

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO AMBIENTAL  
DE DIETAS FORMULADAS CON PROTEÍNA IDEAL  
PARA GALLINAS DE POSTURA**

**TESIS**

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

**DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA**

**SERGIO CLEMENTE HERNÁNDEZ**



**Diciembre del 2002  
Chapingo, Estado de México**

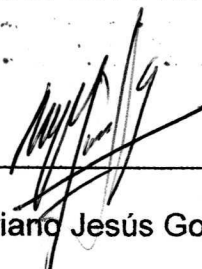
**Bib. 98555**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO AMBIENTAL DE DIETAS  
FORMULADAS CON PROTEÍNA IDEAL PARA GALLINAS DE POSTURA**

Tesis realizada por Sergio Clemente Hernández, bajo la dirección del Comité  
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

DIRECTOR:



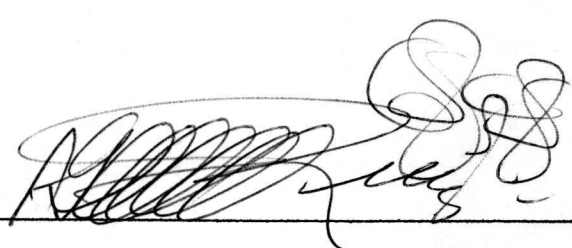
Ph. D. Mariano Jesús González Alcorta

ASESOR:



Dr. Jesús Eduardo Morales Barrera

ASESOR:



Ph. D. Agustín Ruiz Flores

A.- 40807



## DEDICATORIA

A mi madre Francisca, como recompensa a su constante apoyo, que me sirvió para cumplir una más de mis metas.

A todos mis hermanos, cuñadas y sobrinos, por que con su apoyo y cariño me empujaron a seguir superándome espiritual y profesionalmente.

A Azucena como reconocimiento al apoyo y comprensión que me ha brindado en los últimos tiempos.

A Vanessa, porque es lo que más quiero en el mundo y mi principal fuente de inspiración.

A todos mis amigos y compañeros de posgrado, por su amistad y apoyo.

*Sergio CH.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo y el Posgrado en Producción Animal, por darme la oportunidad de lograr una formación académica integral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al *Ph. D.* Mariano Jesús González Alcorta, por su valiosa participación como director en el desarrollo de esta investigación, por sus consejos, confianza y amistad brindada.

Al *Dr.* Jesús Eduardo Morales Barrera, por sus acertadas sugerencias y apoyo brindado para la realización del experimento.

Al *Ph. D.* Agustín Ruiz Flores por su importante aporte en la parte estadística y apoyo brindado en la redacción del trabajo.

Al MC. Rodolfo Santos Lavalle, Jefe de la Granja Experimental, al Ing. Nicasio I. Fernández Santos y a todas aquellas personas que directa e indirectamente participaron en la realización de esta investigación.

A los profesores del Posgrado en Producción Animal por sus importantes aportes académicos.



## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **Datos generales**

Nombre: Sergio Clemente Hernández

Lugar de origen: Xilitla, Municipio de Cerro Azul, Veracruz.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia.

### **Formación académica:**

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México (1993-1996).

Licenciatura. Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México (1994-2000)

## CONTENIDO

|                                                                                                                                        |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA.....                                                                                                                       | iii  |
| AGRADECIMIENTOS.....                                                                                                                   | iv   |
| DATOS BIOGRÁFICOS.....                                                                                                                 | v    |
| CONTENIDO.....                                                                                                                         | vi   |
| LISTA DE CUADROS.....                                                                                                                  | viii |
| LISTA DE FIGURAS.....                                                                                                                  | xi   |
| CAPITULO I. MARCO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL.....                                                                                         | 1    |
| 1.1 MARCO CONTEXTUAL.....                                                                                                              | 1    |
| 1.2 MARCO CONCEPTUAL.....                                                                                                              | 13   |
| 1.3 PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....                                                                                           | 41   |
| CAPITULO II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO<br>AMBIENTAL DE DIETAS FORMULADAS CON PROTEÍNA IDEAL PARA<br>GALLINAS DE POSTURA..... | 43   |
| 2.1 RESUMEN.....                                                                                                                       | 44   |
| 2.2 ABSTRACT.....                                                                                                                      | 45   |
| 2.3 INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                  | 46   |
| 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....                                                                                                          | 48   |
| 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                                                                        | 50   |
| 2.6 CONCLUSIONES.....                                                                                                                  | 61   |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 2.7 LITERATURA CITADA EN EL ARTÍCULO.....   | 62 |
| CAPITULO III. DISCUSIÓN TEORICA GLOBAL..... | 70 |
| IV LITERATURA CITADA.....                   | 72 |
| V APÉNDICES. ....                           | 77 |



## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Producción pecuaria nacional en el 2001.....                                                                                                                                                                                                 | 2  |
| Cuadro 2. Inventario de la parvada nacional avícola 2001.....                                                                                                                                                                                          | 4  |
| Cuadro 3. Participación porcentual en la producción de huevo para 2000 y<br>2001.....                                                                                                                                                                  | 8  |
| Cuadro 4. Producción, importaciones, exportaciones y consumo de<br>alimentos balanceados en México de 1996 al 2000 (miles de ton).....                                                                                                                 | 11 |
| EN ARTICULO Cuadro 1. Composición porcentual y análisis calculado de<br>las dietas experimentales formuladas bajo el concepto de proteína<br>ideal para gallinas de postura, utilizadas en el <i>Experimento</i><br>1.....                             | 64 |
| EN ARTICULO Cuadro 2. Composición porcentual y análisis calculado de<br>las dietas experimentales formuladas bajo el concepto de proteína<br>ideal para gallinas de postura, utilizadas en el <i>Experimento</i><br>2.....                             | 65 |
| EN ARTICULO Cuadro 3. Composición porcentual y análisis calculado de<br>las dietas experimentales formuladas bajo el concepto de proteína<br>ideal para gallinas de postura, utilizadas en el <i>Experimento 2</i><br>(Continuación del Cuadro 2)..... | 66 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EN ARTICULO Cuadro 4. Efectos principales de perfil de aminoácidos digestibles (PER) y porcentaje de proteína cruda sobre la eficiencia alimenticia (EA), consumo de alimento (COD), masa colectada (MC), Unidades Haugh (UH), excreción de nitrógeno (NE), durante el periodo de 11 semanas (Experimento 1).....    | 67 |
| EN ARTICULO Cuadro 5. Efectos principales de perfil de aminoácidos digestibles (PER) y porcentaje de proteína cruda sobre la eficiencia alimenticia (EA), consumo de alimento (COD), masa colectada (MC), Unidades Haugh (UH), excreción de nitrógeno (NE), durante el periodo de siete semanas (Experimento 2)..... | 67 |
| En Apéndice 2 Cuadro 5. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable eficiencia alimenticia (Experimento1).....                                                                                                                                                                                    | 78 |
| En Apéndice 2 Cuadro 6. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable consumo de alimento (g/ave/d) (Experimento 1).....                                                                                                                                                                            | 78 |
| En Apéndice 2 Cuadro 7. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable masa colectada de huevo(g) (Experimento 1).....                                                                                                                                                                               | 78 |
| En Apéndice 2 Cuadro 8. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable calidad de huevo, medida en Unidades Haugh (Experimento 1).....                                                                                                                                                               | 78 |

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| En Apéndice 2 Cuadro 9. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable excreción de nitrógeno (%) (Experimento 1).....                     | 79 |
| En Apéndice 2 Cuadro 10. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable eficiencia alimenticia (Experimento 2).....                        | 79 |
| En Apéndice 2 Cuadro 11. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable consumo de alimento (g/ave/d) (Experimento 2).....                 | 79 |
| En Apéndice 2 Cuadro 12. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable masa colectada de huevo (kg) (Experimento 2).....                  | 79 |
| En Apéndice 2 Cuadro 13. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable calidad de huevo, medida en Unidades Haugh<br>(Experimento 2)..... | 80 |
| En Apéndice 2 Cuadro 14. Medias y errores estándar de los tratamientos<br>para la variable excreción de nitrógeno (%) (Experimento 2).....                    | 80 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Producción pecuaria en el 2001 (Participación porcentual).....                 | 2  |
| Figura 2. Conformación del inventario avícola productor de huevo.....                    | 3  |
| Figura 3. Líneas genéticas de gallinas productoras de huevo para plato en<br>México..... | 6  |
| Figura 4. Consumo per cápita de huevo de 1994 al 2002.....                               | 7  |
| Figura 5. Producción de huevo (ton/año).....                                             | 7  |
| Figura 6. Importaciones de huevo de 1994 al 2001.....                                    | 9  |
| Figura 7. Consumo de granos forrajeros por el sector avícola.....                        | 10 |
| Figura 8. Consumo de alimentos balanceados por especie.....                              | 12 |
| Figura 9. Consumo de insumos agrícolas (millones de ton).....                            | 12 |
| Figura 10. Fórmula de aminoácidos mediante la proyección de Fischer.....                 | 15 |
| Figura 11. Estructura química de la Metionina.....                                       | 19 |
| Figura 12. Metabolismo de aminoácidos azufrados.....                                     | 20 |
| Figura 13. Estructura química de la Lisina.....                                          | 22 |
| Figura 14. Metabolismo de la Lisina.....                                                 | 23 |
| Figura 15. Estructura química de la Treonina.....                                        | 25 |
| Figura 16. Vías de oxidación de la Treonina.....                                         | 26 |
| Figura 17. Estructura química del Triptófano.....                                        | 28 |

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EN ARTÍCULO Figura 1. Eficiencia alimenticia y excreción de nitrógeno en<br>gallinas alimentadas con dietas formuladas con proteína ideal<br>(Experimento 1)..... | 69 |
| EN ARTÍCULO Figura 2. Eficiencia alimenticia y excreción de nitrógeno en<br>gallinas alimentadas con dietas formuladas con proteína ideal<br>(Experimento 2)..... | 69 |

## **CAPITULO I. MARCO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL**

### **1.1 MARCO CONTEXTUAL**

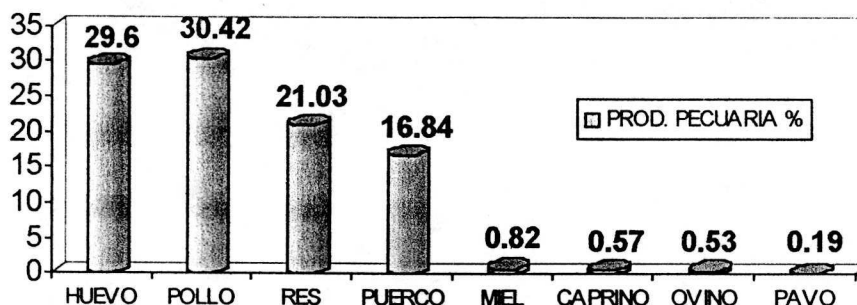
#### ***1.1.1 Situación de la avicultura en México***

La avicultura es el subsector más dinámico dentro del sector pecuario, durante el periodo de 1994 al 2001 participó en el PIB a una tasa de crecimiento anual de 5%, comparable con el crecimiento observado en los sectores netamente exportadores. Para el 2001 en el PIB, a precios de mercado sumó 5.772 billones de pesos, que representó un crecimiento del 4.1% con relación al valor registrado en el 2000 (UNA, 2002). En los últimos años la actividad avícola ha cambiado acentuadamente. Esto ha ocurrido porque el consumidor es ahora más exigente y busca productos de mejor calidad y/o precios más accesibles. Además, la producción mundial avícola ha aumentado significativamente, haciendo al mercado altamente competitivo (Penz, 2000b).

La importancia del sector avícola radica en el papel estratégico que juega en la alimentación de los mexicanos, 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta productos avícolas (huevo, pollo y pavo). Esta industria para el 2001 representó el 60.21% de la producción pecuaria nacional (Figura 1) donde la producción de pollo aportó el 30.42% (2,066,510 ton), el huevo el 29.60% (2,010,540 ton) y el pavo el 0.19% (12,816 ton) de la producción pecuaria nacional. Actualmente México ocupa el sexto lugar en el mundo como productor de huevo, aportando el 3.3% del volumen producido mundialmente, después de China, Estados Unidos, Japón, India, y Rusia, y antes que Brasil, además de ser líder en Latinoamérica en producción de huevo (UNA, 2002; SAGAR, 2000).



**Figura 1. Producción pecuaria en el 2001 (participación porcentual)**



Fuente: UNA (2002)

**Cuadro 1. Producción pecuaria nacional en el 2001**

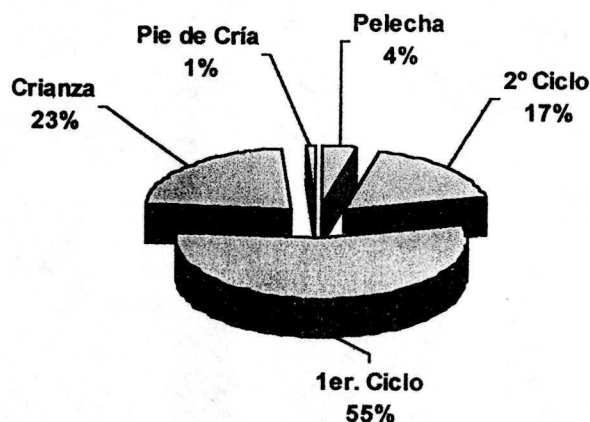
| PRODUCTO     | TONELADAS        |
|--------------|------------------|
| Huevo        | 2,010,540        |
| Pollo        | 2,066,510        |
| Res          | 1,428,393        |
| Puerco       | 1,143,581        |
| Miel         | 55,783           |
| Caprino      | 39,046           |
| Ovino        | 36,011           |
| Pavo         | 12,812           |
| <b>TOTAL</b> | <b>6,792,680</b> |

Fuente: UNA (2002)

La industria avícola también es importante desde el punto de vista social, ya que la proteína aportada en carne, pero principalmente en huevo, es de las más baratas. En 1999, debido a los precios que obtuvo el huevo blanco y rojo, le permitieron ubicarse como la fuente de proteína animal más barata en el mercado mexicano (SAGAR, 2000). La producción pecuaria, se presenta en el Cuadro 1, puede apreciarse que la producción de huevo a nivel nacional es la segunda más importante, sólo después de la producción de carne de pollo.

De acuerdo con SAGAR (2000) la estructura de la población de las aves ponedoras en sistemas Tecnificados y Semitecnificado se conforma como una gran pirámide encabezada por el pie de cría, el cual significa una mínima proporción del total de las aves en explotación, se estima en 1%, y por las ponedoras en las diferentes etapas de su ciclo productivo que conforman el 99% restante. En la Figura 2 se presenta la conformación del inventario avícola para México durante 1999.

**Figura 2. Conformación del inventario avícola productor de huevo (SAGAR, 2000)**



En el 2001 la parvada avícola nacional se incrementó en su totalidad en 5.4% con respecto al 2000. Las reproductoras ligeras en producción, tuvieron los mayores crecimientos (16%) y mayores ventas de pollitas de 79.8 millones al cierre del 2001, lo que produjo 113.5 millones de ponedoras en producción, que representó un incremento del 3.3% con respecto al año anterior. Las reproductoras pesadas en producción también se incrementaron en 7.71% y originaron 216.5 millones de pollos al ciclo (se consideran 5.6 ciclos al año) quienes también se incrementaron en el mismo periodo en 6.8%. Las que

sufrieron decrementos fueron las progenitoras pesadas en 1.75% y las ligeras ya no se producen en el país (UNA, 2002). El inventario avícola para el año 2001, se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Inventario de la parvada nacional avícola 2001**

| <b>ESPECIE AVÍCOLA</b>              | <b>NUMERO DE AVES</b> |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Ponedoras en producción             | 113,589,884           |
| Ponedoras en crianza                | 34,076,965            |
| Reproductoras ligeras en producción | 825,109               |
| Reproductoras ligeras en crianza    | 376,040               |
| Reproductoras pesadas en producción | 8,659,000             |
| Reproductoras pesadas en crianza    | 5,722,000             |
| Progenitoras pesadas en producción  | 165,392               |
| Progenitoras pesadas en crianza     | 113,024               |
| Pollo de engorda al ciclo           | 216,560,892           |
| Pavos al ciclo                      | 801,000               |
| <b>Total</b>                        | <b>380,889,301</b>    |

Fuente: UNA (2002)

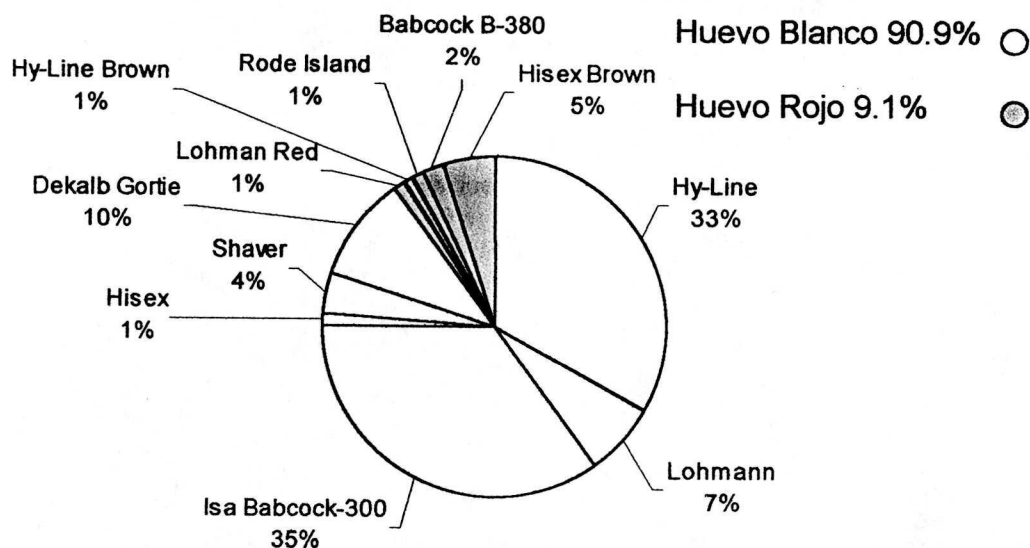
La industria avícola además es una gran fuente de trabajo, ya que genera más de 950 mil empleos, 160 mil directos y 790 mil indirectos, en su mayoría rurales. En los últimos cinco años la tasa de crecimiento anual de los empleos generados es 4%, observándose que su ritmo de crecimiento fue menor al incremento observado en la producción, esto debido al avance tecnológico que han tenido las empresas (UNA, 2001; UNA, 2002). Según información de la UNA (2002), el crecimiento económico del mundo ha sido débil en el 2001 y seguirá así en el 2002, debido a la desaceleración de la economía de Estados Unidos, provocando que la industria avícola en América Latina resienta esta desaceleración. La demanda interna para pollo y huevo disminuirá, y para el caso de México la situación se agudiza porque en el 2003 se desgravará el mercado avícola y sus efectos se sentirán a partir del segundo semestre del

2003. (UNA, 2002; UNA, 2001), mencionaron que la participación de la avicultura mexicana en el mercado mundial aún es muy limitada. Los reducidos volúmenes exportados representaron apenas 10 millones de dólares en el 2001 y 12 millones en el 2000. Por lo contrario, México importa grandes cantidades de carne de pollo y pavo para la elaboración de embutidos y preparaciones alimenticias y en menor cantidad huevo fértil y procesado. Para el 2007 el mercado avícola mexicano, estará en libre mercado con cuatro países: Chile, desde 1998, Estados Unidos, en el 2003, Bolivia, en el 2004 y Nicaragua en el 2007.

