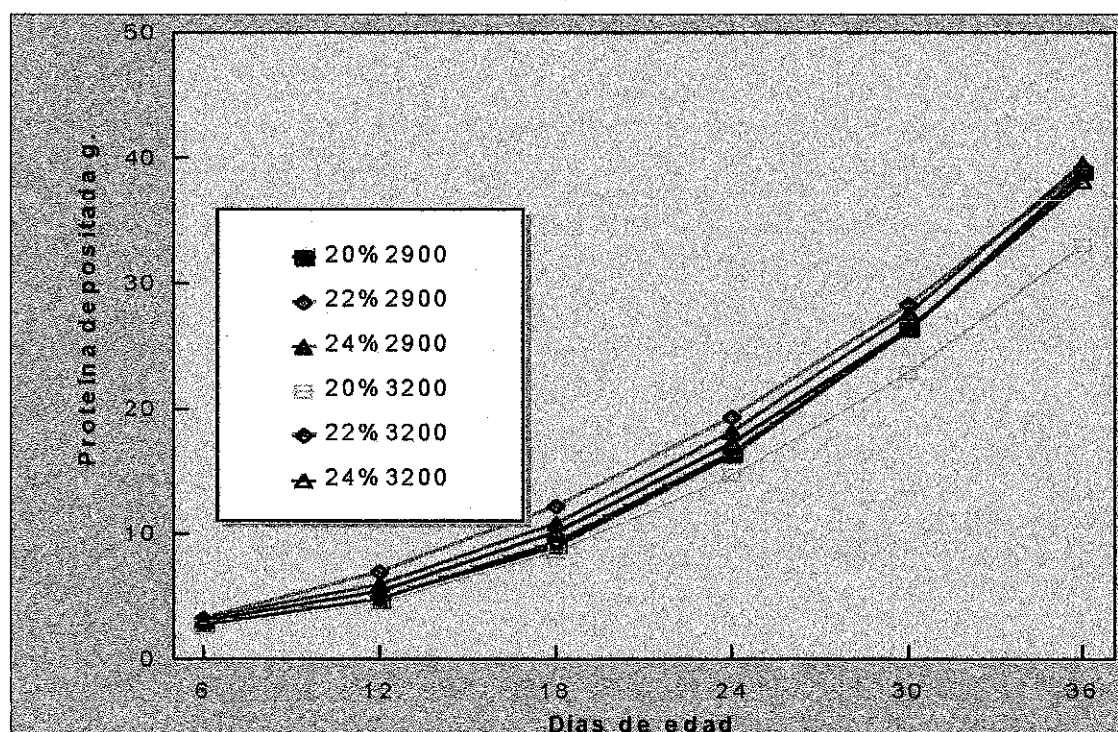
Composición de la dieta		R <sup>2</sup>	ECUACIÓN	Punto de inflexión (edad) (días)
Proteína %	EM Kcal./Kg.			
20	2900	.981	$Y = 3.535 - .370X + .037X^2$	4.94
22	2900	.993	$Y = 1.473 + .148X + .024X^2$	SI*
24	2900	.979	$Y = 2.706 - .117X + .031X^2$	1.86
20	3200	.985	$Y = 2.567 - .183X + .028X^2$	3.21
22	3200	.967	$Y = 3.198 - .313X + .036X^2$	4.34
24	3200	.985	$Y = 2.753 - .158X + .031X^2$	2.54

----- SI\* Curva sin inflexión cuando  $X > 0$  y,  $< 36$ .

En la Gráfica 8 se muestran las curvas de las ecuaciones cuadráticas de la deposición de proteína. La dieta con 22% de proteína y 2900 Kcal. de EM produjo la mejor respuesta de deposición de proteína y se explicó mejor de forma cuadrática ( $R^2=.993$ ). Sin embargo, el punto de inflexión (-3.08) de la curva a partir de su ecuación está fuera del rango de X (edad de las aves) de 0 a 36 días. Lo anterior indica también que la sección de la curva a partir del punto de inflexión hacia la derecha tiene una pendiente mayor que el resto de los tratamientos. En resumen, el punto de inflexión (SI\*) más hacia la izquierda correspondió a la

ecuación de la dieta que depositó más ( $P<0.05$ ) proteína en cuatro de las seis fechas de sacrificio, el segundo punto de inflexión (1.86) correspondió a la ecuación de la dieta que depositó más proteína en tres de las seis fechas de sacrificio. Ambos procedimientos, la comparación de medias en cada edad y el punto de inflexión de las curvas, se complementan y coinciden al señalar en cada edad la mejor respuesta.

**Gráfica 8.** Curvas de las ecuaciones cuadráticas que explican la **deposición de proteína** en la canal de codorniz los primeros 36 días de edad, según proteína y energía dietaria.

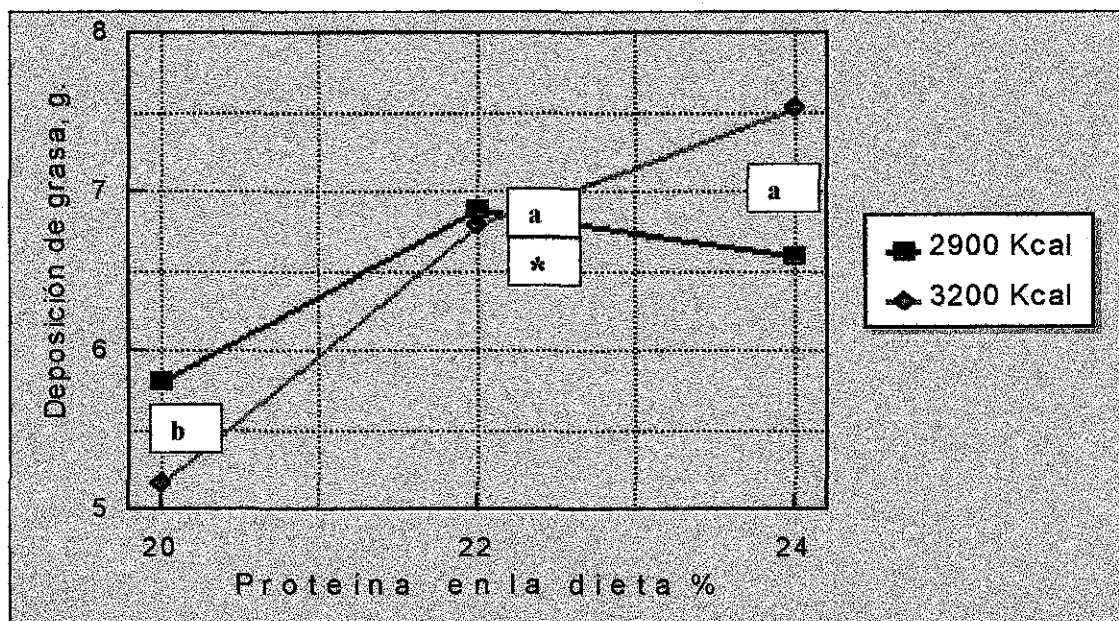


**6.5.5.2 Deposición de grasa en la canal.** No hubo efecto de interacción de los factores proteína y energía ( $P>0.28$ ); la respuesta se debió principalmente al factor proteína ( $P<0.0044$ ). El análisis de varianza se presenta en el Apéndice K. La presencia de grasa en las canales de codornices, medida cada seis días hasta los 36 días de edad, promediada, fue similar ( $P>0.05$ )