#### ***1.1.2 Situación e importancia de la producción de huevo en México***

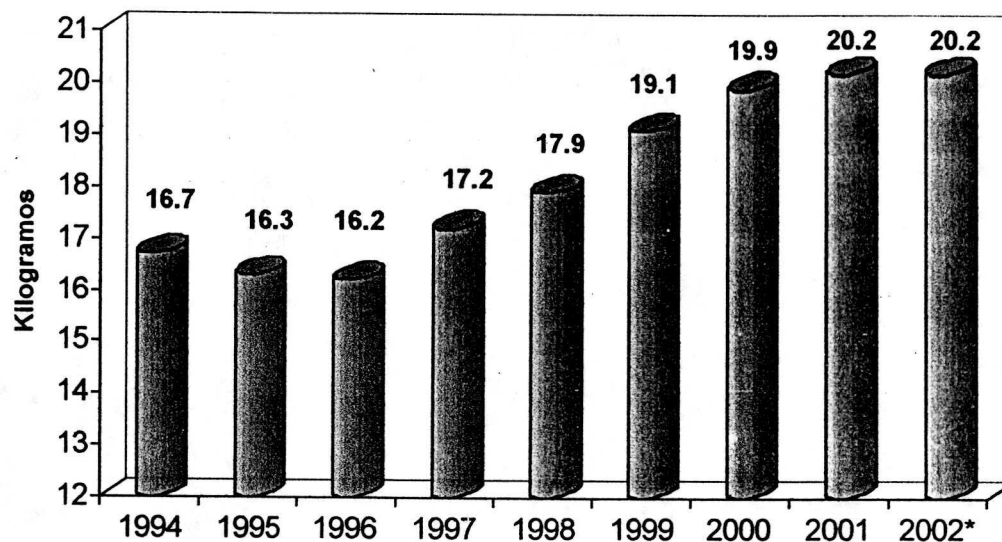
La avicultura productora de huevo creció casi ininterrumpidamente desde 1990, para alcanzar en 1999 un total de 1,633,505 ton. Esta rama de la ganadería en los 90's incrementó su producción más de 60%, siendo la segunda actividad en cuanto a dinamismo dentro de este sector, superada únicamente por la avicultura dedicada al pollo (SAGAR, 2000). En 1995 hubo un decremento en la producción de huevo, ya que desde 1990 había registrado un aumento anual constante. Sin embargo en 1996 se reinició su crecimiento al incrementarse la producción en 1.1% con respecto al año previo (CANACINTRA, 1998). Del total de producción de huevo para México, el 90% es blanco y el 10% es rojo, las principales líneas genéticas que explotan en el país se muestran en la Figura 3 y son: Hy line, Isa Babcock-300, Dekalb Gortie, Lohman y Hisex Brown, que participan con el 90% de la producción nacional (SAGAR, 2000; UNA, 2002).

**Figura 3. Líneas genéticas de gallinas productoras de huevo para plato en México (UNA, 2002)**



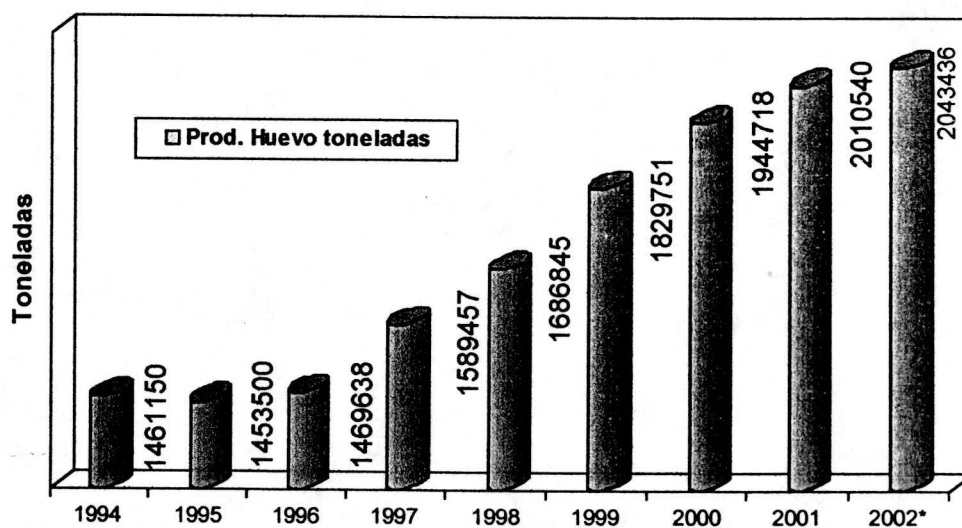
La producción de huevo en el 2000 participó con 14.052% del PIB pecuario, 3.491% del PIB agropecuario y con el 0.188% del PIB total. La producción de huevo tuvo una tasa de crecimiento anual de 1994 a 2001 de 4.6%, consolidando su dinamismo de crecimiento en el 2001 con respecto al año anterior en un 3%, lo que le a permitido a México, ubicarse como el primer consumidor per cápita de huevo, junto con Japón con 20.2 Kg por habitante por año. Es importante mencionar que la producción de huevo ha crecido sin ninguna planeación en los 2 últimos años (UNA, 2002). Además el consumo per cápita ha aumentado en los últimos cinco, como lo indica la Figura 4. Para el año 2002 se espera que el consumo per cápita se mantenga con relación al año 2001.

**Figura 4. Consumo Percápita de Huevo de 1994 al 2002**



Fuente: UNA (2002), \* Proyección

**Figura 5. Producción de huevo (ton/año)**



Fuente: UNA (2002); \*PROYECCIÓN

De acuerdo a la Figura 5 y Cuadro 3, para el año 2001, el volumen de producción de huevo fue de 2,010,540 ton, que representó un valor de la

producción de 14,656.836 millones de pesos, teniendo un incremento del 3.27% con respecto al año 2000, los estados de Jalisco, Puebla, Sonora, Nuevo León, La Laguna, Yucatán y Guanajuato son los productores más importantes, aportando el 95% de la producción nacional de huevo. Jalisco, Puebla y Sonora concentran aproximadamente el 75% de la producción de huevo (UNA, 2002).

**Cuadro 3. Participación porcentual en la producción de huevo para 2000 y 2001**

| <b>Estado</b> | <b>Año 2000 (%)</b> | <b>Año 2001 (%)</b> |
|---------------|---------------------|---------------------|
| Jalisco       | 37%                 | 43%                 |
| Puebla        | 23%                 | 22%                 |
| Sonora        | 9%                  | 8%                  |
| Nuevo León    | 7%                  | 7%                  |
| La Laguna     | 6%                  | 6%                  |
| Yucatán       | 5%                  | 5%                  |
| Guanajuato    | 5%                  | 4%                  |
| <b>Total</b>  | <b>92%</b>          | <b>95%</b>          |

Fuente: UNA (2002)

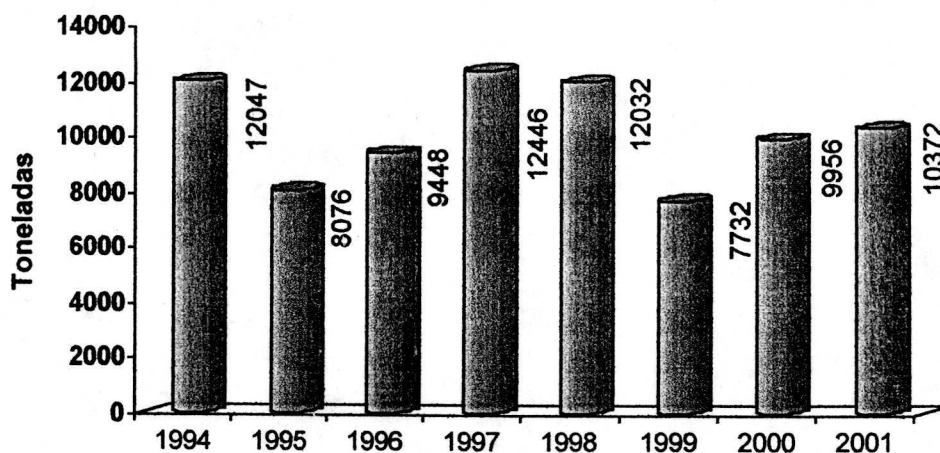
La producción diaria de huevo en México es de más de 245,000 cajas y el 71% se comercializa a través de mercados tradicionales (actualmente las operaciones en el Distrito Federal son entre 50, 000 y 55, 000 cajas diarias), en tiendas de autoservicio el 22% (este canal de comercialización se incrementa cada año) y el 7% se orienta a la industrialización (UNA, 2002). El consumo de huevo se realiza en un 72% en forma directa por los consumidores, en tanto que el 28% restante es incorporado a la industria para la elaboración de alimentos y bebidas, así como productos de belleza (SAGAR, 2000).

Sin embargo, a pesar de que existe alta producción de huevo, no es suficiente para satisfacer la demanda de la población, por lo que se recurre a las



importaciones. En la Figura 6, puede apreciarse un incremento para el 2001 del 4.01% con respecto al año anterior. Sin embargo éstas fueron menores al 1% del consumo nacional de huevo para plato, para el año 1999 (SAGAR, 2000).

**Figura 6. Importaciones de Huevo de 1994 al 2001**



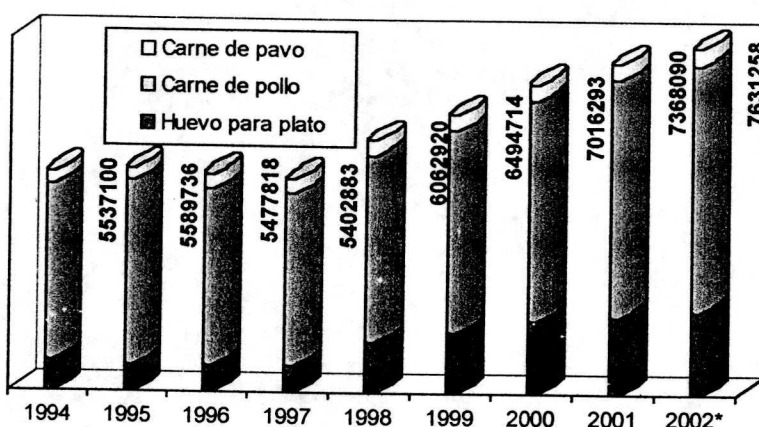
Fuente: UNA (2002)

### **1.1.3 La industria de alimentos balanceados**

La avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. El incremento para el 2001 con respecto al año anterior fue de acuerdo al incremento en la parvada nacional de 5.4%. En los últimos cinco años el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 4.3% estimulando así la siembra de granos básicos en México tales como maíz, sorgo y soya principalmente. En la actualidad se consumen 11.6 millones ton de alimento balanceado de los cuales 7.3 millones de ton son granos forrajeros, 2.3 millones de pastas oleaginosas y 1.9 millones de ton de otros ingredientes (SAGAR, 2000; UNA, 2001 y 2002). En la Figura 7 se presentan los consumos

de granos forrajeros por sector avícola en México, puede apreciarse que los granos destinados a la producción de pollo, ocupan la mayor parte de los granos utilizados. La integración vertical alcanzada por los avicultores, les permite participar activamente en la elaboración de los alimentos proporcionados a las aves, se estima que únicamente el 25% de éstos es adquirido a compañías comerciales y que el 75% restante se produce en las propias plantas.

**Figura 7. Consumo de granos forrajeros por el sector avícola**



Fuente: UNA (2002); \*PROYECCIÓN

Esta baja participación de los alimentos balanceados comerciales, ha provocado que las compañías fabricantes de los mismos, replanteen sus políticas comerciales, ofreciendo servicios de elaboración de alimento sobre pedido, ajustándose a los requerimientos definidos por el comprador, lo que ha permitido la recuperación en parte de este mercado (SAGAR, 2000).

La producción de alimentos balanceados se incrementó a 19 millones de ton en 1999, lo que representó una tasa de crecimiento anual de 9.2% (CANACINTRA, 2000). Con ello México ocupó el octavo lugar en el mundo y el segundo en Latinoamérica, después de Brasil, en producción de alimentos balanceados (Russell, 2000).

De acuerdo con CANACINTRA (1998), la industria de alimentos balanceados tiene una tendencia de crecimiento, ya que en 1997 la capacidad de producción fue de 20 millones de ton con 360 plantas, aunque sólo se produjeron 14.8 millones de ton, esto representa una utilización de la capacidad instalada del 74%. El consumo nacional aparente de alimentos balanceados se incrementó de 14.1 millones de ton en 1996 a 19.5 millones de ton en 1999, en ese mismo año, 99% de la demanda nacional de alimentos balanceados, fue cubierta con la producción nacional y sólo el 1% se importó, estos datos se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Producción, importaciones, exportaciones y consumo de alimentos balanceados en México de 1996 al 2000 (miles de ton)**

|               | 1996    | 1997    | 1998    | 1999    | 2000    |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Producción    | 13, 990 | 15, 076 | 17, 240 | 19, 335 | 20, 000 |
| Importaciones | 134.00  | 149.00  | 186.00  | 193.00  | 200.00  |
| Exportaciones | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
| Consumo       | 14, 124 | 15, 255 | 17, 426 | 19, 528 | 20, 200 |

Fuente: CANACINTRA (2000)

Sin embargo, aunque el país es autosuficiente en alimentos balanceados, se depende de las importaciones de materias primas, principalmente de granos y semillas oleaginosas. Durante 1999 la industria de alimentos balanceados

utilizó 12.4 millones ton de granos forrajeros, de los cuales 5.9 millones fueron del extranjero, es decir, el 47.6% fue importado (CANACINTRA, 2000).

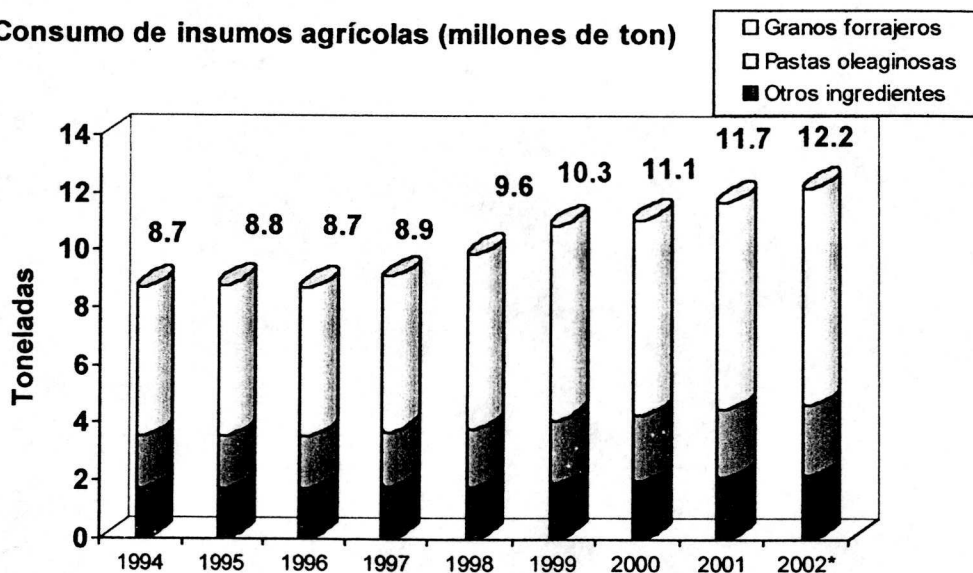
La industria avícola es el principal sector que consume alimentos balanceados, con 10 millones de ton, lo que representó que el 52% de la producción total nacional se destinará para esta industria, Figura 8.

**Figura 8. Consumo de alimentos balanceados por especie**



Fuente: CANACINTRA (2000)

**Figura 9. Consumo de insumos agrícolas (millones de ton)**



Fuente: UNA (2002) \*Proyección

De acuerdo a UNA (2002), el consumo de ingredientes para el 2001, tuvo un incremento considerable respecto al 2000, Figura 9. Las pastas oleaginosas como los granos forrajeros en el periodo de 1994 al 2001, tuvieron un aumento aproximado del 34%.

## **1.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **1.2.1 Las proteínas**

La proteína es el elemento estructural dominante en el organismo animal desde el punto de vista cuantitativo; la palabra "proteína" se deriva del griego "proteos" (el primero, el más importante) (Degussa, 1991). Son compuestos orgánicos complejos, de alto peso molecular, el cual varía entre unos cuantos millares y un millón o más. Dichas moléculas están compuestas por muchos constituyentes, dentro de los cuales se encuentran los aminoácidos. De acuerdo con el concepto modular, contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. La composición elemental es muy parecida en la mayoría de las proteínas; donde los porcentajes aproximados son: C = 50-55, H = 6-8, O = 20-23, N = 15-18, y S = 0-4 (Austic y Nesheim, 1994; Conn y Stumpf, 1991; Degussa, 1991).

### **1.2.2 Composición de las proteínas**

Las unidades fundamentales de las proteínas son los aminoácidos, lo que se demuestra fácilmente hidrolizándolas por procedimientos químicos o enzimáticos (Conn y Stumpf, 1991). Estas moléculas se encuentran constituidas por más de 20 aminoácidos distintos, forman parte de ellas en proporciones

variables y en un orden bien definido (Díaz y Hicks, 1995), Las proteínas pueden visualizarse como una cadena larga o varias cadenas de aminoácidos, unidos por ligaduras llamadas enlaces peptídico. El número, clases y orden de aminoácidos en la molécula proteínica, le concede sus propiedades específicas, así la calidad de una proteína para la alimentación animal se determina de acuerdo a lo próxima que esté su composición de aminoácidos para cubrir los requerimientos de aminoácidos del animal (Austic y Nesheim, 1994).

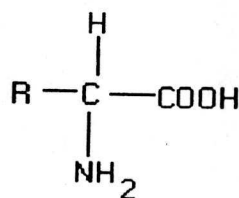
### **1.2.3 Importancia de las proteínas**

Las proteínas tienen funciones específicas gracias a su estructura, determinada por la información genética. Esta información proviene del ADN, pasa al ARN mensajero y es utilizada en la formación de una proteína dada. La estructura primaria de las proteínas es la secuencia lineal de los residuos de aminoácidos. Esta secuencia es la responsable de la estructura y función de una proteína (Díaz y Hicks, 1995). Las proteínas son importantes en la nutrición porque desarrollan numerosas funciones en los seres vivos, tales como constituyentes indispensables de todos los tejidos del animal: la sangre, músculos, plumas, tejido conectivo, colágeno, piel, pelo, etc., y constituyen alrededor de la quinta parte del peso del ave y aproximadamente la séptima parte del peso del huevo (Cuca *et al.*, 1996; Scott *et al.*, 1982). Otras funciones que desempeñan, es transportadoras de vitaminas, oxígeno, bióxido de carbono, además tienen función estructural, cinética, catalítica y de señalamiento (Murray, *et al.*, 2001).

#### 1.2.4 Aminoácidos

Los aminoácidos, tal como su nombre lo indica, se distinguen por tener dos grupos funcionales característicos en la molécula: el grupo amino  $\text{NH}_2$  y el grupo carboxilo  $-\text{COOH}$  (Degussa, 1991). Se sabe que existen alrededor de 300 aminoácidos diferentes de origen natural. Muchos de ellos sólo se observan en determinadas formas de vida, y algunos sólo aparecen en una especie. Sin embargo, todos los organismos utilizan sólo 22 de ellos para la síntesis de proteína (Bohinski, 1987). Los aminoácidos son distintos entre sí por las diferencias que poseen en la cadena R, Figura 10, (Díaz y Hicks, 1995). La cual influye sobre sus propiedades fisicoquímicas de las proteínas. La fórmula general de los aminoácidos naturales se puede representar por las fórmulas de proyección de Fischer (Figura 10). Los aminoácidos que exhiben la fórmula general se les conoce como alfa ( $\alpha$ ) aminoácidos, debido a que el grupo amino se encuentra unido al átomo de carbono adyacente al grupo carboxilo.

**Figura 10. Fórmula de aminoácidos mediante la proyección de Fischer**



Desde el punto de vista de la nutrición, los aminoácidos que forman la proteína son en realidad los nutrientes esenciales, más que la misma molécula proteínica (Austic y Nesheim, 1994).



### **1.2.5 Clasificación de aminoácidos**

Los aminoácidos se han clasificado de acuerdo a su capacidad y velocidad de síntesis en las siguientes categorías: Esenciales los cuales no son sintetizados o lo son parcialmente, sin cubrir las necesidades del organismo; entre estos se encuentran arginina, lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptófano y fenilalanina. Semiesenciales, se pueden sintetizar a partir de aminoácidos esenciales, como es el caso de la tirosina, cisteína e hidroxilisina. No esenciales, el organismo los puede sintetizar y entre estos se encuentran: alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, glutamina, hidroxiprolina, glicina, serina y prolina. Los aminoácidos limitantes, son aquellos aminoácidos esenciales que se encuentran en una concentración muy cercana al requerimiento mínimo (Scott *et al.*, 1982).

Según Degussa (1991) el crecimiento de un organismo presupone la síntesis de proteína. Durante esta síntesis, los aminoácidos requeridos, correspondiendo a una secuencia establecida genéticamente, se reúnen conjuntamente formando series. En este proceso se utilizan tanto aminoácidos esenciales como no esenciales. Si alguno de los aminoácidos necesarios no está presente durante la extensión de la cadena proteica, la síntesis proteica se interrumpe temporalmente. Si el responsable de es un aminoácido no esencial, el cuerpo es capaz de satisfacer este requerimiento. Sin embargo, si el responsable es un aminoácido esencial, este debe ser ingerido con los alimentos. Si esto no es posible, el aminoácido ausente "limita" la síntesis proteica. En las dietas para aves, en general, los aminoácidos que contienen azufre, metionina, y cisteína son los principales aminoácidos limitantes.

### **1.2.6 Digestión, absorción y metabolismo de los aminoácidos**

En el estómago, el nutriente inicialmente es acidificado (ácido clorhídrico diluido), lo que provoca la desnaturalización de la proteína, con lo cual ya puede ser mejor atacada por las enzimas proteolíticas del estómago (Pepsina) y del páncreas (tripsina y quimotripsina). Como producto se forman los péptidos, que a su vez se descomponen en aminoácidos libres por la acción de otras enzimas en el intestino o en la pared intestinal (Church y Pond, 1992).

Los aminoácidos son absorbidos en el intestino delgado antes de la parte terminal del ileon, en forma de aminoácidos libres y pequeños péptidos. La absorción se lleva a cabo por medio del transporte activo, el cual lleva a los aminoácidos en contra del gradiente de concentración. El proceso de absorción es similar para todos los aminoácidos, ya que se requieren cantidades suficientes de sodio que se unen al aminoácido, y glucosa que actúa como fuente de energía para el transporte activo. La glucosa juega un papel importante en el proceso de absorción de los aminoácidos, porque si no hay glucosa en el lumen intestinal no se activa la glucosa permeasa. Los aminoácidos y los péptidos de cadena corta, una vez que son absorbidos, pasan hacia el torrente sanguíneo, donde junto con los aminoácidos originados por la degradación constante de proteínas corporales, están disponibles para la síntesis proteica. Los aminoácidos son dirigidos al hígado vía porta, donde algunos son removidos para realizar las funciones hepáticas, incluyendo la síntesis de proteínas secretorias y hepatocitos, gluconeogénesis, y oxidación. Los aminoácidos remanentes pasan a través del hígado y son liberados a los tejidos para cubrir las necesidades anabólicas (Church y Pond, 1992; Degussa,

1991; Klasing, 1998; Zubay, 1988;). De acuerdo con Church y Pond (1992) el destino de los aminoácidos después de la absorción, puede dividirse en términos generales en tres categorías: a) Síntesis de proteína muscular y para huevo; b) Síntesis de enzimas, hormonas, y otros metabolitos y c) Desaminación o transaminación y el uso del esqueleto de carbono para obtener energía. Buttery y D'Mello (1994) mencionaron que los aminoácidos sintetizados en su mayoría son por transaminación de intermediarios de la glicólisis y el ciclo del ácido tricarboxílico. Todos los aminoácidos usados en la síntesis de proteína deben ser en la forma L. Murray *et al.*, (2001) mencionaron que la mayoría los aminoácidos no esenciales se forman a partir de intermediarios anfibólicos; otros (Cis, Tir, Ile) se forman a partir de los aminoácidos esenciales. La glutamato deshidrogenasa, glutamina sintetasa, y transaminasas desempeñan funciones fundamentales en la biosíntesis de aminoácidos. Su efecto conjunto es catalizar las transformaciones del ión amonio inorgánico a nitrógeno inorgánico  $\alpha$ -amino de muchos aminoácidos.

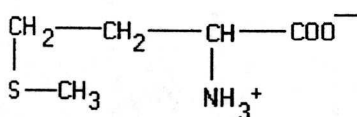
Con base en los aminoácidos utilizados en los experimentos se hace una descripción general.

## 1.2.7 Metionina

### 1.2.7.1 Aspectos generales

La metionina fue aislada en 1923 por Müller en Alemania a partir de la caseína hidrolizada, años más tarde se pudo determinar la estructura de este aminoácido y fue ahí en donde recibió su nombre (Degussa, 1991). La metionina forma cristales de color amarillo débil y su olor es típico de los compuestos azufrados, su solubilidad es de 3.3 g en 100 ml de agua a 20° C; sin embargo, en solventes orgánicos tiene dificultad para disolverse (Austic y Nesheim, 1994).

**Figura 11. Estructura química de la Metionina, Murray *et al.*, (2001)**



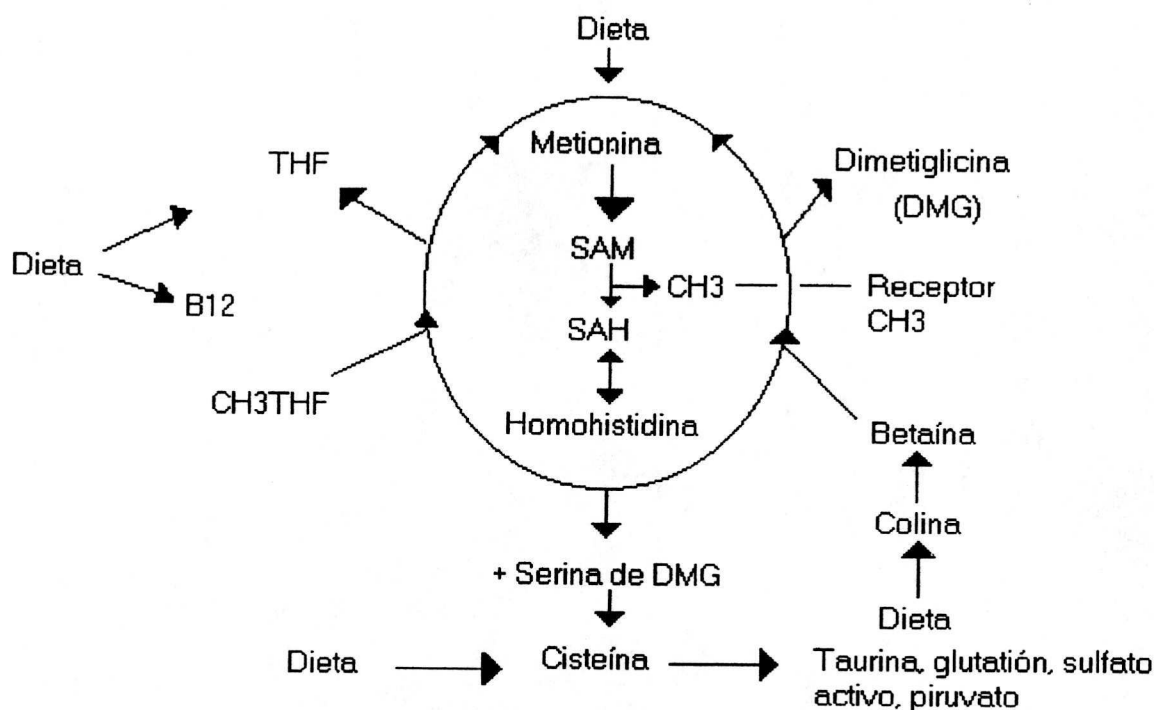
### 1.2.7.2 Importancia

Es elemento estructural de las proteínas, componente de enzimas y prácticamente de todos los tejidos del organismo animal; tiene funciones metabólicas adicionales, en especial como precursor de la cisteína/cistina y de los péptidos como glutatión. Como iniciador de la biosíntesis proteica, donador de grupo metil (S-adenosil metionina) (Degussa, 1991). Por ser un agente metilante, es esencial para formación de músculo, pluma, pelo, componente de enzimas, hormonas necesarias en el crecimiento de las aves y puede remplazar parte de la colina dietética (Austic y Nesheim, 1994). La deficiencia de este aminoácido en las raciones de las aves causa retraso en el crecimiento,

problemas de emplume y deposición de grasa en la canal (Morales y Ávila, 1994). Además de otras funciones como síntesis de poliaminas, compuestos como la creatinina, carnitina, epinefrina, colina, melatonina, sarcosina, y ADN (Van, 2000).

### 1.2.7.3 Metabolismo

**Figura 12. Metabolismo de aminoácidos azufrados, (Van, 2000)**



El metabolismo de la metionina se muestra en la Figura 12. La metionina primero se transforma a ATP formando S-adenosilmetionina (SAM), que es el donador más importante de grupos metilo (Baker, 1997). De acuerdo con Murray et al., (2001) cuando este aminoácido está en exceso, se da un

catabolismo, siendo el succinil-CoA el producto final anfibólico de la metionina, contribuyendo con tres quintas partes de los carbonos de este aminoácido y sus carbonos carboxilo, por lo que el grupo metilo es eliminado como tal. Baker (1997) mencionó que el exceso de metionina se usa para complementar los requerimientos de cistina, cisteina, taurina, etc. Esta reacción es irreversible por lo que es imposible sintetizar metionina a partir de cisteina, debido a que la enzima que participa en esta reacción (cistationina sintetaza), muchos animales no cuentan con ella.

#### **1.2.7.4 Relación entre aminoácidos**

La colina está muy relacionada con el metabolismo de la metionina debido a que la colina puede sintetizarse usando grupos metilos lábiles (S-adenosilmetionina) que son donados en el proceso conocido como transmetilación, por lo que cuando hay deficiencia de colina se debe principalmente a la ausencia de grupos metilo (Simon, 1999). Por esta razón en las dietas para aves es necesario incluir colina en forma de cloruro para que la metionina que el ave consume esté destinada exclusivamente a sus funciones y no a la formación de colina. Se necesitan considerar dos aspectos importantes en la formulación de dietas, y es que la cistina se puede sintetizar a partir de la metionina, pero la metionina no puede sintetizarse a partir de la cistina. Consecuentemente, la metionina puede cubrir el requerimiento total de los aminoácidos azufrados. Por lo tanto, se necesita establecer un nivel mínimo de metionina en cada formulación, además de un nivel mínimo de aminoácidos

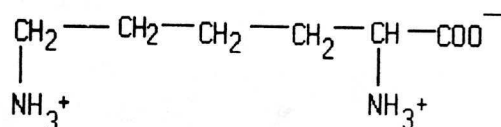
azufrados. La cantidad de metionina requerida es de aproximadamente 50% del total de las necesidades de aminoácidos azufrados (Van, 2000).

### **1.2.8 Lisina**

#### **1.2.8.1 Aspectos generales**

La lisina fue aislada a partir de la caseína en 1889 por Drechsel, catalogándola como un aminoácido de cadena lateral básica. Actualmente la lisina se produce por microorganismos que son capaces de oxidar la glucosa a lisina (ADM, 1995). La producción fermentativa se da por microorganismos, que utiliza como materia prima: azúcar, productos que contienen almidón y sus hidrolizados, melaza, así como fuentes de nitrógeno.

**Figura 13. Estructura química de la Lisina, (Murray et al., 2001)**



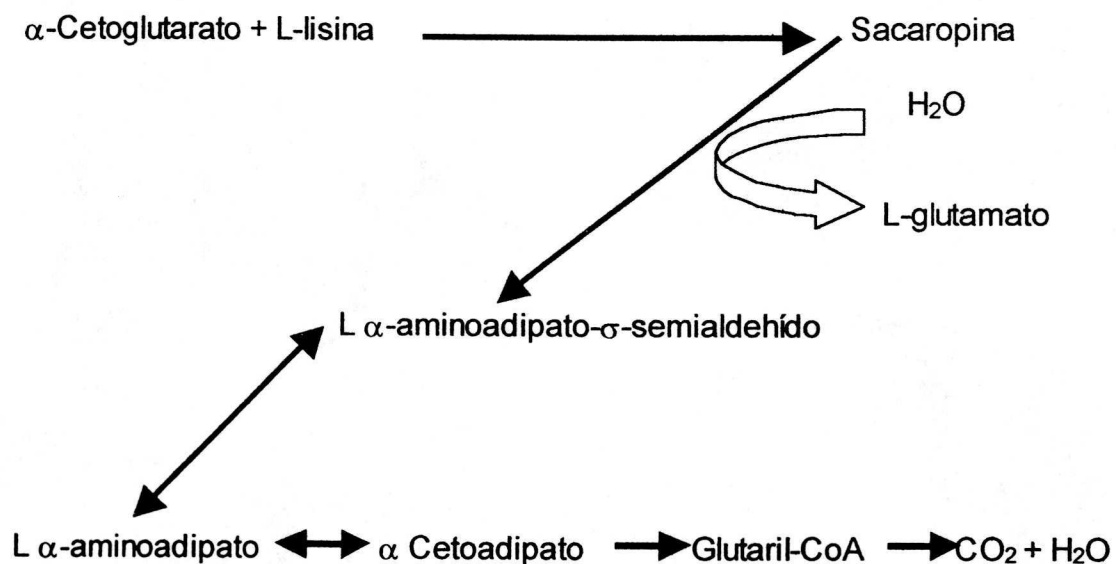
#### **1.2.8.2 Importancia**

La lisina es elemento estructural de la proteína, componente de enzimas y se encuentra presente prácticamente en todos los tejidos del organismo animal. Tiene importancia especial en la formación de tejidos colágenos y en la osificación. Como componente de los nucleótidos, estimula la división celular (Degussa, 1991). La lisina es esencial para ponedoras y es el segundo aminoácido limitante en dietas comerciales para gallinas de postura. Los



requerimientos están influenciados por varios factores como son, línea o estirpe, edad, tamaño corporal, tipo de alimento, productividad y criterios usados para calcular los requerimientos (Yamamoto e Ishibashi, 1997). La lisina es un aminoácido glucogénico y cetogénico cuando no hay disponibilidad de carbohidratos. Es precursor de la carnitina, compuesto importante en el metabolismo de lípidos (Murray *et al.*, 2001).

**Figura 14. Metabolismo de la Lisina, (Murray *et al.*, 2001)**



### 1.2.8.3 Metabolismo

La L-lisina se condensa con  $\alpha$ -cetoglutarato, formándose una base de Schiff, la cual es reducida a sacaropina y luego oxidada por una segunda deshidrogenasa. La adición de agua forma L-glutamato y L- $\alpha$ -aminoadipato- $\sigma$ -semialdehído (Figura 14).

#### **1.2.8.4 Relación entre aminoácidos**

La lisina presenta antagonismo con la arginina, determinado por la arginasa renal, que no distingue la diferencia entre ambos aminoácidos, transformándolos en urea y ornitina, por lo que al formular una dieta es importante considerar una relación 1:1 entre estos dos aminoácidos. El nivel de actividad de esta enzima puede incrementarse con un alto contenido de cualquiera de estos dos aminoácidos en la dieta. Así mismo comparten el sistema de transporte de tubulos en el riñón y los excesos de uno de ellos puede causar la reducción de otro (Scott *et al.*, 1982). Kidd (2000) mencionó que la lisina y la treonina interactúan para afectar el crecimiento y la composición de la canal de pollo de engorda. Estas interacciones son importantes debido a que una deficiencia marginal de treonina en la dieta puede limitar la eficiencia de utilización de lisina de la dieta. Además esta interacción es de gran importancia económica debido a que la treonina es típicamente el principal punto de presión en dietas mexicanas de mínimo costo para pollo de engorda. Por ende, una subestimación del mínimo de treonina, limita la eficiencia de lisina, por lo tanto disminuye el crecimiento del pollo, y una sobrestimación de un mínimo de treonina incrementa el costo de la dieta.

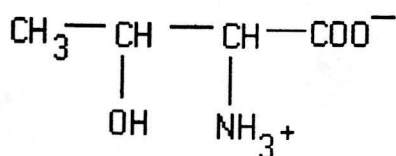
#### **1.2.9 Treonina**

##### **1.2.9.1 Aspectos generales**

La treonina fue aislada por Rose *et al.*, (1935, citado por De Blas *et al.*, 2001) al efectuar una hidrólisis de la fibrina. Al año siguiente se efectuó la síntesis de este aminoácido y además fue confirmado que era esencial en dietas para

ratas. Se encuentra en baja proporción en la carne, leche, huevos y cereales. El sabor de los hidrolizados de proteína de la carne se debe en parte a la formación de  $\alpha$ -exobutirico a partir de treonina. Su estructura química se muestra en la Figura 15. Fue el último de los 20 aminoácidos naturales en ser conocido, y fue denominado así por la similitud con la estructura química de la terrosa. Su producción industrial se hace a partir de procesos fermentativos, donde se genera únicamente el isómero L-treonina. La producción fermentativa puede realizarse por medio de microorganismos.

**Figura 15. Estructura química de la treonina, (Murray *et al.*, 2001)**



#### **1.2.9.2 Importancia**

La treonina es uno de los nueve aminoácidos estrictamente esencial para los animales superiores, es elemento estructural importante de la proteína, y primordial en la estabilización de estructuras proteicas, mediante la formación de puentes de hidrógeno (Degussa, 1991). Es frecuentemente el tercer aminoácido limitante (después de la lisina y metionina) en dietas de cerdos y aves, además de ser el tercer aminoácido más caro, tanto cuando se suministra en forma de proteína, como cuando se añade a la dieta en forma cristalina (De Blas *et al.*, 2001). Ishibashi *et al.*, (1998), indicaron que existe relación entre el

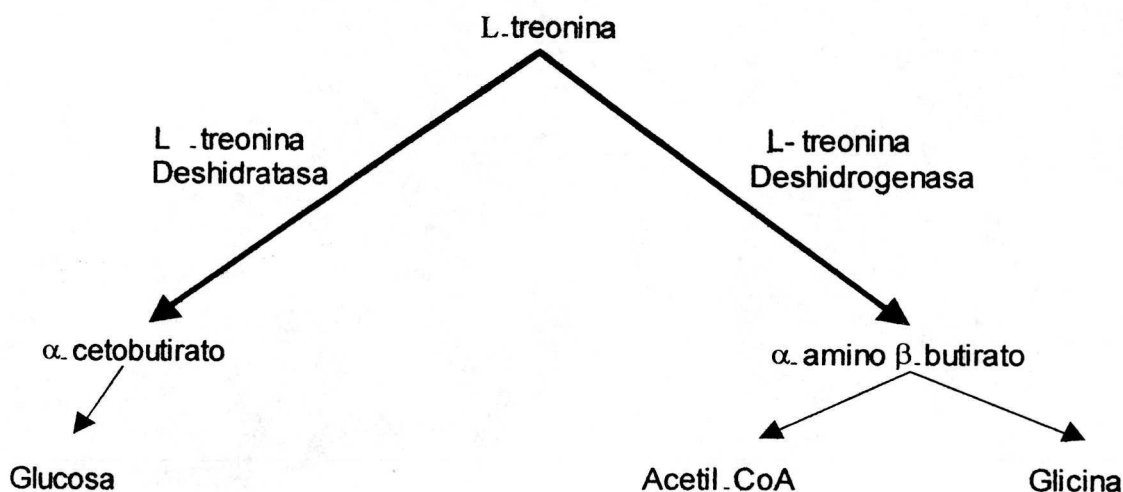
nivel de proteína en la dieta y la cantidad de treonina que se tiene que suplementar.

### 1.2.9.3 Metabolismo

En el metabolismo, la treonina se asciende a acetaldehído y glicina mediante la treonina aldosa. El acetaldehído formado, se oxida a acetato, y a continuación éste se convierte en acetil-CoA (Murray *et al.*, 2001). El cual puede entrar al ciclo del ácido cítrico y arrojar los productos finales del ciclo.