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

para ambos niveles de energía (Cuadro 16), las dietas con 20% de proteína depositaron menos grasa ( $P < 0.05$ ) que las dietas con 22 y 24% de proteína. La mayor **deposición de grasa** observada en las dietas con 22 y 24% de proteína (Gráfica 9), y la mayor **deposición de proteína** encontrada con la dieta con 22% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg (Gráfica 7), indican: Que el nivel de 22% de proteína es suficiente para un adecuado desarrollo de tejido muscular (proteína), por lo tanto que dos puntos porcentuales de las dietas de 24% equivalen a proteína que debe desaminarse con un específico gasto de energía, y a cadenas carbonadas que se depositan como tejido adiposo. Finalmente, el mejor desempeño biológico es la mayor deposición de proteína en la canal durante el desarrollo, además cierta proporción de grasa en una canal bien desarrollada puede estar relacionada con el sabor de un platillo, y tener la verdadera importancia en la salud humana, dependiendo del tipo de ácidos grasos en dieta-canal.

**Gráfica 9.** Efecto del nivel de energía y de proteína en las dietas de codorniz sobre la **deposición de grasa** en la canal, medida cada 6 días de edad hasta los 36 días y promediada.



\* la interacción de los factores "proteína\*energía" no es significativa ( $P > 0.05$ )

**Cuadro 16.** Gramos de grasa depositada en la canal de codorniz, según el nivel de proteína y energía en la dieta.

Proteína en la dieta %	Energía en la dieta Kcal.		Promedio
	2900	3200	
20	5.8	5.1	5.48 <sup>b</sup>
22	6.8	6.7	6.84 <sup>a</sup>
24	6.5	7.5	7.06 <sup>a</sup>
<b>Promedio</b>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	

Diferenciación estadística con literal diferente ( $P < .05$ ).

EEM  $\pm$  .523

#### 6.5.6.1 Curvas de deposición de grasa en las canales.

De la misma manera que para la deposición de proteína, para la deposición de grasa en la canal se determinaron las ecuaciones cuadráticas y los puntos de inflexión para cada dieta, quedando como se describen en el Cuadro 17 y Gráfica 10. Las dietas con 3200 Kcal de EM iniciaron a más temprana edad (8.49 días) la deposición de grasa en las canales; las dietas bajas en energía iniciaron hasta los 11.01 días de edad dicha deposición. Las dietas bajas en energía presentaron en conjunto un mejor desempeño, al depositar primero más proteína e iniciar más tarde y en segundo término la deposición de grasa. A diferencia de la deposición de proteína, la deposición de grasa en la canal debe ser un proceso que se realice lo más tarde posible en los animales en desarrollo. La síntesis de tejido adiposo es un indicador de que ha disminuido la síntesis de proteína tisular por razones fisiológicas, o que no se está realizando síntesis proteica debido a un aporte inadecuado de aminoácidos, que hay un exceso en el aporte de proteína y/o energía en la dieta y que las cadenas carbonadas que participan en el desbalance se están almacenando como ácidos grasos. Por ello es muy útil la observación de la cantidad y el momento de esa deposición y la comparación paralela con el fenómeno de la deposición de proteína. Por lo tanto, en este trabajo queda claro el efecto positivo del nivel de proteína



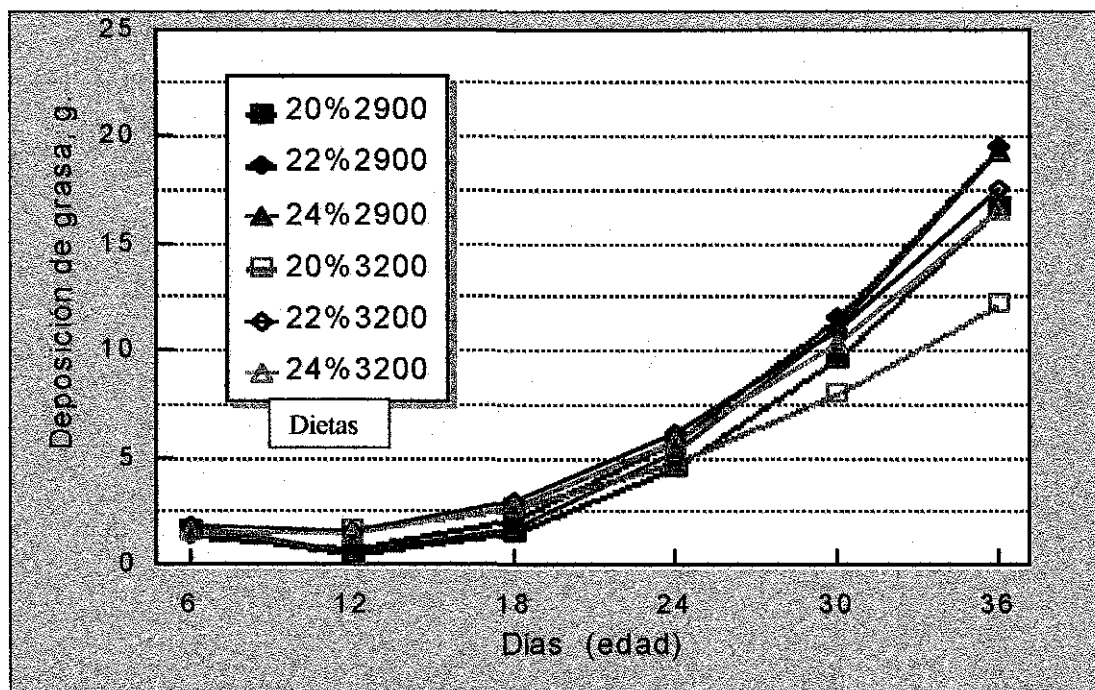
sobre la deposición de grasa y el consumo, y el efecto negativo de la energía sobre el consumo y su nulo efecto sobre la deposición de grasa en la canal. Brisbin et al. (1986) reportan observaciones similares encontradas en patos en desarrollo alimentados con diferentes niveles de proteína y energía. Esto indica primero que el nitrógeno no específico (2 puntos porcentuales) de la dieta de 24% de proteína afecta la **composición corporal**, negativamente la deposición de proteína y positivamente la síntesis de tejido adiposo, y en segundo lugar que efectivamente también la mayor respuesta a **peso corporal** y a **peso de la canal** fresca a los 36 días de edad se debe principalmente al nivel de energía de 3200 Kcal /Kg en la dieta, pero que dicho peso se debe a la síntesis de **tejido adiposo** y no a la **deposición de proteína** (músculo) en la canal.

Por último, la mejor proporción músculo-grasa en la canal de las aves sólo se deberá determinar bajo una razón de tipo culinario y/o de nutrición humana; mientras tanto, el mejor **desempeño biológico** siempre será la mayor **síntesis de proteína**, con la mínima formación de **tejido adiposo**. Esto sólo se puede lograr sin excesos ni desbalances de aminoácidos, y por lo tanto, de nitrógeno que tenga que ser eliminado del organismo, ocasionando, con ello, gasto de otros aminoácidos, energía y deterioro ambiental de gran consideración. Y a pesar de que la síntesis de tejido adiposo en los animales domésticos se debe a una razón genética, esta claro que es una estrategia biológica que se adopta ante la disponibilidad de excesos nutricionales, debido a esa habilidad muchas especies sobreviven desde el punto de vista evolutivo, desde el punto de vista estacional y hasta en el momento de ayuno. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, la presencia de grasa en animales productores de carne hace evidente también la presencia de excesos nutricionales. Esto explica el intenso estudio del efecto de los nutrientes sobre la composición corporal y de la genética para obtener líneas de animales con mayor proporción de tejido magro.

**Cuadro 17. Ecuaciones cuadráticas** de las curvas de respuesta en el proceso de **deposición de grasa** en codorniz durante los primeros 36 días de edad.

Composición de la dieta		R <sup>2</sup>	ECUACION	Punto de inflexión (edad) (días)
Proteína %	EM Kcal./Kg.			
20	2900	.979	$Y=4.67 - .678X + .028X^2$	12.05
22	2900	.981	$Y=4.36 - .664X + .030X^2$	11.01
24	2900	.948	$Y=5.34 - .795X + .032X^2$	12.09
20	3200	.977	$Y=2.46 - .241X + .014X^2$	8.49
22	3200	.975	$Y=3.71 - .467X + .023X^2$	9.91
24	3200	.904	$Y=3.47 - .444X + .022X^2$	9.94

**Gráfica 10.** Curva de las ecuaciones cuadráticas de la **deposición de grasa** en codorniz los primeros 36 días de edad, con diferentes concentraciones de proteína y energía en la dieta.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**6.5.7 Eficiencia de emplume.** El crecimiento del tejido de la pluma es también una necesidad biológica asociada y paralela a los primeros estadios del desarrollo en las aves. En este experimento, el mejor proceso de emplume ( $P < 0.05$ ), medido como el total de gramos de pluma acumulada cada seis días hasta los 36 días de edad y promediado, fue para los tratamientos con el nivel de energía de 3200 Kcal/Kg (ver el ANDEVA en el Apéndice L), también fue más eficiente el emplume en las dietas con 20 y 22% de proteína. No hubo interacción de los factores proteína y energía ( $P < 0.20$ ). Lo que se ha encontrado aquí está indicando que la proteína al 20% en la dieta no es un factor limitante para la síntesis adecuada de dicho tejido, pero que dietas con 24 % de proteína y 2900 Kcal de EM/kg pueden ocasionar retrasos considerables en el proceso de emplume durante los primeros 36 días de vida de las aves. De acuerdo con la revisión de literatura, parece ser que, el exceso de nitrógeno no específico de las dietas con 24% de proteína, puede generar una deficiencia de **glicina** y dada la importancia de la **glicina** en el proceso de emplume (NRC, 1994), éste queda rezagado ante la prioridad de formar **ácido úrico** para eliminar nitrógeno sobrante. En éste trabajo también se ve que en dietas bajas en proteína es prioritaria la síntesis de tejido muscular, que pluma, cuando la energía es limitante, ya que depositaron más proteína las de 2900 Kcal EM/Kg. y emplumaron mejor las dietas con 3200 Kcal de EM/kg. Lo anterior se fundamenta, también, en el hecho de que en el perfil de aminoácidos necesario para la estructuración del tejido de la pluma, los dos más importantes son **serina** y **glicina** (8.52 y 6.13% respectivamente), además la formación de **glicina** a partir de **serina** puede no ser suficiente y así llegar a la misma deficiencia de aquel aminoácido. respectivamente, y debido a que **glicina** juega un papel primordial en la formación de **ácido úrico**, ante una deficiencia de **glicina**, ésta se sintetiza a partir de **serina** y que ante un bajo nivel de energía, es prioritario la eliminación de nitrógeno como ácido úrico en orina que la formación de pluma. Lo observado aquí se puede aplicar en

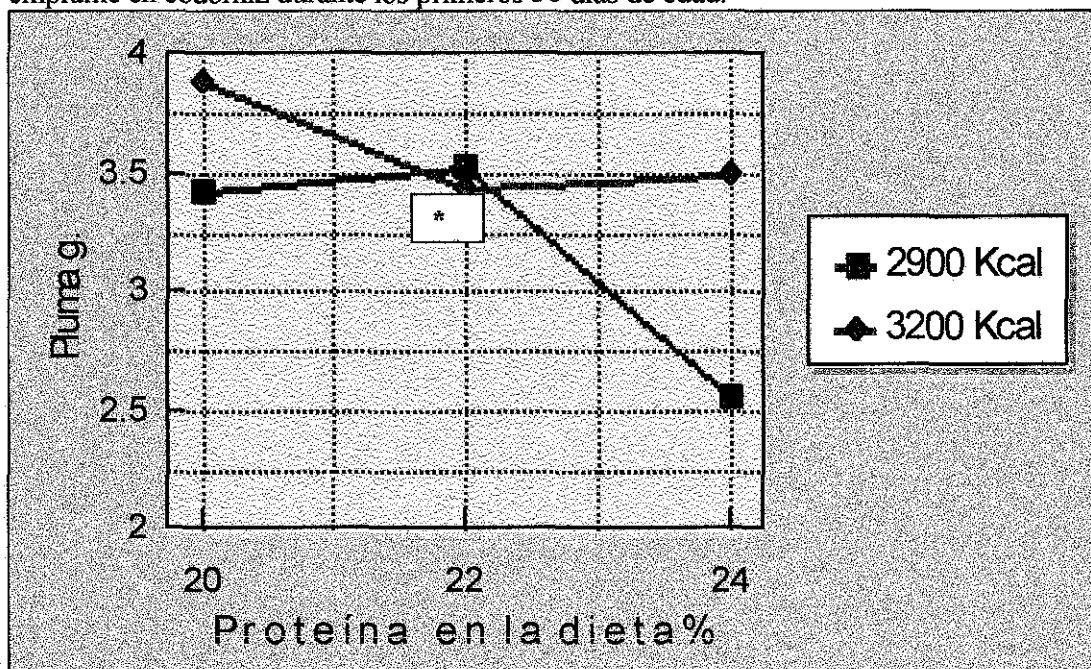
codornices que se van a dedicar a postura, ofreciéndoles desde el nacimiento una dieta que favorezca el desarrollo muscular y a partir de los 30 días de edad una dieta que estructure un buen emplume antes de romper postura. De esta manera se obtendrán cuerpos con menos grasa, con un buen desarrollo muscular y emplumes completos.