La treonina puede catabolizarse por dos vías: treonina-deshidratasa y treonina deshidrogenasa. En el primer caso el producto final es glucosa y en el segundo glicina y acetil CoA (De Blas *et al.*, 2001). Entre los aminoácidos, la treonina es el único que no sufre procesos de transaminación o desaminación oxidativa, sin embargo sufre deshidratación o deshidrogenación.

Figura 16. Vías de oxidación de la treonina



#### **1.2.9.4 Interacción entre aminoácidos**

El exceso de algunos aminoácidos en la dieta ya sea en forma individual o en mezcla, incrementa los requerimientos de treonina. Como es el caso de excesos de lisina y arginina, que aumentan los requerimientos de treonina. También se produce un desbalance de treonina cuando se adiciona a la dieta serina (Davis y Austic, 1993). Las necesidades de conservación de treonina son relativamente elevadas, de forma que la relación treonina/lisina en la proteína ideal para cubrir los gastos de mantenimiento en ganado porcino es de un 151%. Sin embargo, la relación óptima de treonina/lisina para la síntesis de proteína muscular o de proteína láctea disminuye hasta alrededor de un 60%. Como consecuencia cabe esperar que la relación óptima global treonina/lisina aumente con la edad del animal, en paralelo al aumento de la proporción que suponen los gastos de mantenimiento con respecto a los gastos totales. De igual forma la relación treonina/lisina en pollos tiende a aumentar con la edad (De Blas *et al.*, 2001).

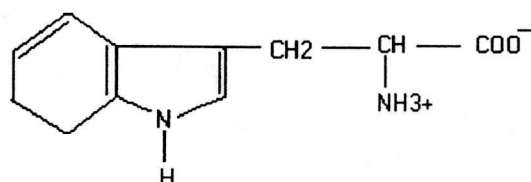
#### **1.2.10 Triptófano**

##### **1.2.10.1 Aspectos generales**

El triptófano se aisló por vez primera en 1902 por F. G. Hopking de un hidrolizado de caseína obtenido con enzimas del páncreas. Las proteínas de origen animal, lo contienen en cantidades pequeñas, siendo aún menor en proteínas de cereales. La mayoría de las proteínas vegetales, sobre todo la soya, son ricas en triptófano (Hans, 1988; Degussa, 1991). La producción química es a través de síntesis, por ejemplo, del ester acetaminomalónico y

fenilhidracina, para producir el DL-Triptófano. La producción semifermentativa/fermentativa es a partir de la glucosa o productos iniciales sintéticos como el ácido antranílico o indol, para producir el L- triptófano (Degussa, 1991).

**Figura 17. Estructura química del triptófano (Murray *et al.*, 2001)**



#### **1.2.10.2 Importancia**

Desde el punto de vista biológico el triptófano es un aminoácido esencial de extraordinaria importancia, ante todo como precursor del ácido nicotínico y tirosina. Promueve la ingestión alimenticia (Degussa, 1991; Austic y Nesheim, 1994). Es elemento estructural de la proteína, participa en la formación de precursores del NAD (micotinamida-adenina-dinucleótido), así como en muchos procesos metabólicos de las hormonas serotonina y triptamina (Austic y Nesheim, 1994). Es un aminoácido esencial junto con la lisina, metionina y treonina. Al igual que los otros aminoácidos esenciales, el triptófano es un nutriente importante para la síntesis de proteína corporal. Cuando su suministro en la dieta es limitante con relación a otros aminoácidos esenciales, la síntesis proteica, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia se reducen (Jansman, 2001). Junto a su función como aminoácido esencial en el metabolismo proteico, el triptófano juega un papel como precursor de la serotonina (un

neurotransmisor) y de la hormona melatonina (Kerr y Kidd, 1999). El exceso de proteína de una dieta deficiente en triptófano, tiene como consecuencia una reducción en el consumo de alimento, así como en el crecimiento de los animales. Esto ocurre por el desbalance entre aminoácido neutral y los demás aminoácidos (leucina, isoleucina, valina, fenilalanina, y tirosina), debido a esto Henry (1996) sugirió que en dietas en donde el triptófano sea el segundo aminoácido limitante, el aumento de proteína puede perjudicar el consumo de alimento. Por otra parte, en una dieta bien balanceada, con menos proteína, puede existir un estímulo del consumo de alimento.

#### **1.2.10.3 Metabolismo**

En el metabolismo la triptófano oxigenasa cataliza la escisión del anillo indol con incorporación de dos átomos de oxígeno molecular para formar N-formilcinuremia. La oxigenasa, una porfirina férrica metaloproteínica, puede inducirse en el hígado mediante los corticosteroides suprarrenales y por el triptófano. El triptófano también estabiliza la oxigenasa previamente a la degradación proteolítica. Los átomos de carbono de la cadena lateral y del anillo aromático se pueden degradar por completo hasta intermediarios anfibólicos por cinureninantranilato (Murray *et al.*, 2001).

#### **1.2.11 Proteína ideal**

La "proteína ideal" es definida como el balance exacto de los aminoácidos esenciales para satisfacer sin deficiencia ni excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos requeridos para mantenimiento y una máxima

producción, expresando cada aminoácido como porcentaje, con relación a otro aminoácido de referencia. Con esto es posible mantener una relación constante, conservando una calidad de proteína similar para cubrir las necesidades fisiológicas y productivas del animal (Baker y Chung, 1992; Baker, 1997).

Leclercq (1988) la define como una mezcla de proteínas alimenticias donde todos los aminoácidos digestibles, principalmente los esenciales, son limitantes en la misma proporción. Esto significa que ningún aminoácido se suministra en exceso en comparación con el resto. Como consecuencia, la retención de proteína (ganancia respecto a consumo de proteína) es máxima y la excreción de nitrógeno es mínima. Esto es posible a través de una adecuada combinación de ingredientes alimenticios y la suplementación de aminoácidos sintéticos.

Firman y Boling (1998) mencionaron que es el balance exacto de aminoácidos, necesario para cubrir las necesidades alimenticias del animal, los aminoácidos no pueden ir en excesos, ni en deficiencia, porque pueden utilizarse para la generación de energía. La excreción de nitrógeno puede minimizarse y todos los demás aminoácidos esenciales pueden convertirse en otras formas (por ejemplo, aminoácidos no esenciales).

#### **1.2.11.1 Antecedentes**

La proteína ideal fue propuesta por primera vez por dos prominentes científicos de la Universidad de Illinois H. H. Mitchell and H. M. Scott, a finales de la década de los cincuenta y principios de los sesenta. Scott propuso una dieta para aves con aminoácidos sintéticos purificados que culminó con Dean y Scott



(1965); citados por Baker (1997), quienes publicaron una descripción de una dieta definida químicamente, en donde todos los aminoácidos estuvieron presentes a niveles cercanos de los requerimientos del animal. Esta mezcla ideal de aminoácidos propuesta por Mitchell podía ser idéntica a los requerimientos de crecimiento y mantenimiento del animal, por lo cual Mitchell realizó una versión temprana de una proteína ideal, pero esta falló en el sentido de que contenía excesos de aminoácidos. Trabajos posteriores de Dean y Scott (1965); citados por Baker (1997) realizaron modificaciones al perfil de aminoácidos para aves, tomando en cuenta el nivel de aminoácidos y el nivel total de nitrógeno requerido por las aves, para cubrir los requerimientos mínimos de crecimiento y mantenimiento. Estudios posteriores de requerimientos, usando mezclas de aminoácidos, produjeron un nuevo perfil de aminoácidos, donde la tasa de crecimiento de las aves alimentadas con estos perfiles no se afectaron, comparadas con las de aves alimentadas con la dieta testigo. Bajo el supuesto de que las dietas con 25% de proteína cruda, y que contenían excesos de aminoácidos, el Dr. William Dean y su estudiante Scott, realizaron una nueva serie de estudios sobre los requerimientos de aminoácidos, culminando en el Estándar Dean (Dean and Scott, citados por Baker, 1997), quienes encontraron que con dietas con un contenido de 17.7% de proteína cruda para pollos cruzados (Hampshire x Columbus) de uno a 10 días de edad, con tasas de ganancia de 16 g/d, similares a las obtenidas con un 24% de proteína cruda, en dietas a base de maíz y pasta de soya. Trabajos posteriores por H. H. Scott y D. H. Baker observaron que varios aminoácidos en el estándar de Dean se encontraban en excesos y promovieron un nuevo

estándar mejorado, que contenía sólo 14.8% de proteína cruda, y producía los mismos resultados que el estándar de Dean. Estos trabajos indican que el perfil de aminoácidos tiene efectos profundos sobre la eficiencia de una dieta y particularmente sobre el consumo voluntario de alimento (Baker, 1997).

#### ***1.2.11.2. Ventajas de un perfil ideal de aminoácidos***

Muchas razones pueden citarse para justificar que un perfil ideal de aminoácidos pueda tener ventajas en la utilización del concepto de proteína ideal en la práctica (Baker, 1997):

- a) No existe información certera sobre los requerimientos de muchos aminoácidos.
- b) Existe poca información confiable de la concentración de aminoácidos en ingredientes, excepto para lisina, en donde si existe o es menos cuestionable.
- c) Los animales de diferente potencial genético tienen diferentes requerimientos de aminoácidos.
- d) La relación entre la densidad calórica de la dieta y los requerimientos de aminoácidos no se conocen, al menos no cuantitativamente y es cierta para la relación de nivel de proteína de la dieta y los requerimientos de aminoácidos.
- e) El concepto de proteína ideal usa a la lisina como un estándar simplificado de formulación de dietas.
- f) Se conoce mucho a cerca de los requerimientos de lisina para cerdos y aves, y de su concentración en ingredientes alimenticios. Sin embargo, es

el aminoácido más limitante en dietas para cerdos y el segundo en dietas para aves después de la metionina, la función de la lisina en el cuerpo es para la síntesis de proteína (solo la lisina de origen endógeno P/e trimethyl lisina, es usada para la síntesis de carnitina).

Degussa (1996) mencionó que el concepto de proteína ideal, asegura el uso económico de la proteína de la dieta. Está reconocido que hay una serie de factores que afectan los requerimientos de pollos de engorda en crecimiento. Factores dietéticos como energía, nivel de proteína cruda, pero también la edad del ave, genética y sexo, resultan en requerimientos variables de aminoácidos. Por lo que es imposible tomar en cuenta todas las posibles combinaciones con un experimento de dosis respuesta. Por lo mencionado anteriormente, la proteína ideal, puede ser aplicable a animales alimentados con dietas bajas y altas en energía y con dietas altas y bajas en proteína. El concepto, es propuesto para usarse en formulaciones prácticas de dietas. La ventaja de usar el concepto de proteína es que una relación ideal, puede servir para todas las aves de diferente potencial genético, cuyos requerimientos pueden ser diferentes (Baker, 1997). La mayor ventaja de usar el perfil de proteína ideal, es que se puede fácilmente adaptar a una multitud de situaciones, dado que las relaciones ideales se mantienen relativamente estables, independientemente de los cambios en el plano nutricional de aminoácidos (Degussa, 1996). Al ajustar los niveles de a un perfil ideal, se evitarán deficiencias y excesos, y la consecuente producción de energía a partir de aminoácidos. La proteína ideal puede resultar de utilidad bajo diversos conceptos, uno de ellos es que permite

la formulación de dietas con menor contenido de proteína total, para cubrir las necesidades de los aminoácidos, logrando un mejor retorno económico. Además se tiene la posibilidad de formular las dietas con base en los perfiles de digestibilidad de los ingredientes (Baker, 1997).

#### **1.2.12 Utilización de Lisina como aminoácido de referencia**

Han y Baker (1994) propusieron que bajo el concepto de proteína ideal cada aminoácido debe expresarse como porcentaje con relación a la lisina como aminoácido de referencia, y así mantener una relación constante, y conservar una calidad similar de proteína que cubra las necesidades fisiológicas y productivas del animal. De acuerdo con Baker (1997), Degussa (1996), y Boling y Firman (1998) la lisina es el aminoácido seleccionado para establecer el parámetro de referencia debido a:

- a) Es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos y el segundo después de la metionina en el caso de las aves.
- b) Se encuentra disponible económicamente en forma cristalina.
- c) Tiene como única función fisiológica, la deposición de proteína tisular, a diferencia de los aminoácidos azufrados. Y por lo tanto no se complica en rutas metabólicas diferentes, como el mantenimiento y el emplume.
- d) Su análisis químico es simple y directo comparado con los de la metionina y cistina, por lo que existe mucha información a cerca de sus concentraciones en alimento y materias primas.
- e) Existe una gran cantidad de información publicada, sobre sus requerimientos en aves y cerdos.

### **1.2.13 Aminoácidos digestibles**

Leclerq (1998), Firman y Boling (1998), y Degussa (1996) mencionaron que todos los aminoácidos utilizados, cuando se formula bajo el concepto de proteína ideal, deben estar en base digestible mas que como aminoácidos totales. Fernández (1996) mencionó que la digestibilidad corresponde a la porción de nutrientes absorbidos en el tracto gastrointestinal. Peñalva (1999) mencionó que al formular bajo el concepto de digestibilidad, se establece un candado de seguridad para la correcta utilización de la PC, los aminoácidos y el nitrógeno aportado, evitando así los desbalances, excesos y deficiencias que afectan la productividad de las aves. La formulación con aminoácidos digestibles, disminuye la variabilidad en la respuesta productiva de los animales de tal manera que permite hacer formulaciones más precisas. La proteína, representa uno de los componentes más costosos en la formulación de los alimentos y es de los nutrientes que mayor efecto produce sobre la calidad y conformación de la canal, por estos factores, recientemente se ha empezado a tomar ventaja sobre la información de la eficiencia de retención de aminoácidos por el organismo, lo que permite establecer un requerimiento más preciso sobre su digestibilidad y balance exacto, sugiriendo con ello la posibilidad de elaborar los perfiles nutricionales bajo el concepto de proteína ideal.

### **1.2.14 Formulación de dietas con aminoácidos digestibles y proteína ideal**

En 1975 Baker y colaboradores, citados por Penz (2000a), demostraron la importancia de formular con base en aminoácidos y no con proteína cruda. Redujeron el nivel de proteína en dos unidades y mantuvieron el mismo valor de

lisina de la dieta testigo. Los resultados fueron similares, al tratamiento con una reducción de la proteína cruda. También encontraron valores de comportamiento productivo semejantes a los obtenidos por los animales que recibieron la dieta testigo, además, la cantidad de nitrógeno excretada disminuyó significativamente con la reducción del nivel de proteína de la dieta. Así en esa época, los autores rompieron con la idea de la formulación con base en proteína cruda y proponiendo el concepto de la formulación con base en aminoácidos digestibles.

Trabajos de Parsons (1991), Fernández *et al.*, (1994) y Fernández *et al.*, (1995) demostraron que dentro de las formulaciones con base a aminoácidos digestibles, la digestibilidad de los aminoácidos puede variar dentro de un mismo ingrediente. Los más conservadores sostienen que esa es la principal inconveniencia del uso de formulación en base a aminoácidos digestibles. Realmente este es un factor relevante. Sin embargo, bajo la incertidumbre de la digestibilidad real de cada aminoácido en cada ingrediente, los resultados siempre fueron mejores que cuando se formuló con aminoácidos totales. Parson (1991) mencionó que la formulación de dietas para pollos de engorda con base en aminoácidos digestibles es superior a la formulación con base en la concentración total de aminoácidos.

Hernández y Jiménez (1999), trabajando con gallinas de postura, suplementaron aminoácidos en dos perfiles de digestibilidad, bajo el concepto de proteína ideal, los cuales incluyeron a la lisina, metionina+cistina, treonina, triptófano, y arginina; y disminuyendo la proteína en 15, 14 y 13%, no se observaron disminuciones en el número total de huevos por ave, en el peso

promedio del huevo, porcentaje de postura, masa de huevo, conversión alimenticia, materia seca excretada y en el nitrógeno excretado.

La reducción del nitrógeno consumido y la subsiguiente reducción de nitrógeno excretado, que ocurre cuando las fórmulas de las dietas son calculadas con base al concepto de proteína ideal, no sólo mejora el aprovechamiento de los aminoácidos en general, sino que también la energía. La menor excreción de nitrógeno también resulta en una menor producción de calor para catabolizar los aminoácidos, pues ellos estarán en la dieta en menor cantidad y de forma balanceada (Henry, 1996).

#### **1.2.15 Excreción de nitrógeno**

Cuando existen excesos de proteína cruda en la dieta, los aminoácidos se consumen en exceso, los cuales experimentan la pérdida del grupo amino, cuyo nitrógeno debe de ser excretado y sus esqueletos carbonados residuales, pueden seguir dos destinos: a) la conversión a glucosa (Gluconeogénesis) y b) su oxidación a través del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, reduciéndose al mínimo la excreción de nitrógeno, ambos procesos (excreción de nitrógeno y su oxidación del esqueleto carbonado) resultan muy costosos al ave, desde el punto de vista metabólico.

De acuerdo con Degussa (1991) el metabolismo de los animales está estrechamente relacionado con la producción de energía. Los aminoácidos presentes en excesos se degradan. La estructura carbonada de estos aminoácidos se utiliza en la producción de energía. Por otro lado, en un proceso consumidor el amoníaco liberado se convierte en urea o en el caso de las aves



en ácido úrico. De este modo alrededor de 17 Kj de energía metabolizable puede utilizarse por gramo de proteína, este proceso representa un desperdicio de aminoácidos valiosos y por lo tanto no es económico. La oxidación de proteína, incrementa las pérdidas de energía metabólica (por orina), e incrementa la producción de calor (Baker y Chung, 1992). El nitrógeno procedente del exceso de aminoácidos esenciales puede removerse y usarse para sintetizar aminoácidos no esenciales o para producir ácido úrico que se excreta en la orina (Okazaki *et al.*, 1993). Los animales excretan el nitrógeno de aminoácidos y otras fuentes como uno de tres productos finales: amoníaco en peces, ácido úrico en aves, o urea en muchos mamíferos. El nitrógeno derivado principalmente del nitrógeno alfa de los aminoácidos es potencialmente tóxico para todos los animales. Por tanto, inicialmente los tejidos de los animales lo eliminan mediante su conversión en glutamina para ser posteriormente transportado al hígado, en donde se da la desaminación de la glutamina que libera amoníaco, que luego es convertido de manera eficiente en un compuesto no tóxico, rico en nitrógeno y urea (Murray *et al.*, 2001).

Se ha observado que al reducir el nivel de proteína en la dieta de los animales, no sólo disminuye el consumo de nitrógeno, sino que también significa que menos de este elemento va a ser excretado en las heces. Una de las razones más importantes para encontrar los requerimientos diarios de proteína y aminoácidos es tratar de mantener los niveles de producción de las gallinas de postura, que permitan reducir el nivel de proteína y la excreción de nitrógeno (Summers, 1993).



### **1.2.16 Contaminación por nitrógeno**

Los excesos de proteína se excretan en las heces y es la mayor causa de acumulación de nitrógeno por parte de las unidades productivas de gallinas ponedoras. Las aves de postura que reciben un exceso de proteína en la dieta, utilizan aproximadamente 40% del nitrógeno ingerido de proteína cruda para la formación de huesos y carne; el resto (60%) es excretado a través de las heces (Keshavarz y Jackson, 1992; Summers, 1993). Debido a que el nitrógeno se separa de las heces, el agua que corre en la superficie o bajo ella se contamina. La atmósfera también se contamina con nitrógeno vía la formación de amoníaco. Keshavarz (1998) mencionó que el problema del nitrógeno en el suelo es su transformación en nitratos. En varios ríos europeos, el nitrógeno de los desechos animales contribuye entre 40 y 60% del nitrógeno total encontrado. El nitrato se mueve fácilmente en el suelo y se disuelve en el agua. El nitrógeno también puede fluir en el ambiente en la forma de amoníaco, que puede causar la llamada lluvia ácida. El exceso de nitrógeno y otros nutrientes, favorece el desarrollo desordenado de algas. La descomposición de esas algas consume el oxígeno disuelto en el agua. A estos problemas es dado el nombre de eutroficación, que perjudica el crecimiento de especies acuáticas, como peces, crustáceos, etc. (Penz, 2000b). Desde el punto de vista de la protección ambiental es correcto reducir el nivel de excreción de nitrógeno y económicamente prudente reducir los costos involucrados en la formulación con niveles excesivos de proteína en la dieta (Kerr y Kidd, 1999).