**Cuadro 18.** Gramos de pluma presente en codorniz como respuesta a los diferentes niveles de proteína y energía en la dieta durante los primeros 36, promedio de los pesajes de cada seis días hasta los 36 días de edad.

% de proteína en la dieta	Kcal./ Kg. EM		Promedio
	2900	3200	
20	3.4	3.8	3.6 <sup>a</sup>
22	3.5	3.4	3.4 <sup>a</sup>
24	2.5	3.5	3.0 <sup>b</sup>
<b>Promedio</b>	3.1 <sup>b</sup>	3.6 <sup>a</sup>	

a, b datos con diferente literal son diferentes estadísticamente ( $P < .01$ ). \*\* EE= 0.416

**Gráfica 11.** Efecto del nivel de proteína y energía en el alimento sobre la eficiencia de emplume en codorniz durante los primeros 36 días de edad.



\* la interacción "proteína\*energía" no es significativa ( $P > .05$ )

#### 6.5.7.1 Curvas de eficiencia de emplume.

Con las medias de los pesos de las plumas, obtenidas cada seis días de edad, dentro de cada tratamiento, se elaboró una curva normal y con los datos de las repeticiones, por medio del procedimiento de regresión, se determinaron las curvas lineales y cuadráticas, encontrándose que las ecuaciones cuadráticas de cada uno de los tratamientos explicaban mejor ( $P < .05$ ) el proceso de síntesis del tejido de la pluma (Gráfica 12), como respuesta a los diferentes niveles de proteína y energía. Además, se determinó del punto de inflexión la edad a la cual se dispara con mayor pendiente dicho proceso. Como se ve en el Cuadro 19, la ecuación de la curva de la respuesta a la dieta de 24% de proteína con 2900 Kcal/kg de EM tiene el punto de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

inflexión (negativo) más hacia la izquierda (SI),(-1.28). Esto indica que dentro del rango de 0 a 36 días de edad dicha curva de respuesta no sufre cambio de inclinación y la curva en la que más se retrasó el proceso de emplume a una edad de 4.21 días fue la dieta con 22% de proteína y 2900 Kcal/kg de EM.

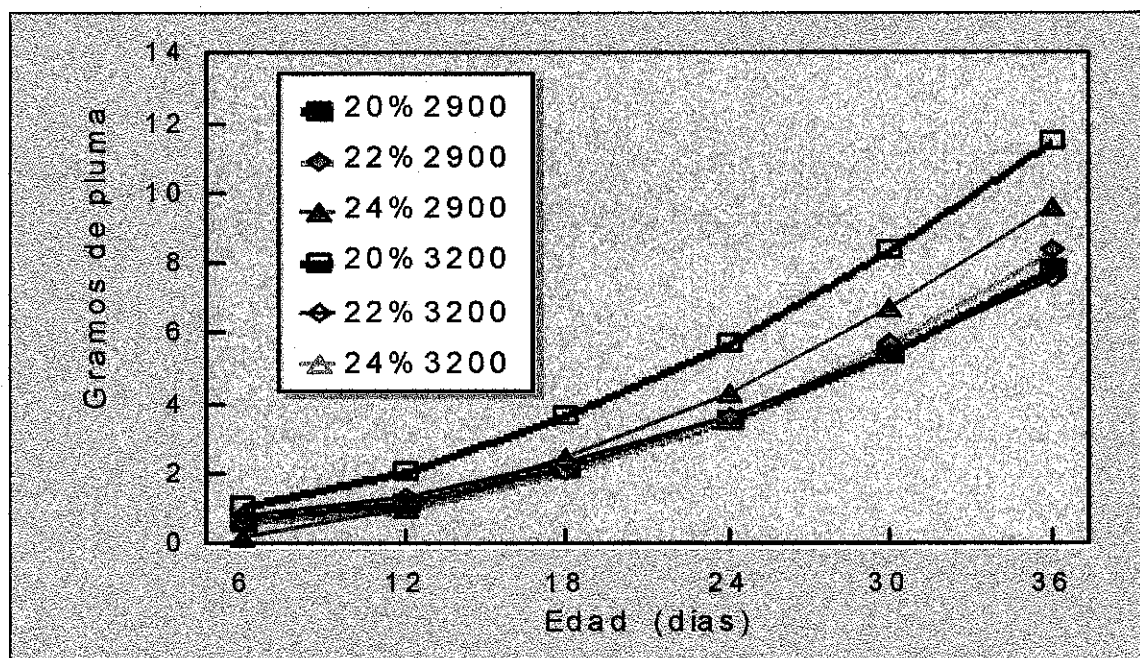
**Cuadro 19.** Ecuaciones cuadráticas de las curvas de respuesta en la síntesis de pluma de codorniz los primeros 36 días bajo diferentes niveles de energía y proteína en la dieta.

Composición de la dieta		R <sup>2</sup>	ECUACIÓN	Punto de inflexión (Edad) (días)
Proteína %	Energía Kcal.			
20	2900	.971	$Y = .625 - .035X + .006X^2$	2.73
22	2900	.954	$Y = .695 - .065X + .007X^2$	4.21
24	2900	.961	$Y = -.213 + .018X + .007X^2$	SI*
20	3200	.946	$Y = .514 - .044X + .007X^2$	3.14
22	3200	.951	$Y = .576 - .006X + .005X^2$	.61
24	3200	.958	$Y = .122 + .0098X + .02X^2$	SI*

SI\* La curva no presenta inflexión cuando  $X > 0$  y,  $< 36$ .

Es importante tomar en cuenta que, de acuerdo a lo analizado con los puntos de inflexión, las dietas con 24 % de proteína inflexionaron primero, pero no mantuvieron ese buen ritmo de emplume, ya que al término de la prueba, en promedio hubo más pluma ( $P < .05$ ) en las dietas con 20 y 22% de proteína, y que, además, emplumaron mejor las dietas altas en energía. Conforme al Cuadro 18 y 19, surge la necesidad de formular dietas para dos etapas de desarrollo de las aves, una primera, alta en proteína (22%) y baja en energía (2900 Kcal de EM/kg) y una segunda con 20% de proteína y 3200 Kcal de EM/Kg.

**Gráfica 12** . Curvas de las ecuaciones cuadráticas de la síntesis de pluma en codorniz durante los primeros 36 días de edad, como el efecto del nivel de proteína y energía de la dieta.



### 6.5.8 LAS CURVAS DE COMPORTAMIENTO EN CONJUNTO

Las curvas de comportamiento de las variables deposición de proteína en la canal, deposición de grasa en la canal y eficiencia de emplume son la herramienta principal con que se aborda el análisis y la evaluación de las dietas de este trabajo. Permiten un seguimiento más preciso de las variables de respuesta a través del tiempo; también se fundamenta mejor la toma de decisiones con respecto a la aplicación más eficiente del conocimiento generado. La respuesta de los diferentes animales a las dosis de nutrientes, especialmente a aminoácidos, se había considerado un fenómeno de tipo lineal. En la actualidad, está muy claro que dichas respuestas

son curvilíneas y que de esa forma se pueden explicar y entender mejor las respuestas biológicas. Las curvas de desarrollo como respuesta fueron usadas por Parks (1970); en gallinas ponedoras las utilizó Fisher (1973); más recientemente, Finke et al. (1987) con ratas y Fuller y Garthwaite (1993) con cerdos. El indicador de la respuesta o medida en este procedimiento es el punto de inflexión de la curva de la ecuación. Las mejores respuestas desde el punto de vista biológico son las inflexiones con valor de X (edad) más pequeño (hacia la izquierda) para las variables deposición de proteína y eficiencia de emplume; sin embargo, para deposición de grasa la mejor respuesta es la inflexión tardía (a más edad).