### **1.2.17 Reducción en el porcentaje de proteína cruda de las dietas**

La reducción en la excreción de nitrógeno puede lograrse con el uso de dietas bajas en proteína, suplementadas con aminoácidos sintéticos. Producciones adecuadas, puede obtenerse con reducciones moderadas en el nivel de proteína en la dieta, y con apropiada suplementación de aminoácidos. Sin embargo, cuando el nivel de proteína es reducido drásticamente, la producción no puede mantenerse satisfactoriamente (Keshavarz, 1998). Summers (1993) indicó que al reducir los niveles de proteína de la dieta de gallinas, resultó en una reducción del 50% la excreción de nitrógeno. En dietas con 11% de proteína cruda y suplementadas con aminoácidos sintéticos, se obtuvo una reducción del 40% en la excreción de nitrógeno, en comparación con el nivel convencional de 17%. Harms y Rusell (1993) realizaron experimentos en los cuales se logró producir una máxima masa de huevos con ponedoras alimentadas con dietas bajas en proteínas, suplementadas con aminoácidos. De manera general, aves alimentadas con dietas bajas de proteína y suplementadas con aminoácidos sintéticos, y tomándolos como base digestible, no afectan su comportamiento productivo, y reducen la excreción de nitrógeno, debido a una mejor utilización de éste, por no haber excesos. Esto es posible hasta el nivel de proteína cruda que cubra las necesidades de todos los aminoácidos esenciales y no esenciales, una vez que se rebasa este punto, la cantidad de nitrógeno no esencial, puede ser la limitante para la formación de otros aminoácidos no esenciales, por lo tanto la productividad de las aves se ve afectada, por la deficiencia de nitrógeno, esto al compararlas con las dietas testigo.

## **1.3 PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### ***1.3.1 Problemática***

En la actualidad las dietas para gallinas de postura se formulan con base a proteína y aminoácidos totales, para obtener dietas de mínimo costo, siendo que en otras áreas de la nutrición, sólo se considera las porciones disponibles de algunos nutrientes (Peñalva, 1999). Los nutrimentos proporcionados en exceso o en base total, pueden provocar desbalances, excesos o deficiencias, tal es el caso de la proteína cruda contenida en la dieta que no se utiliza completamente o que se encuentra por encima del requerimiento del ave, se elimina a través de las excretas ocasionando acumulación de nitrógeno en los mantos freáticos por lixiviación y en las tierras de cultivo donde se utilizan como abonos, lo que conduce a una mayor contaminación ambiental por causa del nitrógeno contenido en los desechos de los animales, además, por los excesos, las dietas son más caras. De acuerdo con Summers (1993) en gallinas alimentadas con dietas con 17% de proteína cruda (nivel que se usa comercialmente), excretan el 56% del nitrógeno consumido. Si se considera un consumo de 115 g de alimento por ave/día, equivalente a 3.128 g de nitrógeno. De acuerdo con Summers (1993) esto representaría 1.75 g de nitrógeno excretado por ave/día. Al tomar el inventario nacional de aves de postura en producción para el año 2001, con 113, 589, 884 aves, representaría 199 ton/día, y al año 7,2635 ton de nitrógeno excretado, lo que brinda una perspectiva de la cantidad de nitrógeno desperdiciado en heces, y que además gran parte va al suelo como contaminante. Además Summers (1993) mencionó que la cantidad de nitrógeno excretado disminuye de manera lineal como el

porcentaje de proteína en la dieta disminuye. Una opción para la disminución de este problema, es la utilización de dietas formuladas mediante el concepto de proteína ideal, con lo cual es posible la disminución del nivel de proteína de la dieta, hasta un nivel que no afecte el comportamiento de las aves, y disminuya la cantidad de nitrógeno excretada al ambiente, esto por medio de la suplementación de aminoácidos esenciales en forma digestible y en la cantidad óptima para su aprovechamiento, evitando así los excesos y disminuyéndose la contaminación y los costos de las dietas

### **1.3.2 Hipótesis**

La formulación de dietas bajo el concepto de Proteína Ideal, en la alimentación de gallinas de postura, hace posible el uso más eficiente de la proteína cruda de las dietas, lo que permite que la eficiencia alimenticia mejore, y por consecuencia se mantenga la producción y se minimice la excreción de nitrógeno.

### **1.3.3 Objetivos**

- 1) Evaluar la eficiencia alimenticia de dietas formuladas a través del concepto de Proteína Ideal para la alimentación de gallinas de postura.
- 2) Evaluar el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas de postura, alimentadas con dietas formuladas mediante el concepto de Proteína Ideal.
- 3) Evaluar la disminución de la excreción de nitrógeno, de gallinas de postura alimentadas con dietas formuladas bajo el concepto de Proteína Ideal.

**CAPITULO II**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO**

**AMBIENTAL DE DIETAS FORMULADAS CON**

**PROTEÍNA IDEAL PARA GALLINAS DE POSTURA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artículo sometido para su posible publicación en la revista Interciencia

## **RESUMEN**

Se realizaron dos experimentos para evaluar la eficiencia alimenticia, comportamiento productivo, calidad de huevo y disminución en la excreción de nitrógeno de gallinas de postura, alimentadas con dietas formuladas bajo el concepto de Proteína Ideal (PI). Se utilizaron 240 aves Hy Line (W-98). Se midió la eficiencia alimenticia (EA), consumo de alimento (COD), masa colectada de huevo (MC), y unidades Haugh (UH). El Experimento 1 duró 11 semanas, y se evaluaron 8 tratamientos, resultado de 4 niveles de proteína cruda (PC) (17, 15, 13 y 11) y 2 perfiles de aminoácidos (PER), donde lisina, aminoácidos azufrados, treonina, triptófano y arginina tuvieron niveles de (0.69, 0.60, 0.47, 0.16, 0.63%) y (0.69, 0.56, 0.60, 0.14, 0.90%), respectivamente. El Experimento 2 duró 7 semanas, y se evaluaron 16 tratamientos, resultado de 4 niveles de PC (15, 13, 12 y 11%) y 4 PER, (0.69, 0.60, 0.47, 0.16, 0.63 %), (0.69, 0.56, 0.50, 0.14, 0.90 %), (0.69, 0.67, 0.58, 0.12, 0.98%) y (0.69, 0.64, 0.46, 0.13, 0.69), respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglos factoriales 4X2 en (Experimento 1) y 4X4 (Experimento 2). El modelo fue  $Y_{ijk} = \mu + PC_i + PER_j + PC * PER_{ij} + \epsilon_{ijk}$ . El nivel de PC de dietas formuladas con PI, puede reducirse hasta 13%, sin afectar ( $P > 0.05$ ) el comportamiento productivo (COD, MC) de las aves y la calidad del huevo (UH), mejorando ( $P < 0.05$ ) la eficiencia alimenticia y disminuyendo ( $P < 0.05$ ) la excreción de nitrógeno 25.3% y 18.4% en la primera y segunda fase de producción, respectivamente.

**Palabras Clave:** Gallinas de postura, proteína ideal, eficiencia alimenticia, calidad de huevo, excreción de nitrógeno.

## **ABSTRACT**

Two experiments were carried out to evaluate feed efficiency, productive performance, egg quality and reduction in the output of nitrogen of laying hens fed with diets formulated under the Protein Ideal concept (PI). Two hundred forty birds Hy Line (W-98) were used. The response variables were feed efficiency (EA), food intake (COD), collected egg mass (MC), and Haugh units (UH). Experiment 1 lasted 12 weeks, 8 treatments were evaluated, the combination of 4 levels of crude protein (PC) (17, 15, 13 and 11) and 2 amino acid profiles (PER), where lysine, sulphur amino acids, treonine, triptophan and arginine were (0.69, 0.60, 0.47, 0.16, 0.63%) and (0.69, 0.56, 0.60, 0.14, 0.90%), respectively. Experiment 2 lasted 7 weeks, 16 treatments were evaluated, the combination of 4 levels of PC (15, 13, 12 and 11%) and 4 PER (0.69, 0.60, 0.47, 0.16, 0.63 %), (0.69, 0.56, 0.50, 0.14, 0.90 %), (0.69, 0.67, 0.58, 0.12, 0.98%), and (0.69, 0.64, 0.46, 0.13, 0.69), respectively. A completely randomized design in factorial arrangements 4X2 in experiment 1 and 4X4 in experiment 2 were used. The model was  $Y_{ijk} = \mu + PC_i + PER_j + PC_i * PER_j + \varepsilon_{ijk}$ . The PC of diets formulated under the PI concept, can be reduced up to 13%, without affecting ( $P > 0.05$ ) the productive performance (COD, MC) of the birds and the egg quality (UH) , improving ( $P < 0.05$ ) the feed efficiency and diminishing ( $P < 0.05$ ) output of nitrogen up to 25.3% and 18.4% in the first and second phases of production, respectively.

**Key words:** Laying hens, ideal protein, feed efficiency, egg quality, nitrogen excretion.



## **INTRODUCCIÓN**

El uso eficiente de la proteína cruda (PC) de las dietas formuladas a través del concepto de proteína ideal (PI), puede mantener la producción de huevo y disminuir la excreción de nitrógeno (Leclercq 1998, Baker, 1997; Summers, 1993). La "proteína ideal" es un concepto, desarrollado y propuesto por Mitchell en 1964; citado por Baker (1997), relacionado con el uso óptimo la proteína cruda en la dieta (relación entre consumo y retención de proteína) y la disminución de la excreción de nitrógeno, el equilibrio exacto de los aminoácidos esenciales (AA) para satisfacer sin deficiencia ni excesos, las necesidades absolutas de todos los AA requeridos para mantenimiento y producción. Baker (1997) planteó que bajo el concepto de PI cada AA debe expresarse como porcentaje con relación a la lisina, como AA de referencia, con lo cual es posible mantener una relación constante, conservando una calidad de proteína similar que cubra las necesidades fisiológicas y productivas del animal, la lisina es el AA de referencia porque: es el segundo AA limitante, después de la metionina en dietas para aves, se encuentra disponible en forma sintética, su función fisiológica es la deposición de proteína tisular, el análisis químico es simple y existe mucha información acerca de sus concentraciones en ingredientes alimenticios y requerimientos en aves y cerdos.

La formulación de dietas bajo el concepto de PI, implica que todos los AA deben estar en base digestible. Fernández (1996) definió la digestibilidad como la proporción de nutrientes que son absorbidos en el tracto gastrointestinal. Summers (1993) reportó que en dietas para gallinas de postura alimentadas con dietas con 13% de PC, excretaron aproximadamente 34% menos nitrógeno

por día que las aves alimentadas con 17% de PC en la dieta. El exceso de PC en la dieta, se elimina en las heces, ocasionando acumulación de nitrógeno en los mantos freáticos y tierras destinadas a la producción agrícola, donde se utilizan como abonos. El nitrógeno acumulado en el suelo posteriormente se transforma a nitratos, o fluye en el ambiente en forma de amoníaco, causando lluvias ácidas. El nitrógeno almacenado en el suelo puede lixiviarse a los mantos freáticos en donde favorece el desarrollo desordenado de algas. La descomposición de éstas, provoca el consumo de oxígeno disuelto en el agua, originando el problema de eutroficación que afecta el crecimiento de especies acuáticas como peces y crustáceos, etc. (Penz, 2000).

En la presente investigación se planteó que la formulación de dietas con el concepto de PI, puede mejorar la eficiencia de utilización del alimento, manteniéndose el comportamiento productivo de las aves con un nivel mínimo de PC en la dieta, y como consecuencia puede disminuirse la cantidad de nitrógeno excretado al ambiente. Las investigaciones publicadas al respecto (Firman y Boling, 1998; Leclerq, 1998; Baker, 1997) muestran que si bien se mejora la eficiencia alimenticia con dietas formuladas con PI, aún se desconoce hasta que nivel puede disminuirse la PC de la dieta, sin afectar el comportamiento productivo de las aves. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de dietas formuladas con diferentes perfiles de aminoácidos y niveles de proteína cruda, y sus posibles interacciones sobre el comportamiento productivo de las gallinas de postura y el impacto ambiental.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizaron dos experimentos con gallinas de postura de la estirpe Hy-Line (W-98). Las dietas utilizadas se formularon bajo el concepto de proteína ideal y aminoácidos digestibles, mediante el optimizador solver del paquete computacional Excel Microsoft 2000, versión 9.0. Las dietas se basaron en sorgo, gluten de maíz y pasta de soya. Se les determinó el porcentaje de PC a los ingredientes, mediante el procedimiento Kjeldahl (AOAC, 1984), así como el contenido de humedad. Los resultados de proteína cruda y humedad se ingresaron al programa Aminodat Versión 1.1 (Degussa, 1997), para obtener el valor de aminoácidos digestibles y cubrir los requerimientos de los mismos. El alimento se ofreció en forma de harina y a libre acceso.

*Experimento 1.* Se utilizaron aves de 25 a 36 semanas de edad, en su primer ciclo de postura. Se distribuyeron 240 aves en 8 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Cada réplica constó de 10 aves, alojadas en dos aves por jaulas. Los ocho tratamientos evaluados resultaron de la combinación de cuatro niveles de PC (17, 15, 13, 11%) y dos perfiles (PER) de AA, donde lisina, aminoácidos azufrados, treonina, triptófano y arginina fueron (0.69, 0.60, 0.47, 0.16, 0.63% respectivamente) y ( 0.69, 0.56, 0.50, 0.14, 0.90%) que corresponden al perfil de Ávila (1998) (PER1) y Coon y Zhang (1998) (PER2) como requerimientos de AA en las aves, respectivamente. La composición de las dietas experimentales utilizadas se presenta en el Cuadro 1.

*Experimento 2.* Se utilizaron aves de 75 a 82 semanas de edad, en su segundo ciclo de postura. Se distribuyeron 240 aves en 16 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Cada replica constó de 5 aves alojando un ave por jaula.

Los 16 tratamientos evaluados resultaron de la combinación de cuatro niveles de PC (15, 13, 12, y 11%) y cuatro PER como requerimiento de AA. Los PER evaluados fueron los utilizados en el experimento uno, más los propuestos por Morales y Leeson (1997) (PER3) y CVB Dinamarca (1996, Citado por Coon y Zhang, 1998) (PER4) (0.69, 0.67, 0.58, 0.12, 0.98) y (0.69, 0.64, 0.46, 0.13, 0.69%) respectivamente. Cada tratamiento contó con tres repeticiones y cinco aves por repetición, se alojó un ave por jaula. La composición de las dietas se presenta en los Cuadros 2 y 3.

*Variables medidas:* Consumo de alimento (COD) ave/día, eficiencia alimenticia (EA), masa colectada de huevo (MC), Unidades Haugh (UH) las cuales se calcularon de acuerdo a la fórmula modificada por Eisen *et al.*, (1962),  $UH = 100 \log (H - 1.7 W^{0.37} + 7.57)$ ; donde UH = unidades Haugh, H = altura observada de la albúmina en milímetros, W = peso del huevo en gramos, y Nitrógeno excretado (NE) determinado por el procedimiento Kjeldalh (AOAC, 1984).

*Diseño experimental y Análisis estadístico.* Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4 x 2 (Experimento uno) y 4 x 4 (Experimento 2). El modelo fue  $Y_{ijk} = \mu + PC_i + PER_j + PC*PER_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ . En donde  $Y_{ijk}$  representa la variable respuesta;  $\mu$  la media general;  $PC_i$  el efecto del i-ésimo nivel de proteína cruda;  $PER_j$  el j-ésimo perfil de aminoácidos;  $PC * PER_{ij}$  la interacción del i-ésimo nivel de proteína cruda con el j-ésimo perfil de aminoácidos;  $\varepsilon_{ijk}$  el error experimental. Se realizó una comparación múltiple de medias por el

procedimiento Tukey. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete computacional Statistical Analysis System versión 8.0 (SAS, 2000).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Eficiencia alimenticia.** En el Experimento 1 el PER y la interacción de PER con PC no afectaron la EA ( $P>0.05$ ), los resultados se presentan en el Cuadro 4. Sin embargo la PC afectó ( $P<0.05$ ); con el nivel de 17% de PC en la dieta ( $0.544^a$ ), se obtuvo la mejor EA, los niveles de PC de 15, 13 y 11% tuvieron EA de  $0.518^b$ ,  $0.513^b$ , y  $0.502^b$ , respectivamente. Las diferencias entre ellos no fueron significativas ( $P>0.05$ ). Esto puede ser explicado, por que la masa del huevo colectado con el nivel de 17% de PC fue mayor ( $P<0.05$ ) con respecto a los otros niveles. Hussein *et al.*, (1996) encontraron que el nivel de proteína en la dieta para gallinas, aumentó significativamente ( $P<0.05$ ) el peso del huevo y como consecuencia puede aumentar significativamente la masa del huevo. Shafer *et al.*, (1996) mencionaron que el contenido de clara y yema fueron mayores, lo que se traduce en una mayor masa de huevo, la cual es mayor al incrementar la proteína en la dieta. Keshavarz (1995) en un experimento con gallinas de postura alimentadas con diferentes niveles de PC (17, 19, y 21%) durante el periodo de 26 a 30 semanas de edad, encontró que el peso del huevo fue mayor ( $P<0.05$ ) para las gallinas alimentadas con 21% de PC que para las alimentadas con 17 o 19%. El peso del huevo fue mayor para las aves alimentadas con dietas altas en proteína. Keshavarz y Nakajima (1995) mencionaron que el peso del huevo puede incrementarse ( $P<0.05$ ) aumentando el contenido de proteína de la dieta de 17 a 21%. López y Leeson (1995)

trabajando en aves de postura, encontraron diferencias en el peso del huevo en aves alimentadas con diferentes niveles de PC. Las aves alimentadas con 10% de PC produjeron huevos en promedio 3 g más livianos que las aves alimentadas con 16% de PC.

Por otra parte Schutte y Jong (1994) mencionaron que la eficiencia de utilización de la proteína depende de la cantidad de aminoácidos contenidos en la dieta. Las dietas con 17% de PC, a pesar de mantener la relación de aminoácidos con respecto a lisina, tuvieron excesos de aminoácidos debido a que la cantidad de ingredientes utilizados para cubrir el 17% de PC, causan un incremento en los niveles de aminoácidos, comparado con los niveles encontrados en las dietas con 15, 13 y 11% de PC. Rangel-Lugo *et al.*, (1994) trabajando con pollos de engorda mencionaron que la eficiencia alimenticia de las aves, aumentó a medida que el nivel de treonina en las dietas (5.5, 5.9, 6.3, 6.7, 7.1, 7.5 g/kg) se incrementó. La eficiencia alimenticia de las aves alimentadas con niveles adecuados de treonina, fue mayor ( $P < 0.05$ ) en las aves que recibieron dietas con 25% de PC que en las aves alimentadas con dietas con 20% de PC. Los resultados, muestran que dietas con 17% de PC con los PER1 y PER2 tuvieron un nivel de treonina de 0.53% y 0.59%, los cuales excedieron a los niveles presentados en las dietas con 15, 13 y 11% de PC (0.47 y 0.50%) en 0.06% y 0.09% respectivamente, lo que coincide con Harms y Russell (1993) quienes trabajaron con gallinas de postura alimentadas con dietas bajas en proteína (13%), suplementadas con aminoácidos sintéticos, el peso del huevo de estas aves igualaron el peso de las gallinas alimentadas con la dieta testigo (15.51%). Estos autores observaron que a mayor

suplementación de aminoácidos en la dieta, la producción de huevo se incrementó, lo cual se puede observar en las dietas utilizadas en el experimento, en donde la cantidad de aminoácidos para el nivel de 17% estuvieron excedidos, esto sugiere que a niveles de 15, 13 y 11% de PC, faltó suplementación de aminoácidos para igualar al 17% de PC.