Dentro de cada tratamiento se buscó la ecuación que mejor explicara el proceso observado en la deposición de proteína y para todos los tratamientos fue una **ecuación cuadrática** la que cumplió con ese objetivo, más que la ecuación lineal. La ecuación matemática facilita hacer una determinación más fina del momento en que las aves presentan el cambio en su desempeño productivo. Ese cambio es el **punto de inflexión** de la curva. La determinación de ese punto de inflexión de la curva de cada ecuación cuadrática es un método de gran sensibilidad (Brisbin et al., 1986; Katanbaf et al., 1988). La curva de la ecuación cuadrática tiene dos secciones separadas por el punto de inflexión; en este caso la segunda sección de las curvas tuvo una pendiente mayor, indicando esto una deposición más acelerada a partir de ese momento. En el Cuadro 19 vemos que el punto de inflexión (edad) para la ecuación de una dieta da un valor negativo (-1.28) de X (edad en días). Esto es solamente consecuencia de que una curva, al prolongarse, invade hacia el sector de la izquierda de las coordenadas. Esto realmente indica que la tendencia de la variable durante la prueba dentro de este tratamiento no cambió o que siempre fue la misma (lineal), sin embargo, no necesariamente con mayor pendiente que las demás. Por otro lado, los valores positivos de los puntos de inflexión de las



curvas del resto de los tratamientos indican que tuvieron dos tendencias durante la prueba: primero una con pendiente menor, seguida con otra sección de la curva con pendiente más acentuada, separadas ambas partes por el punto de inflexión, además de que las que cambiaron (inflexionaron) a más corta edad son las mejores respuestas, al menos para esa primera etapa. Está claro que esta técnica detecta con mejor exactitud cuál es la respuesta más rápida (a menor edad) al tratamiento, no la más persistente, al menos que fuera la misma dieta. De acuerdo con el punto de inflexión y con los mejores pesos de los primeros 36 días de edad (Cuadro 14), la dieta de 22% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg es la adecuada para dicha etapa. Sin embargo, no se puede decir que la dieta de 24% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg, que tuvo un mejor peso a los 36 días de edad, deba suministrarse a partir de los 30 días. Se puede decir, de acuerdo con los resultados, que la mejor dieta para los primeros 36 días es la de 22% de proteína y 2900 Kcal y que, hipotéticamente, después de los 30 días se deba dar una con el mismo nivel de proteína, pero con más energía (3200 Kcal). Este arreglo cumple su función exploratoria para una primera etapa y construye las bases para buscar la mejor combinación de proteína energía de la segunda etapa. La comparación de las medias de cada tratamiento en cada edad o en cada porción de la curva como lo recomiendan DeLean et al. (1978) y Finke et al. (1987), y como se presenta en el Cuadro 14, complementa el criterio para un mejor análisis de la respuesta, basado en que el patrón de requerimientos de aminoácidos para mantenimiento cambia conforme aumenta la edad del animal (Benevenga et al., 1994). En la primera etapa de la prueba, el patrón de deposición de proteína y grasa se ve afectado por la composición de la dieta y, es detectado con precisión en las curvas de respuesta con el punto de inflexión, notándose que las dietas que inflexionan primero depositando proteína, inflexionan en forma tardía para deposición de grasa, y viceversa. El criterio que debe determinar cual es la respuesta adecuada, es, que primero suceda una acelerada

deposición de proteína y posteriormente una moderada deposición de grasa. Pero sin duda la variable "deposición de proteína en la canal" en este trabajo fue el mejor indicador de la eficiencia del tratamiento desde el punto de vista biológico. La "**deposición de grasa**" complementa, fortalece y facilita la comprensión de lo que se observa. Por otra parte, los resultados indicaron que el proceso de emplume es una función biológica que depende también de la composición de la dieta. Lo observado con esta variable contribuye a concluir de forma más contundente lo que se ha dicho en las dos primeras variables. Cuando se analizó el peso de las plumas, acumulado y promediado para todo el periodo de los 36 días, se vio que las dietas bajas en proteína contienen suficiente aminoácidos para un emplume adecuado, pero las dietas altas en proteína y bajas en energía no tienen suficiente energía para dicho proceso, en virtud de que se da prioridad a la eliminación de excesos de nitrógeno. Las curvas de las ecuaciones de la eficiencia de emplume ayudan a ver con mayor claridad el fenómeno, debido a que se observa el patrón a través del tiempo, las dietas altas en proteína **inflexionaron más pronto**, pero no mantuvieron el ritmo de síntesis y finalmente en promedio los mejores emplumes corresponden a las dietas altas en energía y bajas en proteína. Esto indica que la formación de la pluma como un proceso dependiente de ciertos aminoácidos no es prioritario y que en situaciones de limitación de energía dicho proceso también se ve rezagado (dieta 24% de proteína 2900 Kcal de EM/kg) y seriamente afectado ante una dieta excedida de proteína inespecífica, de la cual se tiene que eliminar el nitrógeno vía ácido úrico.

## 8. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede inferir que:

1. La digestibilidad verdadera promedio de la proteína en seis dietas de codornices, determinada en gallos Leghorn fue de 79.35%.
2. La excreción de proteína de origen endógeno en heces de gallos Leghorn en ayuno fue de 1.515 g en 48 horas.
3. La excreción de proteína de origen endógeno en heces de codorniz de 20 días de edad, determinada por el procedimiento de regresión lineal al intercepto, con dietas con cinco niveles de proteína (10, 15, 20, 25 y 30), fue de 897.3 mg por cada 100 gramos de dieta consumida.
4. La comparación de la digestibilidad de la proteína de una dieta para codornices entre gallos y codornices indicó que estas últimas digieren mejor (9 puntos porcentuales) mejor que aquéllos dietas a base de maíz, pasta de soya, harina de sardina y gluten de maíz.
5. La deposición de proteína en la canal de codorniz, durante los primeros 36 días de edad, se realiza con la misma eficiencia con dietas con 22 o 24% de proteína en la dieta, siempre y cuando se conserve el nivel de los aminoácidos lisina, metionina, triptofano y treonina en la dieta como lo recomienda el NRC (1994).
6. Un exceso de nitrógeno no específico presente en dietas con 24% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg origina trastornos en la síntesis del tejido de la pluma, debido al gasto energético que ocasiona su eliminación.