Summers (1993) trabajó con gallinas de postura alimentadas con dietas bajas en proteínas y suplementadas con aminoácidos sintéticos; encontró que los requerimientos de proteína en la dieta para un máximo tamaño de huevo son elevados, y con altos niveles de proteína en la dieta, la eficiencia de utilización de la proteína es reducida. Calderon y Jensen (1990) reportaron que la producción de huevo en gallinas alimentadas con 13 y 14% de proteína en la dieta y con adecuada suplementación de aminoácidos esenciales, no fue satisfactoria como con las aves alimentadas con dietas con 16% o más de PC. En este experimento los tratamientos utilizados, a pesar de tener adecuados niveles de aminoácidos, no igualaron al tratamiento control, lo que puede indicar que otros aminoácidos no suplementados como aminoácidos sintéticos, pudieron ser los limitantes.

En el *Experimento 2*, la interacción de PER y PC para la EA fue significativa ( $P < 0.01$ ) para la eficiencia alimenticia. Dada la importancia de la interacción, se evaluaron las combinaciones significativas. Las cuatro combinaciones con las mejores EA fueron con PER3 y 11 (0.506<sup>a</sup>), PER4 y 12 (0.487<sup>ab</sup>), PER1 y 13 (0.489<sup>ab</sup>), y PER2 y 13% de PC (0.479<sup>ab</sup>), mientras que las más bajas (0.409<sup>c</sup> y 0.424<sup>bc</sup>) con PER1 y 15, y PER3 y 12% de PC, respectivamente. A medida que se disminuyó el nivel de PC en la dieta (15, 13, 12, y 11%), la EA se mejoró

(0.449<sup>b</sup>, 0.461<sup>ab</sup>, 0.468<sup>ab</sup>, 0.479<sup>a</sup>, respectivamente). Las dos mejores combinaciones para EA fueron con los PER de AA que tienen la mayor relación de metionina con respecto a lisina. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Schutte y Jong (1994) quienes encontraron que la utilización de la proteína depende de la cantidad de AA que contenga la dieta. La metionina es el primer AA limitante en dietas para gallinas de postura, por lo tanto la suplementación con metionina a las dietas es un medio para incrementar la utilización de la proteína. Estos autores observaron que la EA mejoró con el incremento de los niveles de metionina en la dieta, concluyendo que los requerimientos de AA azufrados para gallinas para la máxima producción de huevo son menores a los necesarios para la máxima eficiencia de utilización del alimento. Por su parte Koelkebeck *et al.*, (1993) mencionaron que incremento en la producción de las gallinas alimentadas con dietas suplementadas con metionina puede asociarse con el requerimiento de cistina para el cambio de plumas. Las aves utilizadas en este experimento estaban iniciando su segundo ciclo de postura, después de la pelecha, por lo cual los excesos de metionina pudieron usarse para una mejor formación de plumas. Los aminoácidos más críticos en dietas para gallinas de postura, son la metionina y la lisina. Sin embargo la suplementación en pequeñas cantidades de estos aminoácidos a las dietas, es una herramienta para incrementar la utilización de la proteína de la dieta (Schutte, 1989). Por este motivo podría esperarse un aumento en la eficiencia alimenticia en dietas con adecuados niveles de aminoácidos. Por su parte, Baker (1997) encontró que las aves, a medida que aumentan en edad y peso, aumentan sus requerimientos de aminoácidos para mantenimiento (por



ejemplo, aminoácidos azufrados y treonina). Lo que puede explicar que las gallinas en su primer ciclo de postura, tuvieron mejor EA, que en el segundo ciclo, ya que una mayor cantidad de aminoácidos podrían destinarse a producción en el primer ciclo, en comparación al segundo ciclo.

**Consumo de alimento.** En *Experimento 1* tanto la interacción como el PER, no fueron importantes ( $P>0.05$ ), pero sí el nivel de PC ( $P<0.05$ ). Con el nivel de 11%, se disminuyó significativamente ( $P<0.05$ ) el COD ( $88^b$  g/ave/d), las diferencias entre los niveles de 13, 15 y 17%,  $105^a$ ,  $107^a$ , y  $105^a$  g/ave/d, respectivamente, no fueron importantes ( $P>0.05$ ). En el *Experimento 2*, la interacción fue importante ( $P<0.01$ ). Los cuatro mayores ( $P<0.01$ ) COD correspondieron a las combinaciones de PER4 y 15, PER2 y 15, PER1 y 15, PER2 y 13% de PC;  $120^a$ ,  $118^{ab}$ ,  $117^{ab}$ ,  $116^{ab}$  g/ave/d, respectivamente. Las dos menores ( $94^f$ , y  $94^f$  g/ave/d) correspondieron a PER1 y 11, PER3 y 11% de PC. Las combinaciones con mayor COD son los tratamientos con mayor cantidad de PC en la dieta (15 y 13%) que aportan la mayor cantidad de aminoácidos para cubrir los perfiles de AA, por lo tanto la suplementación con aminoácidos sintéticos, es menor a los requeridos por los niveles de 12 y 11% de PC. El menor consumo fue con las dietas con menor cantidad de PC, con una mayor cantidad de aminoácidos sintéticos suplementados. A medida que se redujo el contenido de PC en la dieta, el COD disminuyó ( $P<0.05$ ), observándose que el mayor COD fue con 15% ( $118^a$ ), 13% ( $111^b$ ), 12% ( $105^c$ ), y el menor con 11% ( $99^d$ ).

Existen dos alternativas para explicar el consumo de alimento como respuesta a la suplementación de aminoácidos sintéticos: la respuesta basada en el contenido de aminoácidos no esenciales de la dieta, y la respuesta afectada por antagonismo de aminoácidos. En lo que concierne a la teoría propuesta de que el consumo de alimento se afecta por la cantidad de aminoácidos no esenciales en la dieta, los resultados de los dos experimentos muestran que a medida que se disminuye el nivel de PC en la dieta, el COD disminuye. De acuerdo con Harms y Russell (1993), Moran y Stilborn (1996), Summers (1993) la formulación con dietas bajas en PC usualmente tiende a reducir las cantidades acompañantes de aminoácidos no esenciales, así como la disminución en su síntesis a partir de aminoácidos esenciales. Los resultados de los experimentos sugieren que las dietas bajas en PC (11 y 12%), tienen poca cantidad de aminoácidos esenciales y no esenciales necesarios para cubrir los requerimientos de otros aminoácidos esenciales diferentes a los suplementados, así como de los no esenciales para la síntesis de otros no esenciales, esto posiblemente provocó una reducción en el consumo de alimento por deficiencia de aminoácidos diferentes a los suplementados, por ejemplo histidina, isoleucina y valina. Las dietas con 13, 15 y 17% de PC tuvieron adecuados niveles de suplementación de AA, así como niveles adecuados de aminoácidos endógenos de la proteína intacta para la síntesis de otros aminoácidos no esenciales y para cubrir sus requerimientos de aminoácidos esenciales que no pueden ser suplementados con sintéticos. Summers y Leeson (1994) trabajando en gallinas alimentadas con dietas bajas

en PC, encontraron que con 14 y 11% de PC el peso de las aves y el consumo de alimento se redujeron significativamente.

En lo que concierne a la teoría acerca de que el consumo de alimento se afecta por antagonismos, Han y Baker (1993) observaron que cuando los AA son adicionados en excesos a las dietas de aves en crecimiento, deprimen el crecimiento y el consumo de alimento, e incrementan la mortalidad. La disminución en el COD puede ser deberse a antagonismos, tal es el caso de lisina y arginina, en donde el exceso de lisina en la dieta, causa un incremento en los requerimientos de arginina, y las aves que reciben excesos de lisina pueden mostrar signos de deficiencias de arginina, debido a que la arginina disminuye la toxicidad de lisina (Dean y Scott, 1968; citado por Carew *et al.*, 1998). Carew *et al.*, (1998) en aves alimentadas con excesos de AA esenciales, encontraron que los excesos de lisina, causaron la mayor reducción en la ganancia de peso (-25%) y en la eficiencia alimenticia (-14%) y la segunda mayor reducción en el consumo del alimento (13%), después de la metionina (-18%), comparada con una dieta control. También observaron que el exceso de treonina, redujo significativamente el consumo de alimento y el crecimiento, pero no tan severamente como la lisina y la metionina.

**Masa colectada de huevo.** En el *Experimento 1*, la interacción y el PER no fueron importantes ( $P > 0.05$ ) para esta variable, pero sí el nivel de PC ( $P < 0.05$ ). Los niveles de PC de 17, 15 y 13% (3988<sup>a</sup>, 3866<sup>ab</sup> y 3777<sup>b</sup> g/huevo/periodo) produjeron una mayor ( $P < 0.05$ ) MC con respecto al 11% (3043<sup>c</sup>). Los datos mostraron una disminución en la MC de huevo a medida que se disminuyó el

nivel de proteína cruda en la dieta; un 3.1% en la MC con el nivel de 15% con respecto al de 17% de PC; 2.3% del 13% al 15% y 5.29% del 13% al de 17% de PC. Schutte (1989) mencionó que la reducción de la PC en dietas de 14 a 10.5%, adicionadas con AA esenciales y no esenciales, presentaron una masa de huevo producido y una eficiencia alimenticia significativamente menor al nivel de 14% de PC. Summers (1993) mencionó que aves alimentadas con dietas bajas en proteína con 10.5% de PC, suplementadas con lisina, metionina, arginina, y triptófano; produjeron 11% menos de masa de huevo que las aves alimentadas con dietas de 17% de PC. Keshavarz (1998) mencionó que producciones adecuadas pueden mantenerse con moderadas reducciones en el nivel de PC de la dieta y suplementadas con cantidades moderadas de aminoácidos sintéticos. Cuando el nivel de PC de la dieta se reduce drásticamente y se suplementa con aminoácidos sintéticos, la producción no puede mantenerse satisfactoriamente, lo que puede explicar que la disminución en producción observada con dietas con 11% de PC. La reducción de la producción en este experimento con las dietas bajas en proteína (11%), puede explicarse, por la disminución en la cantidad de aminoácidos no esenciales suministrados con respecto al nivel de 17, 15 y 13% de proteína cruda. Esto coincide con Koelkebeck *et al.*, (1993) quienes observaron que en dietas donde la cantidad de AA esenciales es adecuada para la máxima producción, la cantidad de nitrógeno no esencial puede limitar la formación de AA no esenciales.

En el *Experimento 2* la interacción fue importante ( $P < 0.01$ ). Las cuatro mejores combinaciones que fueron PER4 y 15 (1.9<sup>a</sup>), PER2 y 13 (1.95<sup>a</sup>), PER2 y 15

(1.90<sup>ab</sup>), PER3 y 15% de PC (1.89<sup>ab</sup>, kg) las cuales corresponden a las dietas con mayor contenido de PC en la dieta. Las combinaciones con menor MC fueron con 1.52<sup>d</sup> (PER y 12) y 1.55<sup>d</sup> kg (PER y 11% de PC), respectivamente, que corresponden a las dietas con mayor cantidad de aminoácidos suplementados en la dieta. Por su parte Morres y Gous (1988) observaron que la producción y tamaño del huevo, responden de manera lineal al incremento en el nivel de proteína en la dieta. Esto puede explicar la mayor MC con las dietas altas en PC. Por su parte Harms y Rusell (1993) mencionaron que la suplementación de aminoácidos a dietas bajas en PC no se manifiesta en una máxima producción de masa de huevo, a su vez cuando se da la suplementación de aminoácidos esenciales a dietas bajas en PC, combinadas con altas temperaturas, se observa un menor consumo de alimento y por consecuencia menor consumo de aminoácidos esenciales, lo que provoca una disminución en la MC. Los experimentos se realizaron durante los meses de abril y mayo, que de acuerdo con García (1998) para esta ubicación, las temperaturas más altas se presentan durante estos meses.

Es importante resaltar que a mayor PC en la dieta (15 y 13%) se produjo la mayor masa (1.8<sup>a</sup> y 1.8<sup>a</sup>, respectivamente) con respecto a los niveles de 12 y 11% (1.7<sup>b</sup> y 1.6<sup>b</sup>), respectivamente. No se observó disminución en la MC entre los niveles de 15 y 13% (1.8<sup>a</sup> y 1.8<sup>a</sup>). Sin embargo para el 12% con respecto al 15% existió una disminución del 5.5%, y del 11.1% del 11% con respecto al 15% de PC. Estos resultados coinciden con los encontrados en el primer experimento, en donde se observó que a mayor cantidad de proteína cruda suplementada en la dieta, existe mayor MC de huevo. En ambos experimentos,

se apreció claramente que la PC de la dieta puede disminuirse hasta el 13%, sin que se afecte la masa colectada del huevo. Esto concuerda con Koelkebeck *et al.*, (1993) quienes indicaron que el nivel de PC de la dieta requerido para obtener una producción de huevo óptima, es mucho menor que el 16% usado comercialmente. Es muy importante señalar que en ambos experimentos la producción puede mantenerse hasta un nivel de 13% de PC sin que se afecte el comportamiento productivo de las aves.

**Nitrógeno excretado.** En el *Experimento 1*, la interacción PER con PC, afectó ( $P<0.01$ ) el NE. Las cuatro combinaciones significativas, con las que se excretó la mayor cantidad de nitrógeno, fueron PER2 y 17 (36.4<sup>a</sup>); PER1 y 17 (31.8<sup>ab</sup>), PER y 15 (28.8<sup>bc</sup>), PER1 y 13% de PC (27.7<sup>bc</sup>) respectivamente, y las dos combinaciones con menor cantidad excretada fueron PER2 y 13 (23.4<sup>c</sup>), PER1 y 11% de PC (24.2<sup>c</sup>) respectivamente. Estos resultados presentan la misma tendencia que las variables explicadas anteriormente, en donde se observó que a mayor contenido de PC en la dieta, existió mayor cantidad de NE, y viceversa. La excreción total de nitrógeno disminuyó ( $P<0.05$ ) a medida que se redujo el contenido de PC de la dieta de 17, 15 y hasta el nivel de 13% (34.1<sup>a</sup>, 28.1<sup>b</sup>, 25.5<sup>c</sup>), siendo similares en los niveles de 13 y 11% (24.6<sup>c</sup>). Esto representó una reducción en NE del 17.6% en los niveles de 17 al 15% de PC; de 9.4% al reducirse la PC de 15 al 13% y de 25.3% del nivel 17 al 13% de PC. En el *Experimento 2* no resultó importante la interacción, ni el PER ( $P>0.05$ ). La excreción de nitrógeno presentó la misma tendencia que en el Experimento 1. Se observó que a mayor contenido de PC (15, 13, 12 y 11%) en la dieta, se

presentó mayor cantidad en heces (34.8<sup>a</sup>, 28.4<sup>b</sup>, 27.8<sup>b</sup>, 26.2<sup>b</sup>%, respectivamente), lo que representa una reducción del 18.4% en la excreción de nitrógeno del nivel de 15 al 13% de PC. Summers (1993) mencionó que aves alimentadas con dietas bajas en PC (13%), excretaron aproximadamente 34% menos nitrógeno y produjeron aproximadamente 3.2% menos masa de huevo, la cual declinó conforme el porcentaje de proteína en la dieta disminuyó, en comparación a las aves fueron alimentadas con dietas altas en proteína (17%). Schutte (1989) observó que la reducción de la PC en la dieta de 16.5% a 14, se refleja en la reducción de la excreción de nitrógeno de 0.44 g/d, lo que representa una reducción aproximadamente del 25% en la excreción de nitrógeno. Summers y Leeson (1994) observaron que en pollonas en crecimiento, la reducción de la PC de la dieta de 20% a 14%, se reflejó en una reducción de la excreción del nitrógeno de aproximadamente 40. Además, la reducción en la excreción de nitrógeno es una ventaja económica para la alimentación de gallinas de postura con dietas bajas en proteína.

**Unidades Haugh.** La interacción y el PER en el *Experimento 1* no resultaron significativas ( $P>0.05$ ). La PC afectó ( $P<0.05$ ) las UH, a los niveles de 17 y 11% de PC, les correspondió (80.1<sup>b</sup> y 83.5<sup>a</sup>, respectivamente y fueron similares para 15 (81.3<sup>ab</sup>) y 13% de PC (80.7<sup>ab</sup>). En el *Experimento 2* ningún efecto resultó importante ( $P>0.05$ ). Eso sugiere que entre el 11 y 15% de PC, la calidad del huevo medida en UH no se afecta con la disminución del nivel de PC en las dietas formuladas con el concepto de proteína ideal. Los resultados coinciden con lo reportado por López y Leeson (1995) quienes mencionaron que aves

alimentadas con dietas bajas en PC retenían menos nitrógeno, y la deposición de nitrógeno en huevo no es afectada, lo cual no afecta la calidad del huevo.

### **CONCLUSIONES**

La formulación de dietas mediante el concepto de proteína ideal para gallinas de postura, es una alternativa para reducir los niveles de proteína cruda en la dieta, hasta 13%, sin afectar adversamente el comportamiento productivo de las aves, mejorando la eficiencia de utilización del alimento y sin afectar la calidad del huevo. El nivel de 13% permite una disminución de hasta un 25.3% en la excreción de nitrógeno total, en la primera fase de postura, con respecto al nivel comercial de 17% de PC y de 18.4% en el segundo ciclo de producción con respecto al nivel de 15% de PC.



## LITERATURA CITADA

- AOAC. (1984) Official methods of analysis. 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Ávila GE. (1998). Reporte de experimentos. (Datos no publicados). Universidad Nacional Autónoma de México. Granja Veracruz.
- Baker DH. (1997) Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. *Biokyowa Technical Review-9*. University of Illinois. 24 p.
- Calderon VM. Jensen LS. (1990). The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by the protein concentration. *Poultry Science* 69:934-944.
- Carew LB. Evarts KG. Alster FA. (1998) Growth, feed intake, and plasma thyroid hormone levels in chicks fed dietary excesses of essential amino acids. *Poultry Science* 77:295-298.
- Coon C. Zhang B. (1998) Ideal amino acid profile and metabolizable energy requirements for layers. Min. Dept. Of Poultry Science, University of Arkansas. Fayetteville, AR.
- Degussa AG. (1997) Aminodat. Germany. Versión 1.1.
- Eisen EJ. Bohren BB. McKean EH. (1962). The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science* 41: 1461-1468.
- Fernández RS. (1996) Formulación de aminoácidos digestibles en dietas para aves. *Octavo ciclo de conferencias FERMEX*. Pp 88-103.
- Firman JD. Boling SD. (1998) Ideal protein in Turkeys. *Poultry Science* 77:105-110.
- García ME. (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. *Talleres OFFOset Larios*. México, D. F. 277 p.
- Han Y. Baker DH. (1993) Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. *Poultry Science* 72:701-708.

- Harms RH. Russell GB. (1993) Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poultry Science* 72:1892-1896.
- Hussein AS. Cantor AH. Pescatore AJ. Johnson TH (1996). Effect of dietary protein and energy levels on pullet development. *Poultry Science* 75:973-978.
- Keshavarz K. (1995) Further investigations on the effect of dietary manipulations of nutrients on early egg weight. *Poultry Science* 74:62-74.
- Keshavarz K. (1998) Investigation on the possibility of reducing protein, phosphorus, and calcium requirements of laying hens by manipulation of time of access to these nutrients. *Poultry Science* 77:1320-1332.
- Keshavarz K. Nakajima S. (1995) The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Science* 74:50-61.
- Koelkebeck KW. Parson CM. Leeper RW. Wang X. (1993). Effect of supplementation of a low-protein corn molt diet with amino acids on early postmolt laying hen performance. *Poultry Science* 72:1528-1536.
- Leclercq B. (1998). El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. *XIV Curso de especialización. Avances en Nutrición y alimentación animal*. FEDNA 13 p.
- Lopez G. Leeson S. (1995) Response of broiler breeders to low-protein diets. 1. Adult Breeder Performance. *Poultry Science*. 74:685-695.
- Morales BE. Leeson S. (1997). Reporte de experimentos (Datos no publicado). Universidad de Guelph Canadá. 17 p.
- Moran ET. Stilborn HL: (1996). Effect of glutamic acid on broilers given submarginal crude protein with adequate essential amino acids using feeds high and low in potassium. *Poultry Science* 75:120-129.
- Morres TR. Gous RM. (1988). Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. *British Poultry Science* 29:93-99.