7. Un nivel de 3200 Kcal de EM/kg en la dieta no es suficiente para compensar el trastorno energético ocasionado por un nivel de 24% de proteína , porque además tiene un efecto negativo sobre el consumo.
8. En estados de deficiencia de energía y exceso de proteína en la dieta, la síntesis de proteína y su deposición en la canal es prioritaria a la síntesis de tejido de la pluma.
9. Dietas con 20% de proteína fortificadas con aminoácidos cristalinos hasta el nivel recomendado por el NRC (1994) no satisfacen adecuadamente el patrón de síntesis de proteína tisular, pero sí la del tejido de la pluma cuando la dieta tiene 3200 Kcal de EM/kg.
10. Una dieta de 22% de proteína y 2900 Kcal de EM/kg, complementada con los aminoácidos lisina metionina, treonina y triptofano al nivel que recomienda el NRC (1994) , es suficiente para la producción de canales de buen peso, con suficiente tejido muscular y engrasado moderado, pero no es suficiente para un emplume adecuado. La eficiencia de emplume es mejor con 3200 Kcal de EM/Kg. de dieta.
11. Es de gran importancia y urgencia la determinación de las digestibilidades verdaderas de la proteína, aminoácidos y energía de los ingredientes utilizados en la alimentación de codorniz, con el fin de que esta especie avance paralelamente al pollo de engorda y aves ponedoras, ya que representa un nicho comercial e industrial que está cobrando mucha importancia.

## BIBLIOGRAFÍA

Allen N. K. and Baker D. H., 1974. Quantitative evaluation of non specific nitrogen sources for the growing chick. *Poult. Sci.* 51:258-264.

Anderson L. Virgil and McLean A. Robert. *Design of Experiment: A Realistic Approach.* New York and Basel 1974. pp 73-76.

AOAC. 1990. *Official methods of analysis (15<sup>TH</sup>. Edition)* Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis.* U.S.A.

Baker D. H. 1991. Partitioning of nutrients for growing and other metabolic functions: efficiency and priority considerations. *Poult. Sci.* 70:1797-1805.

Baker H. D. 1995. Ideal protein for broiler chick . Multi-state Poultry Meeting. May 16-18. USA.

Baker H. D. 1995. Amino acid utilization in swine and poultry. Multi-State Meeting. May 16-18. USA.

Baker, D. H. and Chung T. K. Chung 1992 Ideal Protein for swine and poultry . Biokowa Technical Review-4. Nutri-Quest, Inc.

Baker H. D. and Han Y . 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poult. Sci.*, 51: 1292-1298.

Baker, D. H. 1997. Ideal amino acids profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. Biokyova Technical Review 9. Nutri Quest, Inc.

Batterham, E. S. 1992. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. *Nutr. Res. Rev.* 5:1-18.

Bedford, M.R. and Summers, J.D. 1985. Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. *British Poult. Sci.* 26, 483-491.

Benevenga, N. J., Gah, M. J., Crenshaw, T. D., and Finke, M. D. 1994. Protein and amino acid requirements for maintenance and amino acid requirements for growth of laboratory rats. *J. Nutr.* 124, 450-4453.

Bielorai R and Josif B. 1987. Amino acid absorption and endogenous amino acid in the lower ileum and excreta of chicks. *J. Nutr.* 117: pp 1459-1462.

Brisbin, I. L. and Tally, L. J. 1973. Age-specific changes in the major body components and caloric value of growing Japanese quail. *The Auk*, 90:624-635.

Brisbin, I. L. White G. C., Bush, P. B. and Mayack, L. A. 1986. Sigmoid growth analyses of wood ducks: the effects of sex, dietary protein and cadmium on parameters of the Richards models. *Growth*, 41: 41-50.

Coelho, M. B. 1996. Ecological nutrition: A costly or smart move, in: *Phytasa in animal nutrition and waste management*. P. 41-60

Chiba L. I., Lewis A. J. y E. R. Peo Jr. 1992a. Amino acid and energy interrelationships in pig weighing 20 to 50 kilograms: rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69: 694-707.

Chiba L. I. Lewis A. J. y E. R. Peo jr. 1992 b. Amino acid and energy interrelationships in pig weighing 20 to 50 kilograms: II Rate and efficiency of protein and fat deposition in. *J. Anim. Sci.* 69: 708-718.



DeLean, A., Munson, P. J. And Rodbard, D. 1978. Simultaneous analysis of families of sigmoidal curves: application to bioassay, radioligand assay and physiological dose-response curves. *Am. J. Physiol.* 235:E97-E102.

D' Mello, J.P.F. 1988. Dietary interactions influencing amino acid utilization by poultry. *World's Poult. Sci. J.* 44, 92-102.

D'Mello, J. P. F. 1979. Factors affecting amino acid requirements of meat birds: In D'Mello, J. P. F. *In farm Animal Nutrition*. Cab International. U.S.A. 1994. pp, 234- 241.

Farran M. T., and Thomas O. P. 1992. Valine deficiency. 1.- The effect of feeding a valine deficiency diet during the started period on performance and feather structure of male broiler chicks. *Poult. Sci.* 71: 1879-1884.

Fenton T. W., and Fenton, M. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.* 59:631-634

Fernández R. S. 1996. Aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para pollos de engorda. XII Ciclo de conferencias sobre avicultura. AMENA, México. pp 41-52.

Fernández R. S., Aoyagi, S. Han Y. Parsons C. M. and Baker D. H. 1994. Limiting order of amino acid in corn and soybean meal for growth of the chicks. *Poult. Sci.* 73:1887-1896.

Finke, M. D. DeFoliart, G. R., and Benevenga, N. J. 1987. Use of simultaneous curve fitting and a four parameter logistic model to evaluate the nutritional quality of protein sources at growth rates of rats from maintenance to maximum gain. *J. Nut.* 117: 1681-1688.

Fisher, C., 1994. Use of amino acids to improve carcass quality of broilers. *Feed Mix.* 2:17-20.

Folch J. , Lee M. and Sloane-Stanley G. H. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Bio. Chem.*, 226: 497-509.

Fuenlabrada de la Vega T. S. *Matemáticas IV. Cálculo diferencial.* McGraw-hill. México. primera Ed. 1995. pp. 139-146.

Gonzalez M. J. And Pesti G. M. 1993. Effects of excess methionine or lysine for broilers fed a corn-soybean meal diet. *Poult. Sci.* 72:1070-1074.

Han Y., Suzuki H., Parsons C. M. and Baker D.H. 1992. Amino acid fortification of low – protein corn- soybean meal diets for maximal weight gain and feed efficiency of the chicks. *Poult. Sci.* 71:1168-1178.

Harms R. H. and Russell G. B. 1993. Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poult. Sci.* 72:1892-1896.

Holsheimer J. P. and Ruesink E. W. Ruesink. 1993. Effect on performance, carcass composition, yield and financial return of dietary energy and lysine levels in starter and finisher diets feed broilers . *Poult. Sci.* 72:806-815.

Holsheimer J. P. and Veerkamp C. H. 1992. Effect of dietary energy, protein and lysine content on performance and yield of two strains of male broilers chicks. *Poult. Sci.*, 71:872-879.