- Penz JAM. (2000) Actualidades en nutrición de aves. *FERMEX. Décimo Segundo Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos*. México DF. Pp 58-90.
- Rangel-Lugo M. Su CL. Austic RE. (1994). Requirement and threonine imbalance in broiler chickens. *Poultry Science* 73:670-681.
- SAS. (2000) SAS User's Guide Statistics, version 8.2. Edition, Cary, North Carolina, USA SAS Institute Inc.
- Schutte JB. (1989) Practical application of (bio)synthetic amino acids in poultry and pig diets. In monogastric farm animals. Eds. Van Weerden, E. J. and J. Huisman. Pudoc, Wageningen. The netherlands Pp 75-88.
- Schutte JB. Jong JD. (1994) Requirement of the laying hen for sulfur amino acids. *Poultry Science* 73: 274-280.
- Shafer DJ. Carey JB. Prochaska JF. (1996). Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. *Poultry Science* 75:1080-1085.
- Summers JD. (1993) Reducing Nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poultry Science* 72:1473-1478.
- Summers JD. Leeson S. (1994) Laying hen performance as influenced by protein intake to sixteen weeks of age and body weight at point of lay. *Poultry Science* 73: 495-501.

Cuadro 1. Composición porcentual\* y análisis calculado de las dietas experimentales formuladas bajo el concepto de proteína ideal para gallinas de postura, utilizadas en el *Experimento 1*

| Tratamientos              | T1†          | T2‡          | T3†          | T4‡          | T5†          | T6‡          | T7†          | T8‡          |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ingredientes (%)</b>   |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Sorgo                     | 74.29        | 74.29        | 70.06        | 70.11        | 66.71        | 66.73        | 60.50        | 60.43        |
| Aceite de soya            | 4.00         | 4.00         | 4.32         | 4.31         | 4.00         | 4.00         | 5.00         | 5.00         |
| Gluten                    | 0            | 0            | 0.07         | 0.06         | 3.54         | 3.48         | 3.23         | 3.47         |
| Pasta de soya             | 9.20         | 9.20         | 14.00        | 14.0         | 14.44        | 14.51        | 20.07        | 19.78        |
| DL-Metionina              | 0.29         | 0.25         | 0.24         | 0.20         | 0.16         | 0.12         | 0.19         | 0.18         |
| HCL-Lisina                | 0.39         | 0.39         | 0.23         | 0.23         | 0.18         | 0.18         | 0.12         | 0.18         |
| L-Treonina                | 0.16         | 0.19         | 0.09         | 0.11         | 0.02         | 0.05         | 0            | 0.07         |
| L-Triptófano              | 0.06         | 0.03         | 0.03         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.01         | 0            |
| L-Arginina                | 0.24         | 0.17         | 0.02         | 0.02         | 0            | 0            | 0            | 0            |
| Colina                    | 0.05         | 0.05         | 0.05         | 0.05         | 0.05         | 0.05         | 0.05         | 0.05         |
| Cloruro de Sodio          | 0.32         | 0.32         | 0.32         | 0.32         | 0.32         | 0.32         | 0.32         | 0.32         |
| CaCo <sub>3</sub>         | 9.42         | 9.51         | 9.02         | 9.02         | 9.03         | 9.03         | 9.01         | 9.01         |
| Ortofosfato               | 1.28         | 1.28         | 1.25         | 1.25         | 1.24         | 1.24         | 1.22         | 1.22         |
| Pigmento                  | 0.06         | 0.06         | 0.06         | 0.07         | 0.06         | 0.06         | 0.06         | 0.06         |
| Mezcla Min. y vitam.      | 0.20         | 0.20         | 0.20         | 0.20         | 0.20         | 0.20         | 0.20         | 0.20         |
| <b>*Total</b>             | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| <b>Análisis Calculado</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |
| E. M (Mcal/kg)            | 3            | 3            | 3            | 3            | 3            | 3            | 3            | 3            |
| PC (%)                    | 11           | 11           | 13           | 13           | 15           | 15           | 17           | 17           |
| Lisina (%)                | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.77         | 0.82         |
| Met+Cis (%)               | 0.60         | 0.56         | 0.60         | 0.56         | 0.60         | 0.56         | 0.67         | 0.67         |
| Treonina (%)              | 0.47         | 0.50         | 0.47         | 0.50         | 0.47         | 0.50         | 0.53         | 0.59         |
| Triptófano (%)            | 0.16         | 0.14         | 0.16         | 0.14         | 0.16         | 0.14         | 0.18         | 0.16         |
| Arginina (%)              | 0.63         | 0.90         | 0.63         | 0.90         | 0.63         | 0.90         | 0.70         | 1.06         |
| Calcio (%)                | 3.75         | 3.75         | 3.75         | 3.75         | 3.75         | 3.75         | 3.75         | 3.75         |
| P no fítico (%)           | 0.35         | 0.35         | 0.35         | 0.35         | 0.35         | 0.35         | 0.35         | 0.35         |

† Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por Ávila (1998).

‡ Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por Coon and Zhang (1998).

Cuadro 2. Composición porcentual y análisis calculado de las dietas experimentales\* formuladas bajo el concepto de proteína ideal para gallinas de postura, utilizadas en el *Experimento 2*

| Tratamientos              | T1†          | T2†          | T3†          | T4†          | T5††         | T6††         | T7††         | T8††         |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ingrediente(%)</b>     |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Sorgo                     | 75.63        | 72.59        | 72.09        | 66.8         | 74.68        | 72.04        | 69.40        | 66.43        |
| Aceite de soya            | 2.27         | 2.760        | 2.042        | 2.63         | 2.62         | 2.93         | 3.26         | 2.77         |
| Gluten                    | 0.42         | 0            | 3.48         | 4.04         | 0            | 0            | 0            | 3.78         |
| Pasta de soya             | 9.00         | 12.20        | 10.0         | 14.5         | 9.70         | 12.30        | 14.90        | 14.90        |
| DL-Metionina              | 0.28         | 0.26         | 0.21         | 0.15         | 0.24         | 0.218        | 0.19         | 0.11         |
| HCL-Lisina                | 0.41         | 0.31         | 0.35         | 0.21         | 0.39         | 0.31         | 0.23         | 0.19         |
| L-Treonina                | 0.14         | 0.09         | 0.07         | 0            | 0.16         | 0.13         | 0.09         | 0.02         |
| L-Triptófano              | 0.06         | 0.04         | 0.05         | 0.02         | 0.03         | 0.02         | 0.01         | 0.01         |
| L-Arginina                | 0.11         | 0.02         | 0.03         | 0            | 0.37         | 0.29         | 0.21         | 0.15         |
| Colina                    | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         |
| CaCo3                     | 9.57         | 9.50         | 9.57         | 9.56         | 9.46         | 9.47         | 9.47         | 9.56         |
| Ortofosfato               | 1.53         | 1.63         | 1.51         | 1.493        | 1.74         | 1.69         | 1.65         | 1.49         |
| Mezcla Min y Vit.         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         |
| NaCl                      | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         |
| Pigmento                  | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         |
| <b>*Total</b>             | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| <b>Análisis Calculado</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |
| EM (Mcal/kg)              | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          |
| PC (%)                    | 11           | 12           | 13           | 15           | 11           | 12           | 13           | 15           |
| Lisina(%)                 | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         |
| Met+Cis(%)                | 0.60         | 0.60         | 0.60         | 0.60         | 0.56         | 0.56         | 0.56         | 0.56         |
| Treonina(%)               | 0.47         | 0.47         | 0.47         | 0.47         | 0.50         | 0.50         | 0.50         | 0.50         |
| Triptófano(%)             | 0.16         | 0.16         | 0.16         | 0.16         | 0.14         | 0.14         | 0.14         | 0.14         |
| Argininina(%)             | 0.63         | 0.63         | 0.63         | 0.63         | 0.90         | 0.90         | 0.90         | 0.90         |
| Calcio (%)                | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          |
| P no fítico (%)           | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          |

† Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por Ávila (1998).

†† Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por Coon y Zhang (1998).

Cuadro 3. Composición porcentual y análisis calculado de las dietas experimentales\* formuladas bajo el concepto de proteína ideal para gallinas de postura, utilizadas en el *Experimento 2* (Continuación del Cuadro 2)

| Tratamientos              | T9¶          | T10¶         | T11¶         | T12¶         | T13‡         | T14‡         | T15‡         | T16‡         |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ingrediente(%)</b>     |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Sorgo                     | 74.13        | 71.49        | 70.53        | 65.36        | 76.79        | 73.96        | 71.12        | 66.20        |
| Aceite de soya            | 0.32         | 3.11         | 2.64         | 3.10         | 1.67         | 2.09         | 2.49         | 2.87         |
| Gluten                    | 0            | 0            | 2.52         | 3.93         | 2.62         | 2.33         | 2.04         | 3.49         |
| Pasta de soya             | 9.80         | 12.40        | 11.50        | 14.90        | 6.00         | 9.00         | 12.00        | 15.30        |
| DL-Metionina              | 0.36         | 0.33         | 0.28         | 0.32         | 0.31         | 0.28         | 0.26         | 0.24         |
| HCL-Lisina                | 0.39         | 0.31         | 0.31         | 0.32         | 0.48         | 0.39         | 0.30         | 0.24         |
| L-Treonina                | 0.25         | 0.21         | 0.18         | 0.19         | 0.13         | 0.09         | 0.05         | 0.02         |
| L-Triptófano              | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0            | 0.04         | 0.03         | 0.01         | 0            |
| L-Arginina                | 0.45         | 0.37         | 0.36         | 0.23         | 0.22         | 0.14         | 0.05         | 0            |
| Colina                    | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         |
| CaCo3                     | 2.79         | 9.44         | 9.57         | 9.56         | 9.59         | 9.57         | 9.56         | 9.55         |
| Ortofosfato               | 1.78         | 1.74         | 1.51         | 1.49         | 1.53         | 1.52         | 0.51         | 1.49         |
| Mezcla Min. y Vita.       | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         |
| NaCl                      | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.03         |
| Pigmento                  | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.10         |
| <b>*Total</b>             | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| <b>Análisis Calculado</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |
| EM (Mcal/kg)              | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          | 2.9          |
| PC (%)                    | 11           | 12           | 13           | 15           | 11           | 12           | 13           | 15           |
| Lisina(%)                 | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         |
| Met+Cis(%)                | 0.67         | 0.67         | 0.67         | 0.67         | 0.64         | 0.64         | 0.64         | 0.64         |
| Treonina(%)               | 0.58         | 0.58         | 0.58         | 0.58         | 0.46         | 0.46         | 0.46         | 0.46         |
| Triptófano(%)             | 0.12         | 0.12         | 0.12         | 0.12         | 0.13         | 0.13         | 0.13         | 0.13         |
| Argininina(%)             | 0.98         | 0.98         | 0.98         | 0.98         | 0.69         | 0.69         | 0.69         | 0.69         |
| Calcio (%)                | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          | 4.0          |
| P no fítico (%)           | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.4          |

¶ Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por Morales y Leeson (1997).

‡ Dietas formuladas con base al perfil de aminoácidos propuesto por CVB Dinamarca (1996).

Cuadro 4. Efectos principales de perfil de aminoácidos digestibles (PER) y porcentaje de proteína cruda sobre la eficiencia alimenticia (EA), consumo de alimento (COD), masa colectada (MC), Unidades Haugh (UH), excreción de nitrógeno (NE), durante el periodo de 11 semanas (Experimento1)

| Factor             | EA     | EE ±  | COD(g) | EE±  | MC(g)  | EE ±  | UH     | EE ±  | NE%    | EE ±  |
|--------------------|--------|-------|--------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| <b>PER</b>         |        |       |        |      |        |       |        |       |        |       |
| 1                  | 0.517a | 0.005 | 102a   | 0.95 | 3677a  | 43.02 | 81.4a  | 0.659 | 28.1a  | 0.684 |
| 2                  | 0.521a | 0.005 | 101a   | 1.04 | 3660a  | 43.64 | 81.3a  | 0.628 | 28.1a  | 0.793 |
| <b>PC</b>          |        |       |        |      |        |       |        |       |        |       |
| 17                 | 0.544a | 0.005 | 105a   | 0.72 | 3988a  | 32.63 | 80.1b  | 1.019 | 34.1a  | 1.179 |
| 15                 | 0.518b | 0.004 | 107a   | 0.62 | 3866ab | 28.08 | 81.3ab | 0.889 | 28.1b  | 0.939 |
| 13                 | 0.513b | 0.007 | 105a   | 0.69 | 3777b  | 42.93 | 80.7ab | 0.990 | 25.5bc | 0.771 |
| 11                 | 0.502b | 0.008 | 88b    | 1.66 | 3043c  | 55.42 | 83.5a  | 0.676 | 24.6c  | 0.877 |
| <b>Interacción</b> |        |       |        |      |        |       |        |       |        |       |
| <b>PER*PC</b>      | NS     |       | NS     |      | NS     |       | NS     |       | *      |       |

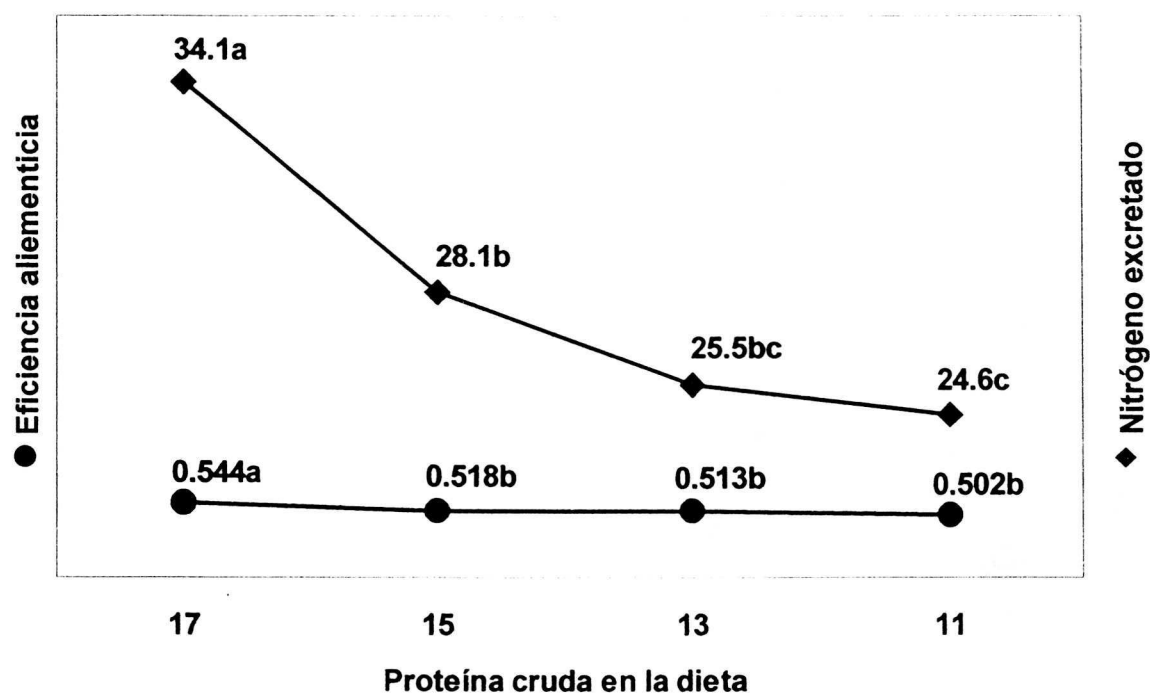
abc, Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05) significativo (P<0.05), NS No significativo  
EE Error estándar

Cuadro 5. Efectos principales de perfil de aminoácidos digestibles (PER) y porcentaje de proteína cruda sobre la eficiencia alimenticia (EA), consumo de alimento (COD), masa colectada (MC), Unidades Haugh (UH), excreción de nitrógeno (NE), durante el periodo de siete semanas (Experimento 2)

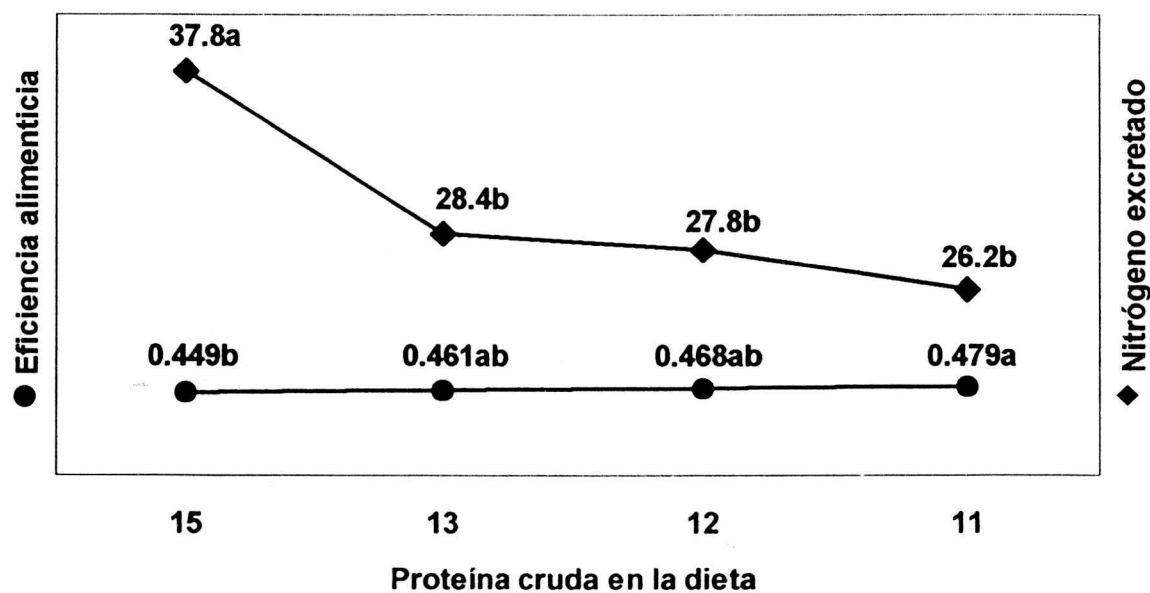
| Factor             | EA      | EE ±  | COD(g) | EE±  | MC(kg) | EE ±  | UH    | EE ±  | NE%               | EE±   |
|--------------------|---------|-------|--------|------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|
| <b>PER</b>         |         |       |        |      |        |       |       |       |                   |       |
| 1                  | 0.461a  | 0.007 | 107b   | 1.35 | 1.7b   | 0.027 | 85.6a | 0.633 | 28.3 <sup>a</sup> | 0.957 |
| 2                  | 0.465a  | 0.007 | 112a   | 1.23 | 1.8a   | 0.030 | 86.6a | 0.621 | 30.1 <sup>a</sup> | 0.927 |
| 3                  | 0.466a  | 0.008 | 107b   | 1.32 | 1.7b   | 0.032 | 86.1a | 0.669 | 29.9 <sup>a</sup> | 1.487 |
| 4                  | 0.465a  | 0.006 | 107b   | 1.43 | 1.7b   | 0.026 | 85.4a | 0.582 | 29.1 <sup>a</sup> | 1.056 |
| <b>PC</b>          |         |       |        |      |        |       |       |       |                   |       |
| 15                 | 0.449b  | 0.006 | 118a   | 0.88 | 1.8a   | 0.032 | 85.8a | 0.613 | 34.8 <sup>a</sup> | 1.231 |
| 13                 | 0.461ab | 0.007 | 111b   | 0.86 | 1.8a   | 0.026 | 84.8a | 0.705 | 28.4b             | 0.948 |
| 12                 | 0.468ab | 0.007 | 105c   | 1.15 | 1.7b   | 0.024 | 84.8a | 0.640 | 27.8b             | 0.966 |
| 11                 | 0.479a  | 0.008 | 99d    | 1.49 | 1.6b   | 0.028 | 85.3a | 0.712 | 26.2b             | 0.773 |
| <b>Interacción</b> |         |       |        |      |        |       |       |       |                   |       |
| <b>PER*PC</b>      | **      |       | **     |      | **     |       | NS    |       | NS                |       |

abc, Medias con diferente literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05) significativo (P<0.05), NS = No significativo  
EE Error estándar

**Figura 1. Eficiencia Alimenticia y excreción de nitrógeno en gallinas alimentadas con dietas formuladas con proteína ideal (Experimento 1)**



**Figura 2. Eficiencia alimenticia y excreción de nitrógeno en gallinas alimentadas con dietas formuladas con proteína ideal (Experimento 2)**





### CAPITULO III. DISCUSIÓN TEÓRICA GLOBAL

**Teoría del perfil de aminoácidos y eficiencia alimenticia.** Baker y Chung (1992), Baker (1997), mencionaron que la utilización de perfiles de aminoácidos, mejoran la eficiencia alimenticia. Los resultados en el presente experimento, permiten afirmar que la hipótesis planteada se comprobó.