Hyankova L Dedkova L. Klecker, D. 1997. Responses of growth, food intake and food conversion efficiency to different dietary protein concentration in meat type lines Japanese quail. *British Poult. Sci.*, v 38., n 5, pp 564.

Katanbaf, M. N., Dunnington, E. A. and Siegel, P.B. 1988. Allomorphic relationship from hatching to 56 days in parental lines and F1 crosses of chickens selected by 27 generations for high or low weight. *Growth, development, aging*, 52: 11-22.



Kats R. S. 1975. Toxicity of various organic sulfur compounds for chicks feed crystalline amino acid diets containing threonine and glycine at their minimal dietary requirements for maximal growth. *J. Anim. Sci.* 41:1355-1361

Kerr B. J., and Kidd M. T. 1997. Nutrición para elevar al máximo la producción de carne de pechuga en pollos, en: *Noveno Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos*, pp 11-29, México.

Kerr , B. J., and Kidd M. T. 1999. Amino acids supplementation on low-protein broiler diets: 1. Glutamic acid and indispensable amino acid supplementation . *J. Appl. Poult. Res.* 8:298-309

Keshavars K. Jakson M. E. 1992. Performance of growing pullets and laying hens feed low-protein amino acid supplemented diets. *Poult. Sci.* 71: 905-918.

Kidd, M. T., Kerr B. J., Firman J. D., and Boling S. D. 1996. Growth and carcass characteristics of broilers fed low-protein threonine-supplemented diet. *J. Appl. Poult. Sci.* 5:180-190.

Kidd, M. T., Kerr B. J., and Anthony N. B. 1997. Dietary interactions between lysine and threonine in broilers. *Poult Sci.* 76:608-614.

Kidd , M T., Kerr B. J. , Halpin , G. W. McWard, and Qarles C. L. 1998. Lysine levels in stated and grower-finisher diets affect broilers performance and carcass traits. *J. Appl. Poult. Res.* 7:351-358.

Koelkebeck K. W., C. M. Parsons, R. W. Leeper, and X. Wang. 1993. Effect of Supplementation of a low-protein corn molt diet with amino acid on early posmolt laying hen performance. *Poult. Sci.* 72:1528-1536.

Latour Mickey A., E. David Peebles, Carolyn R. Boyle and J. D. Brake. 1994. The effect of dietary fat on growth performance, carcass composition, and feed efficiency on the broiler chicks. *Poult. Sci.*, 73:1362-1369.

Lilburn M. S. and Emmerson D. 1993. The influence of differences in dietary amino acid during the early growing period on growth and development of Nicholas and British United turkey toms. *Poult. Sci.*, 72: 1722-1730.

Marquardt R. R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. *Poult. Sci.*, 62:2106-2108.

Maruyama, K. Akbar, M.K. and Turk C.M. 1999. Growth pattern and carcass development in male ducks selected for growth rate. *British Poultry Science.* 40, pp 233-239.

Mohamed K; Larbier M; Leclercq B. 1986. A comparative study of the digestibility of soybean and cottonseed meal amino acids in domestic chicks and moscovy ducklings. *Ann Zootech.* 35:79-86

Montgomery D. C. 1997. *Design and Analysis of Experiments.* 4<sup>th</sup> Ed. John Wiley and Sons. N. Y., Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, Weinheim. pp 271-276.

Moran E. T. jr., Bushong R. D. and Bilgili S. F. 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.

National Research Council. NRC, 1984. *Nutrient Requirements of Poultry.* 8<sup>th</sup>. Revised Edition. National Academic Press, Washington, D. C.

National Research Council. NRC, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry.* 9<sup>th</sup>. Revised Edition. National Academic Press, Washington, D. C.

- Newbwrny C. Ruth. 1993. Behavioral responses of broilers chickens to handling: Effects of dietary tryptophan and two lighting regimens. *Poult. Sci*, 72: 1237-1244.
- Parsons, C. M. 1990. Digestible amino acids in feedstuffs for poultry. In: Mariland Nutrition Conference. USA. pp 22-29.
- Parsons C. M. 1991. Amino acids digestibility for poultry: feedstuff evaluation and requirements. Biokyowa. Technical Review-1 Nutri-Cuest, Inc. Chesterfield, MO. pp 53-58
- Parks, J. R. 1970. Growth curves and the physiology of growth. III. Effects of dietary protein. *Am. J. Physiol.* 219: 840-843.
- Penz A. M. Jr., and Jensen L. S. 1991. Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high or low-protein diets on eggs weight and components in laying hens. *Poult Sci*, 70: 2460-2466.
- Rangel-Lugo M., C-L Su, and R. E. Austic. 1994. Threonine requirement and threonine imbalance in broiler chickens. *Poult. Sci*, 73: 670-681.
- Revington H. W. , Moran E. T. Jr., Bilgili S. F., and Bushong R. D. 1992. Lysine supplementation of low protein diets for broiler breeder male. *Poult. Sci*, 71:323-330.
- Rotter B. A., Frohlich R.G., Rotter R. G. and Marquard R. R.1989. Research Note: Estimation of apparent protein digestibility using uric acid-corrected nitrogen values in poultry excreta. *Poult Sci.*, 68: 327-329.
- SAS.1989. User's Guide (Versión 6, 4th Ed.). SAS inst. Inc. Cary NC.
- Sell J. L. 1993. Influence of metabolizable energy feeding sequence and dietary protein on performance and selected carcass traits of tom turkeys. *Poult Sci*, 72: 521-534.

Sell, J. L. and M. J. Jeffrey . 1994. Influence of amino acid supplementation of low-protein diet and metabolizable energy feeding sequence on performance and carcass composition of toms. *Poult. Sci.*, 73: 1867-1880.

Shim, K. F. and Chen, E. V. 1989. Methionine requirements and its effect on the feather loss of laying Japanese quail. *Nut. Rep. Int.*, 40: 1003-1010.

Shim, K. F. and Chen, E. V. 1990. Biopotency of methionine sources and their effects on sexual maturity of growing Japanese quail. *Br. Poult. Sci.*, 31:273-282.

Sibbald, I. R., 1979. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult Sci.* 58:668-673.

Sibbald I. R. and Morse P. M. 1983. Provision of supplemental feed and the application of a nitrogen correction in bioassays for true metabolizable energy. *Poult Sci.* 62:1587-1605.

Skinner J. T., A. L. Waldroup, and P. W. Waldroup. 1992a. Effect of dietary amino acid level and duration of finisher period on performance and carcass content of broiler forty-nine days of age. *Poult Sci*, 71: 1207-1214.

Skinner J. T., A. L. Waldroup, and P. W. Waldroup. 1992b. 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*, 71:1363-1373.

Tejada H. I. 1992. *Análisis de Alimentos para Animales y Control de Calidad*. México.

Waldroup, P. W., Mitchel R. J., Payne J. R. and Hazen K. R. 1976. Performance of chicks fed diets formulated to minimize excess levels of essential amino acids. *Poult. Sci.* 55:243-253.

## 11 APÉNDICES

**APÉNDICE A.** Técnica de alimentación precisa en gallos (Sibbald y Morse, 1983)

**Objetivo** de la técnica: Introducir exactamente 30 gramos de alimento hasta el fondo del divertículo esofágico (buche).

**Material:** Embudo de aluminio de 10 cm de alto y 10 cm de diámetro superior, con salida y tubo de 12 mm de diámetro y 35 cm de largo; cuerda de algodón de 50 cm de largo, silla.

**Método.** Un ayudante sujeta de los tarsos al gallo con la cuerda de algodón, lo presiona entre sus piernas y le cruza las alas de tal manera que se traben, lo sujeta firmemente de la cresta con la mano izquierda y de la barba con la mano derecha, jalando hacia arriba con el fin de que el cuello del gallo quede completamente recto y en posición vertical. El tubo del embudo es introducido suavemente a través de la faringe y el esófago hasta el fondo del buche, con la yema del dedo índice de la mano izquierda se empuja la punta del tubo unos dos cm hacia arriba, con el fin de que quede espacio para el vaciado del alimento, se colocan cada vez unos 15 gramos de alimento en el embudo y se golpea éste suavemente para que el alimento caiga al buche por efecto de la gravedad, si el alimento se atora en el tubo deberá ser empujado con un émbolo con un tope en la parte superior para que no baje más del bode inferior del tubo.

El proceso de alimentación debe ser realizado en menos de un minuto con el fin de no asfixiar a las aves en caso de que se esté obstruyendo la entrada de la traquea.

**Nota:** Las aves se dejan en ayuno de alimento durante 12 horas, al término de este periodo se suministra la alimentación precisa y los siguientes dos días se recolectan excretas de las charolas cada 12 horas.

**APÉNDICE B.** Análisis de varianza en el Experimento 1 para la variable "digestibilidad verdadera de la proteína".

ORIGEN	GL	SUMA DE C.	C. M.	F	Pr > F
UNIDAD	5	177.535	35.507	0.84	0.5360
PERIODO	5	513.604	102.720	2.44	0.2704
PROTEINA	2	322.053	161.026	3.82	0.0394
ENERGIA	1	24.928	24.928	0.59	0.4510
PROTEÍNA*ENERGIA	2	318.995	159.497	3.78	0.0405
ERROR	20	843.615	42.18		
TOTAL	35	2200.73			
Contrast					
PL*EL	1	192.97	192.97	3.77	0.061
PC*EL	1	125.77	125.77	2.46	0.127

**APÉNDICE C.** Análisis de varianza para en el Experimento 3, para la variable "digestibilidad verdadera de la proteína".

Origen	GL	C M	F	P
PROTEINA	2	213.974	17.87	.0001
ENERGIA	1	51.195	4.28	.0496
PROTEINA*ENERGIA	2	57.304	4.79	.0178
ERROR	36	11.858		
TOTAL	41			

**APÉNDICE D.** Análisis de varianza en el Experimento 3, para la variable "consumo de alimento".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	11.66	5.833	0.32	0.7295
ENERGIA	1	270.000	270.000	14.79	0.0008
PROTEINA*ENERGIA	2	35.000	17.500	0.96	0.3975
ERROR	24	438.00	18.25		
TOTAL	29				

**APÉNDICE E.** Análisis de varianza en el Experimento 4, en la variable "digestibilidad verdadera de la proteína".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
AVE	1	181.902	181.902	20.77	0.0019
ERROR	8	70.07	18.25		
TOTAL	9				

$R^2=72$

APÉNDICE F. Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable "consumo de alimento".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	53834.97	26917.48	205.52	0.0001
ENERGIA	1	20393.61	20393.61	155.71	0.0001
PROTE*ENERGÍA	2	7258.3341	3629.1671	27.71	0.0001
ERROR	36	4715.001	130.97		
TOTAL	41	86201.95			
R <sup>2</sup> =98					

APÉNDICE G. Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable "conversión".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	0.0121	0.0060	5.09	0.0113
ENERGIA	1	0.0110	0.0110	9.24	0.0044
PROTEINA*ENERGIA	2	0.0265	0.0132	11.14	0.0002
ERROR	36	0.0428	0.001191		
TOTAL	41	0.0925			

APÉNDICE H. Análisis de varianza en el experimento 5 para la variable "peso corporal a los 36 días".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	8872.57	4436.28	76.75	0.0001
ENERGIA	1	2755.62	2755.62	47.67	0.0001
PROTEINA*ENERGIA	2	2139.24	1069.62	18.50	0.0001
ERROR	36	2080.89	57.80		
TOTAL	41	15848.32			
R <sup>2</sup> =.87					



APÉNDICE I. Análisis de varianza en el experimento 5 para la variable "peso de la canal a los 36 días".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	1322.584	661.29	29.22	0.0001
ENERGIA	1	403.484	403.48	17.83	0.0002
PROTEINA*ENERGIA	2	332.940	166.47	7.36	0.0021
ERROR	36	514.59	9.345		
TOTAL	41	2573.598			
R <sup>2</sup> =.98					

APÉNDICE J. Análisis de varianza del Experimento 5, para la variable "Proteína depositada".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	119.199	59.5997	24.73	0.0001
ENERGIA	1	55.189	55.1890	22.90	0.0001
PROTEINA*ENERGIA	2	105.913	52.9565	21.97	0.0001
ERROR	36	86.67	00.3223		
TOTAL	41	367.077			
R <sup>2</sup> =.75					

APÉNDICE K. Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable "grasa depositada".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	122.582	61.291	5.59	0.0044
ENERGIA	1	0.256	0.256	0.02	0.8787
PROTEINA*ENERGIA	2	27.419	13.709	1.25	0.2888
ERROR	36	413.93	1.3675		
TOTAL	41	563.387			
R <sup>2</sup> =.83					

APÉNDICE L. Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable "eficiencia de emplume".

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	3.249	1.624	4.69	0.0103
ENERGIA	1	2.431	2.431	7.01	0.0087
PROTEINA*ENERGIA	2	1.122	0.561	1.62	0.2008
ERROR	36	15.78	0.8652		
TOTAL	41	22.582			
$R^2 = .95$					

APÉNDICE M. Análisis de varianza en el Experimento 5, para la variable "deposición de proteína", donde se compara los resultados de cada seis días.

Origen	GL	S de C	C M	F	P
PROTEINA	2	187.71	1.624	4.69	0.0103
ENERGIA	1	140.01	2.431	7.01	0.0087
PROTEINA*ENERGIA	2	16.55	0.561	1.62	0.2008
REP (PROTEIN*ENERGIA)	36	97.65	8.27	2.64	0.0001
EDAD	5	36873.816	7374.763	7189.23	0.0001
PROTEINA*EDAD	10	128.24	12.82	12.50	0.0001
ENERGÍA*EDAD	5	44.42	8.88	8.66	0.0001
PROTEÍNA*ENERGÍA*EDAD	10	272.87	2728	26.6	0.0001
TOTAL	71	37761.294			
$R^2 = .99$					