**Teoría de perfiles de aminoácidos y consumo de alimento.** NRC (1987) mencionó la teoría aminostática, donde se plantea que el desbalance de aminoácidos en dietas para aves, el consumo de alimento es disminuido. Summer (1993) mencionó que la reducción en la cantidad de PC de la dieta para gallinas de postura, disminuye el consumo de alimento y mantiene la producción de huevo. La teoría mencionada por los diferentes autores, se comprobó.

**Teoría de perfiles de aminoácidos y proteína cruda en la dieta.** Harms y Russell (1993), Harms y Russell (1995b) encontraron que la producción de huevo, el peso del huevo, y el consumo de alimento no fueron afectados significativamente, cuando se alimentaron gallinas con dietas bajas en PC y con perfiles de aminoácidos. Koelkebeck *et al.*, (1993) encontraron que el nivel de PC requerido para soportar una producción óptima de huevo es mucho menor que el nivel de 16%, usado comercialmente. Harms y Russell (1995a) mencionaron que las aves de postura no tienen requerimientos específicos de PC en la dieta. Sus requerimientos son de aminoácidos esenciales, así como suficiente PC para cubrir los requerimientos de aminoácidos no esenciales, o nitrógeno para la síntesis de no esenciales. Las teorías antes mencionados, se comprobaron en el presente experimento.

**Teoría de perfiles de aminoácidos y reducción en la excreción de nitrógeno.** Schutte (1989); Summers y Leeson (1994), Summers (1993), Baker (1997) mencionaron que la reducción de la PC de la dieta, permite la disminución en la cantidad de nitrógeno excretado. Esta teoría se comprobó

**Teoría de perfiles de aminoácidos y calidad de huevo.** López y Leeson (1995) mencionaron que aves alimentadas con dietas bajas en PC, la deposición de nitrógeno en huevo y la calidad de huevo no fue afectada. Esta teoría se comprobó.

**Recomendaciones.** En futuros experimentos, se recomienda la realización de otras mediciones, como son: Aminogramas en alimento, huevo y excretas, con el objetivo de verificar la cantidad de aminoácidos que el animal consume, cantidad que va a huevo y cantidad en excretas, para determinar la eficiencia de utilización de los aminoácidos consumidos. Aminogramas en sangre, para determinar si existe relación entre la cantidad de aminoácidos en sangre y la disminución en el consumo de alimento.

La determinación in vivo de aminoácidos digestibles de los diferentes ingredientes proteínicos utilizados en la formulación de las dietas, para obtener la cantidad de aminoácidos que van a hacer absorbidos en el tracto gastrointestinal, y así determinar la mínima cantidad de PC, con la que se puede formular dietas, sin que se afecte el comportamiento productivo de las aves. Es necesario realizar evaluaciones estadísticas con base al consumo de nutrimentos, y no al consumo total de alimento, a fin de determinar la magnitud del consumo de aminoácidos y su efecto sobre el comportamiento productivo de las aves, calidad de huevo y excreción de nitrógeno.

#### IV. LITERATURA CITADA

- ADM. (1995). Lysine. ADM bioproducts Company. USA. 21 p.
- Austic ER y Nesheim MC. (1994) Producción avícola. 13ª edición. Ed. Manual Moderno. México D. F. 395 p.
- Baker DH. (1997) Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. *Biokyowa technical review-9*. University of Illinois. 24 p.
- Baker DH. Chung TK. (1992) Ideal protein for swine and poultry. *FERMEX Technical review-4*, FERMEX, México DF. 17 p.
- Bohinski CR. (1987). Bioquímica. 5ª edición. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. México D. F. 739 p.
- Boling SD. Firman JD. (1998) Digestible lysine requirements of female turkeys during the starter period. *Poultry Science* 77:547-551.
- Buttery PJ D'Mello JPF. (1994) Amino acid metabolism in farm animals: an overview. In: Amino acid in farm animal nutrition. D'Mello JPF. CAB INTERNATIONAL. Pp 1-10.
- CANACINTRA. (1998). La industria alimenticia en México. Sección de Fabricante de alimentos balanceados para animales. 40 p.
- CANACINTRA. (2000). La industria alimenticia animal en México (1999-2000). Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales. 53 p.
- Church DC. Pond GW. (1992). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México D. F. 483 p.
- Conn EE. Stumpf PK. (1991). Bioquímica fundamental. Editorial Limusa y Noriega editores. México. 631 p.
- Cuca GM. Ávila GE. Pro MA. (1996). Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Davis AJ. Austic RE. (1993). Increased hepatic threonine dehydrogenase (THD) activity in chicks rats subjected to dietary threonine (THR) imbalance. *Faseb J.* 7:A392.
- De Blas CA. García I. Carabaño R. (2001). Necesidades de treonina en animales monogástricos. XVI curso de especialización. FEDNA 23 p.

- Degussa. (1991). Los aminoácidos en la nutrición animal. 52 p.
- Degussa. (1996) Proteína ideal en pollos de engorde: un nuevo concepto para optimizar la nutrición de aminoácidos. *Feedback*. 13 p.
- Díaz ZJC. Hicks GJJ. (1995). Bioquímica. Segunda edición. Ed. INTERAMERICANA. McGRAW-HILL. México D.F. 750 p.
- Fernández RS. (1996) Formulación de aminoácidos digestibles en dietas para aves. *Octavo ciclo de conferencias FERMEX*. Pp 88-103.
- Fernández RS. Zhang Y. Parson CM. (1994). Effect of overheating on the nutritional quality of cottonseed meal. *Poultry Science* 73: 1563-1571.
- Fernández RS. Zhang Y. Person CM. (1995). Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus a digestible amino acid basis. *Poultry Sci* . 74:1168-1179.
- Firman JD. Boling SD. (1998) Ideal protein in Turkeys. *Poultry Science* 77:105-110.
- Hans DB. (1988). Química de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza España. 2ª edición. pp.10-20.
- Han Y. Baker DH. (1994). Digestible lysine requeriments of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. *Poultry Science* 73:1739-1745.
- Harms RH. Russell GB. (1993). Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poultry Science* 72:1892-1896.
- Harms RH. Russell GB. (1995a). A re-evaluation of the protein and lysine requirement for broiler breeder hens. *Poultry Science* 74: 581-585.
- Harms RH. Russell GB. (1995b). A re-evaluation of the methionine and protein requirement for broiler breeder hens. *Poultry Science* 74: 1349-1355.
- Henry Y. (1996). Proceedings of the 14º International Pig Veterinary Society Congress. Pp. 45-50.
- Hernández BC. Jiménez CL. (1999) La productividad de gallinas de postura con dietas formuladas bajo el concepto de proteína ideal y niveles bajos de proteína. *Tesis de licenciatura*. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 80 p.

- Ishibashi T. Ogawa Y. Itoh T. Fujimura S. Koide K. Watanabe R. (1998). Threonine requirements of laying hens. *Poultry Science* 77: 998-1002.
- Jansman AJM. (2001). Necesidades y utilización del triptófano en animales monogástricos. *XVI curso de especialización. FEDNA*. 18 p.
- Kerr BJ. Kidd MT. (1999). Proceedings. *Onceavo congreso sobre aminoácidos sintéticos. FERMEX. México DF. Pp. 38-46*.
- Keshavarz K. (1998) Investigation on the possibility of reducing protein, phosphorus, and calcium requirements of laying hens by manipulation of time of access to these nutrients. *Poultry Science* 77:1320-1332.
- Keshavarz K. Jackson ME. (1992). Performance of growing pullets and laying hens fed low-protein, amino acid-supplemented diets. *Poultry Science* 71: 905-918.
- Kidd TM. (2000). Necesidades de lisina y treonina en pollo de engorda comercial. *FERMEX. Décimo Segundo Ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. México, D. F. Pp 43-57*.
- Klasing KC. (1998). Comparative Avian Nutrition. *CAB International. Cambridge, UK. 349 p*.
- Koelkebeck KW. Parson CM. Leeper RW. Wang X. (1993). Effect of supplementation of a low-protein corn molt diet with amino acids on early postmolt laying hen performance. *Poultry Science* 72:1528-1536.
- Leclercq B. (1998). El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. *XIV Curso de especialización. Avances en Nutrición y alimentación animal. FEDNA. 13 p*.
- Lopez G. Leeson S. (1995) Response of broiler breeders to low-protein diets. 1. Adult Breeder Performance. *Poultry Science*. 74:685-695.
- Morales BE. Ávila GE. (1994). Necesidades de metionina+cistina para pollos de engorda en iniciación. *Memorias del V Simposium de avances tecnológicos. Novus. Cancún, Qroo. México. 45-51 pp*.
- Murray RK., Granner DK. Mayes PA. Rodwell VW. (2001). Bioquímica de Harper. 15ª edición. Editorial Manual Moderno. México. 1041 p.

- National Research Council (1987). Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy Press. Washington, DC. Pp. 43.
- Okazaki Y. Totsuka K.; Fukazawa A. Watanabe E. Toyomizu M. Ishibashi T. (1993). Relationships of ovoposition, feed consumption and body weight to plasma amino acid concentration of laying hens. *Animal Science and Technology*. 64:363-370.
- Parsons CM. (1991). Amino acid digestibilities for poultry : feedstuff evaluation and requirements. *Biokryowa Technical Review-1 Nuri-Quest, Inc. Chesterfield, MO*.
- Penz JAM. (2000a). Efecto de la nutrición en la cantidad y en la calidad de los desechos de cerdos. FERMEX. Decimo Segundo Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos. México, D. F. Pp 1-23.
- Penz JAM. (2000b). Actualidades en nutrición de aves. FERMEX. *Décimo Segundo Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos. México, D. F.* Pp 58-90.
- Peñalva GG. (1999) Proteína ideal – aplicaciones prácticas en aves. Nutris S.A. de CV. In: *XI ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. FERMEX. México DF. Pp 48-58*.
- Russell CR. (2000). México product brief the mexican market for balanced feed and ingredients 2000. USDA's Foreign Agricultural Service for U.S. exporters of food and agricultural service for U.S. exporters of food and agricultural products. 15 p.
- SAGAR (2000). Situación actual y perspectivas de la producción de carne de pollo en México. Por Lastra MI. Peralta MA. Centro de Estadística Agropecuaria. 45 p.
- Schutte JB. (1989) Practical application of (bio)synthetic amino acids in poultry and pig diets. In monogastric farm animals. Eds. Van Weerden, E. J. and J. Huisman. Pudoc, Wageningen. The Netherlands Pp 75-88.
- Scott LM. Nesheim DC. Young JR. (1982). Nutrition of the chicken. 3<sup>a</sup> Edition. M.L. Scott & Associates. Ithaca, New York, USA .571 p.

- Simon J. (1999). Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (includeing crustaceans). *World's Poultry Science Journal* 55:353-374.
- Summers JD. (1993) Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poultry Science* 72:1473-1478.
- Summers JD. Leeson S. (1994) Laying hen performance as influenced by protein intake to sixteen weeks of age and body weight at point of lay. *Poultry Science* 73: 495-501.
- UNA (2001). Boletín informativo mensual. Unión Nacional de Avicultores. Sitio en Internet. <http://www.una.com.mx>. Septiembre del 2001.
- UNA (2002). Boletín informativo mensual. Unión Nacional de Avicultores. Sitio en Internet. <http://www.una.com.mx>. Octubre del 2002.
- Van HE. (2000). Nutrición Práctica de aminoácidos azufrados en cerdos. *FERMEX. Décimo Segundo Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos. México, D. F.* Pp. 24-42.
- Yamamoto A. Ishibashi T. (1997). Lysine requirements of laying hens in a practical farm. *Animal Science and Technology* 68:735-740.
- Zubay G. (1988). Biochemistry. 2nd ed. *Macmillan Publishing Company a division*.

## V APÉNDICES

### Apéndice 1. Instrucciones a SAS, para el análisis de los datos

Las corridas de SAS, corresponden a un diseño completamente al azar en arreglo factorial.

**DATA** COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO;

**INPUT** SEM TRA REP PER PC EA COD MC UH NE;

**CARDS**;

(DATOS.....)

**PROC** GLM;

**CLASSES** PER PC;

**MODEL** EA COD MC UH NE = PER PC PER\*PC;

**MEANS** PER PC / TUKEY LINES;

**PROC** SORT; BY PER;

**PROC** MEANS MEAN STDERR; BY PER;

**PROC** SORT; BY PC;

**PROC** MEANS MEAN STDERR; BY PC;

**PROC** SORT; BY PER PC;

**PROC** MEANS MEAN STDERR; BY PER PC;

(si la interacción resulto significativa, se utilizaron las siguientes instrucciones)

**PROC** GLM;

**CLASSES** TRA;

**MODEL** EA COD MC UH NE = TRA;

**MEANS** TRA /TUKEY;

**RUN**;

Donde: SEM = Semana, TRA = Tratamiento, REP = Repetición, PER = Perfil de aminoácidos, PC = Proteína Cruda, EA = Eficiencia alimenticia, COD = Consumo de alimento por día, MC = Masa colectada de huevo, UH = Unidades Haugt, NE = Nitrógeno Excretado.



**Apéndice 2. Medias y errores estándar de los tratamientos utilizados en los experimentos 1 y 2.**

**Cuadro 5. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable eficiencia alimenticia (Experimento 1)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> | <b>17%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 0.503      | 0.0104     | 0.508      | 0.0108     | 0.520      | 0.0069     | 0.538      | 0.0091     |
| <b>Perfil 2</b>       | 0.500      | 0.0127     | 0.518      | 0.0076     | 0.515      | 0.0054     | 0.550      | 0.0065     |

**Cuadro 6. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable consumo de alimento (g/ave/d) (Experimento 1)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> | <b>17%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 89.3       | 2.43       | 106.6      | 0.894      | 106.6      | 0.828      | 104.5      | 1.02       |
| <b>Perfil 2</b>       | 85.6       | 2.27       | 104.2      | 1.031      | 107.1      | 0.945      | 105.4      | 1.05       |

**Cuadro 7. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable masa colectada de huevo (g) (Experimento 1)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> | <b>17%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 3120       | 77.4       | 3787       | 78.0       | 3877       | 47.9       | 3925       | 52.0       |
| <b>Perfil 2</b>       | 2965       | 78.2       | 3768       | 37.4       | 3855       | 30.1       | 4050       | 37.1       |

**Cuadro 8. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable calidad de huevo, medida en unidades Haugh (Experimento 1)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> | <b>17%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 83.3       | 0.894      | 81.5       | 1.498      | 81.9       | 1.259      | 79.1       | 1.500      |
| <b>Perfil 2</b>       | 83.6       | 1.023      | 80.0       | 1.302      | 80.8       | 1.262      | 80.9       | 1.384      |

**Cuadro 9. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable excreción de nitrógeno (%) (Experimento 1)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> | <b>17%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 24.2       | 1.27       | 27.6       | 1.13       | 28.8       | 1.42       | 31.8       | 1.37       |
| <b>Perfil 2</b>       | 24.9       | 1.22       | 23.4       | 0.94       | 27.5       | 1.24       | 36.5       | 1.86       |

**Cuadro 10. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable eficiencia alimenticia (Experimento 2)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>12%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 0.479      | 0.016      | 0.469      | 0.013      | 0.485      | 0.010      | 0.410      | 0.013      |
| <b>Perfil 2</b>       | 0.459      | 0.015      | 0.464      | 0.012      | 0.479      | 0.014      | 0.458      | 0.014      |
| <b>Perfil 3</b>       | 0.506      | 0.022      | 0.424      | 0.013      | 0.470      | 0.013      | 0.463      | 0.013      |
| <b>Perfil 4</b>       | 0.471      | 0.013      | 0.486      | 0.010      | 0.438      | 0.015      | 0.464      | 0.007      |

**Cuadro 11. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable consumo de alimento (g/ave/d) (Experimento 2)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>12%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 94.42      | 2.87       | 108.3      | 2.33       | 108.9      | 1.33       | 115.1      | 1.83       |
| <b>Perfil 2</b>       | 103.1      | 2.84       | 108.9      | 2.08       | 116.5      | 1.65       | 118.4      | 1.65       |
| <b>Perfil 3</b>       | 94.49      | 2.37       | 103.1      | 1.48       | 111.5      | 1.29       | 117.2      | 2.20       |
| <b>Perfil 4</b>       | 97.95      | 3.18       | 105.4      | 2.45       | 105.6      | 1.80       | 120.3      | 1.22       |

**Cuadro 12. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable masa colectada de huevo (Kg) (Experimento 2)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>12%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 1.56       | 0.043      | 1.76       | 0.039      | 1.84       | 0.025      | 1.66       | 0.069      |
| <b>Perfil 2</b>       | 1.65       | 0.060      | 1.76       | 0.043      | 1.94       | 0.043      | 1.90       | 0.066      |
| <b>Perfil 3</b>       | 1.66       | 0.065      | 1.52       | 0.043      | 1.83       | 0.055      | 1.89       | 0.058      |
| <b>Perfil 4</b>       | 1.72       | 0.045      | 1.66       | 0.042      | 1.61       | 0.049      | 1.95       | 0.040      |

**Cuadro 13. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable calidad de huevo, medida en unidades Haugh (Experimento 2)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>12%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 81.4       | 1.23       | 80.4       | 1.53       | 82.9       | 1.70       | 85.8       | 1.22       |
| <b>Perfil 2</b>       | 87.4       | 0.91       | 86.1       | 1.10       | 85.8       | 1.54       | 86.9       | 1.37       |
| <b>Perfil 3</b>       | 86.6       | 1.93       | 86.0       | 0.95       | 86.7       | 1.05       | 85.1       | 1.24       |
| <b>Perfil 4</b>       | 85.7       | 1.21       | 86.9       | 1.12       | 83.8       | 1.21       | 85.3       | 1.09       |

**Cuadro 14. Medias y errores estándar de los tratamientos para la variable excreción de nitrógeno (%) (Experimento 2)**

| <b>Proteína Cruda</b> | <b>11%</b> | <b>EE±</b> | <b>12%</b> | <b>EE±</b> | <b>13%</b> | <b>EE±</b> | <b>15%</b> | <b>EE±</b> |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Perfil 1</b>       | 24.6       | 1.21       | 27.7       | 1.58       | 26.1       | 1.69       | 34.8       | 1.25       |
| <b>Perfil 2</b>       | 28.2       | 1.34       | 29.0       | 2.35       | 29.6       | 0.96       | 33.3       | 2.20       |
| <b>Perfil 3</b>       | 26.4       | 2.11       | 30.1       | 1.52       | 27.6       | 3.08       | 35.4       | 4.05       |
| <b>Perfil 4</b>       | 25.8       | 1.37       | 24.3       | 1.90       | 30.4       | 0.99       | 35.7       | 1.82       |

**IMPRESA ANHER**  
IMPRESIONES & ENCUADERNACIONES  
FRAY PEDRO DE GANTE No. 118-D  
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO



