

01670



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS
DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

ESTIMACIÓN DE LA TASA FRACCIONAL DE DEPOSICIÓN
DE PROTEÍNA Y GRASA COMO ELEMENTOS DE
EVALUACIÓN DE CURVAS DE CRECIMIENTO EN
POLLOS DE ENGORDA.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS
PRESENTADA POR:
DANIEL CAMACHO FERNÁNDEZ



TUTOR: CARLOS LÓPEZ COELLO
COMITÉ TUTORAL: ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ
JOSÉ CUARÓN IBARGÜENGOITIA
CARLOS G. VÁSQUEZ PELÁEZ
GUILLERMO TÉLLEZ ISAÍAS

MÉXICO, D. F.

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

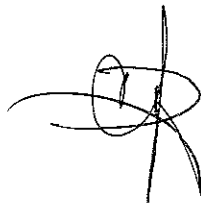
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

DECLARACIÓN

EL AUTOR DA CONSENTIMIENTO A LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO PARA QUE LA TESIS ESTÉ DISPONIBLE PARA CUALQUIER TIPO DE REPRODUCCIÓN E INTERCAMBIO BIBLIOTECARIO.



Daniel Camacho Fernández

DEDICATORIA

CON RESPETO DEDICO EL PRESENTE TRABAJO:

A mis Padres:

José Camacho Saucedo
Raquel Fernández de Camacho
Romana Garduño de Fernández

Por su amor, ejemplo, apoyo moral, espiritual y por todo lo que me han dado.

A mis Hermanos:

José y Diana, María del Carmen y Fernando, Margarita y Fernando, Lilia Pilar y Brígido, Luz María y Arturo, Ernestina y Armando, Marina y Martín, Enrique y Araceli, María Guadalupe y Ricardo

A mis Sobrinos:

Ariadna, Fernanda, Pamela, Emilio, Fernando, Sara Luz, Josué, Rebeca, Tania Montserrat, Armando, Román, Raquel, Jimena, Sandra, José Santiago, Elías, María José

Como muestra de cariño por todo lo que hacen por mí, por su amor y apoyo incondicional.

A Luis Moreno Nava, Refugio Cortés Fernández, Pilar Martínez Casado, Cinthya Montufar Carvajal, Xóchitl Hernández Velasco, Angélica Aparicio Razo, Bertha Tlacomulco, Yolanda Hernández, Socorro Aguilera, Isabel Corona, Rosaura Imelda P. C., Liliana Hernández R., Malena Rojas, Ruth Tejada, Briseida L. Castro, Elvia Aguilera, Patricia Moreno, Pilar Castañeda, Ulises Revelo, Benjamín Fuente, Rocío del Carmen Serrano, Libia Gutiérrez, Socorro Peña, Álvaro Ruíz G., Antonio Ramírez, Julián Elizalde, Javier Balcazar, Mónica Hidalgo, Mireya Juárez, Roberto Santiago, Daniel Ortega, Christian Carlin, Claudia Carreño, Jesus Cabriales, Zenaida Hernández, Krimilda Valenzuela, Francisco Gómez, Omar Prado, Héctor Manzanos, Marco Gámez, Guillermo Gaona, Verónica Dávila, Guadalupe Álvarez, Jessica Molina, Mónica Andrade, Teresa Olivares, Juan Carlos Rojas, Esmeralda Chápero, Mireya Ortiz, Inkar Castellanos

A Tlalpujahua y Tlacotepec Mich.: Pablo Ocaña y Fam.; Familias: Marín Colín, Mendoza Martínez, Valenzuela Martínez, Nava Garduño, Saldivar Herrera, Morales Benítez, Camacho González, Ocaña Imoff, Ocaña Mendoza, Ocaña Téllez, Esquivel Marín, Torres Piñón, Rangel Esquivel, Hernández Martínez, Hernández de La Luz, Martínez Segura, Muñóz Ruiz, Muñóz Colín, Carmona Díaz Leal, Bolaños Morales, Guerra Aguilar, Ruíz Huitrón, Palmeirín Ocaña, Gómez Velásquez, Hernández Mercado, García Winder, García Morales, Bermúdez Tápia, Valenzuela Cosío, Martínez Colín, Guzmán Esquivel, Esquivel Martínez, Aguilera Martínez, Rojas Rojas, Salazar Enríquez, Aguilar Ocaña, Ocaña Ramírez y Piñón Calderón, Arturo Ramírez y Fam., Ulises Colín y Fam., Sra. Margarita García y Fam., Antonio Reyes Pérez y Fam., y Srita Esperanza Piñón y Fam.

Por su apoyo, compañerismo, amistad y amor, que son mi mejor motivación.

De manera especial dedico y agradezco:

Al Dr. Carlos López Coello, a su esposa Dra. Ma. de La Luz Charles de López y a sus hijos Carlos, Lucy y Juan Pablo, *por su amistad, su ayuda incondicional, disponibilidad y consejos.*

Al Dr. Ernesto Ávila González, *excelente profesional y magnífica persona, por sus consejos y ser un ejemplo a seguir.*

AGRADECIMIENTOS

DOY LAS GRACIAS:

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, a la **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia** y a la **División de Estudios de Posgrado e Investigación**, por haberme brindado la oportunidad y apoyo para culminar los estudios de Doctorado

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por permitirme ser becario (65730) en el periodo comprendido entre febrero de 1998 a enero del 2001, cuyo apoyo económico fue fundamental para la realización del estudio de Doctorado

A los Dres Carlos López Coello **como tutor y asesor**, Néstor Estrella Chulín y Pedro Ochoa Galván **como asesores**; Ernesto Ávila González, José Cuarón Ibarquengoitia, Everardo González Padilla, Guillermo Téllez Isaías, Alberto Robles Cabrera, Sergio R. Fernández, Enrique Camacho Fernández y Refugio Cortés Fernández, quienes me motivaron e impulsaron para realizar este estudio de Doctorado

A los Dres José Manuel Berruecos Villalobos, José Cuarón Ibarquengoytia y Manuel Cuca García, **quienes me evaluaron en el examen de Candidatura al Grado de Doctor**, y con los Dres Carlos López Coello, Ernesto Ávila González, Carlos G. Vásquez Peláez y Guillermo Téllez Isaías **forman parte de mi Jurado**; les agradezco su valioso tiempo, comentarios y enseñanzas que enriquecieron el presente trabajo

Al **Director de la Facultad** Dr. Luis A. Zarco Quintero, y a **los dirigentes del Posgrado**: Dres Francisco Trigo Tavera, Francisco Suárez Güemes, Everardo González Padilla, Javier Flores Covarrubias, Jorge Fco. Monroy, Raúl Vargas, Cristina Escalante, Angélica Dorantes, Marcela Chapou, Norma Duarte y a **sus colaboradores**: Mercedes Arriaga, Beatriz Guerrero, Araceli Moreno y Elsa Deyta; por su atenta y cordial atención

Al **Departamento de Producción Animal-Aves**: Profesores, estudiantes y administrativos por darme la oportunidad de ser parte activa en el Departamento; en especial al **Jefe del Departamento** Dr. José Antonio Quintana López; a **los profesores** Ernesto Ávila González, Carlos López Coello, Guillermo Téllez Isaías, Tamas Fehervari, Ma. De la Luz Charles N., Ma. Teresa Casaubón H., Reynaldo Moreno D., Xóchitl Hernández V., Norma Calderón A., Odette Urquiza B., Marco Juárez E., Rubén Merino G., Gabriela Gómez V., Magdalena Escorcía M., Víctor Petrone G., Néstor Ledesma M., Ma. Del Pilar Castañeda S., Gerardo Nava, Cecilia Rosario C., Alejandro Banda C., Gary García E., Leopoldo Paasch M., Eduardo Morales, Susano Medina J., Alejandro Cuadra G., Carlos Vega S., Gonzalo Salazar, y **colaboradores** Rodrigo Merino B., Elizabeth Ábrego R., Marcelo Peña, José G. González, Rosa Saldivar, por sus enseñanzas, amistad y consejos.

Al **Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA)** de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, a su **director** Dr. Ernesto Ávila González, así como a su grupo de **colaboradores**: Arturo Cortés C., Ezequiel Sánchez, Elizabeth Posadas, Benjamín Fuente, Jaime Esquivel, Tomás Jínez, Marisela Juárez, Oliva Hernández, Irma Huerta, y a los **estudiantes**: Bertha Tlacomulco L., Adriana Tenorio, Antonio Estrada, Luis Antonio Calzada N., Oscar Tlacomulco, por todo su apoyo en la realización de éste estudio

A la Dra. Victoria Chagoya de Sánchez, investigadora emérita adscrita al **Instituto de Fisiología Celular de la UNAM**, y a sus colaboradores en su laboratorio: Susana Vidrio, Lucía Yáñez Maldonado y Lidia Martínez, por sus enseñanzas, apoyo y consejos de gran valor en mi formación

Al **Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (INIFAP)** ubicado en Ajuchitlán, Qro.; de manera especial al Dr. José Cuarón Ibarquengoitia por sus consejos, apoyo y ayuda incondicional

A la empresa “**Bachoco S. A. de C. V.**” por su apoyo en la realización de los primeros estudios del proyecto, con especial atención al Ing. Rodolfo Ramos y a los Dres. Gerardo Peñalva García, José Manuel Arriola, Francisco Guerrero A., Gabriel Uribe, Francisco Atristain, C. P. Carlos Huerta, Ing. Arturo Rosas, Dr. Jorge Zurita, y a sus colaboradores: Isabel Corona, Liliana Nieto, Benjamín Medina, Teresa Ortiz, Luis Pérez Olvera, Miguel Franco, Francisco Pérez O., Erick Pérez O., Juan Avendaño, y en general a todo el personal que laboró en la “Granja Experimental”

A los Dres. Gerardo Peñalva, Francisco Guerrero y Benjamín Fuente por su valiosa colaboración en la **formulación**, preparación y manejo del alimento y a la MCV. Xóchitl Hernández por su apoyo en la **recolección** y **registro** de muestras

Al Dr. Carlos G. Vásquez Peláez por gran apoyo en el asesoramiento para la realización de los **análisis estadísticos** de éste estudio

Al Dr. Guillermo Téllez Isaías por su amistad y apoyo total

A la empresa “**Nutrix S. A. de C. V.**”, especialmente a los Dres. Gerardo Peñalva, Mario Ramírez y Esteban Landerreche, por su amistad y ayuda incondicional

De manera especial a Refugio Cortés Fernández y Luis Moreno Nava por todo su apoyo y consejos, desde hace muchos años

Y como todo en mi vida **GRACIAS a DIOS**

A TODOS MUCHAS GRACIAS.

CONTENIDO

	<u>PÁGINA</u>
DECLARACIÓN	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE CUADROS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO PRIMERO	
REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1. <i>Curvas de crecimiento</i>	10
1.2. <i>Programa de alimentación en función del sexo</i>	18
1.3. <i>Justificación del uso de una dieta de preiniciación</i>	19
1.4. <i>El concepto de proteína ideal</i>	23
1.4.1. <i>Necesidades de aminoácidos</i>	33
1.4.2. <i>Exceso de aminoácidos</i>	36
1.4.3. <i>Digestibilidad o disponibilidad</i>	37
1.5. <i>El tejido adiposo</i>	39
1.5.1. <i>Fuentes alimenticias de lípidos</i>	44
1.5.2. <i>Origen del tejido adiposo</i>	45
1.5.3. <i>La célula primitiva</i>	46
1.5.4. <i>El adipoblasto</i>	46
1.5.5. <i>El preadipocito</i>	47
1.5.6. <i>El adipocito</i>	47
1.5.7. <i>Hiperplasia</i>	48
1.5.8. <i>Hipertrofia</i>	51
1.5.9. <i>Control hormonal de la lipólisis</i>	53
1.5.10. <i>Control hormonal de la lipogénesis</i>	54
1.5.11. <i>El control del transporte de lípidos</i>	58
1.5.12. <i>Aspectos comparativos del metabolismo de lípidos en las especies aviares</i>	61

1.5.12.1. Digestión, Absorción y transporte de lípidos	61
1.5.12.2. Sitios de lipogénesis	63
1.5.12.3. Cambios pre y post-nacimiento en lipogénesis ..	63
1.5.12.4. El papel de la ruta pentosa fosfato	64
1.5.12.5. Lipogénesis hepática en inanición y realimentación	64
1.5.12.6. Grasa de la dieta y lipogénesis hepática	64
1.5.12.7. Hiperlipogénesis premigratoria.....	64
1.5.12.8. El papel de las hormonas pancreáticas en el control del metabolismo de lípidos.....	65
1.6. Digestión y absorción de proteínas	65
1.7. Digestión y absorción de carbohidratos.....	67

CAPÍTULO SEGUNDO

HIPÓTESIS	69
OBJETIVOS	70
METAS	71

CAPÍTULO TERCERO

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Procedimiento	72
3.2. Descripción de las aves, instalaciones y manejo a utilizar	73
3.2.1. Lote experimental.....	73
3.2.2. Manejo	74
3.3. Programas de alimentación.....	74
3.4. Programas de iluminación	74
3.5. Medición de las variables zootécnicas	74
3.6. Medición de las variables en rastro	75
3.7. Pruebas estadísticas.....	75
3.8. Análisis económico	75
3.9. Análisis e Interpretación de resultados.....	75

CAPÍTULO CUARTO

EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4 Y 5

EXPERIMENTO 1 EVALUACIÓN DE NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA, Y LA INCLUSIÓN DE UNA DIETA PREINICIAL MEDIANTE CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL PARA POLLOS DE ENGORDA

<i>Resumen</i>	77
<i>Abstract</i>	79

<i>Descripción del problema</i>	81
<i>Material y métodos</i>	82
<i>Resultados y discusión</i>	85
<i>Conclusiones y aplicaciones</i>	91
<i>Referencias y notas</i>	91
CUADROS EXPERIMENTO 1	94

EXPERIMENTO 2 EVALUACIÓN DE DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL MEDIANTE CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL

<i>Resumen</i>	97
<i>Abstract</i>	99
<i>Descripción del problema</i>	101
<i>Material y métodos</i>	102
<i>Resultados y discusión</i>	105
<i>Conclusiones y aplicaciones</i>	111
<i>Referencias y notas</i>	112
CUADROS EXPERIMENTO 2	115

EXPERIMENTO 3 DIETAS DE INICIACIÓN EN BASE A PROTEÍNA IDEAL EVALUADAS POR CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL EN POLLOS DE ENGORDA

<i>Resumen</i>	118
<i>Abstract</i>	120
<i>Descripción del problema</i>	122
<i>Material y métodos</i>	123
<i>Resultados y discusión</i>	126
<i>Conclusiones y aplicaciones</i>	131
<i>Referencias y notas</i>	132
CUADROS EXPERIMENTO 3	135

EXPERIMENTO 4 RELACIÓN LISINA Y PROTEÍNA CRUDA EN DIETAS FORMULADAS A PROTEÍNA IDEAL PARA POLLOS DE ENGORDA MACHO

<i>Resumen</i>	138
<i>Abstract</i>	140
<i>Descripción del problema</i>	142
<i>Material y métodos</i>	143
<i>Resultados y discusión</i>	145
<i>Conclusiones y aplicaciones</i>	149
<i>Referencias y notas</i>	149
CUADROS EXPERIMENTO 4	151

**EXPERIMENTO 5 DIETAS FORMULADAS A PROTEÍNA IDEAL Y
RESTRICCIÓN ALIMENTICIA, SOBRE LA HIPERPLASIA E HIPERTROFIA DEL
TEJIDO GRASO ABDOMINAL EN POLLOS DE ENGORDA**

<i>Resumen</i>	157
<i>Abstract</i>	159
<i>Descripción del problema</i>	161
<i>Material y métodos</i>	163
<i>Resultados y discusión</i>	167
<i>Conclusiones y aplicaciones</i>	178
<i>Referencias y notas</i>	179
CUADROS EXPERIMENTO 5	185

CAPÍTULO QUINTO

DISCUSIÓN GENERAL	192
--------------------------------	-----

CONCLUSIONES GENERALES	204
-------------------------------------	-----

LITERATURA GENERAL CITADA	207
--	-----

ANEXOS	228
---------------------	-----

ANEXO 1: EXPERIMENTO 1	229
-------------------------------------	-----

ANEXO 2: EXPERIMENTO 2	238
-------------------------------------	-----

ANEXO 3: EXPERIMENTO 3	247
-------------------------------------	-----

ANEXO 4: EXPERIMENTO 4	256
-------------------------------------	-----

ANEXO 5: EXPERIMENTO 5	257
-------------------------------------	-----

LISTA DE CUADROS

NÚMERO

PÁGINA

REVISIÓN DE LITERATURA

1	Perfil de aminoácidos sobre la base de proteína ideal para pollo de engorda durante tres periodos de crecimiento	26
2	Proteína ideal para pollos de engorda	27
3	Niveles dietéticos sugeridos de aminoácidos azufrados y lisina para pollos de engorda	28
4	Proporciones ideales de aminoácidos digestibles para pollo de engorda, según varias fuentes	28
5	Proporción ideal calculada de treonina y aminoácidos azufrados (AAS) con respecto a lisina para pollos de engorda en los últimos periodos de crecimiento	29
6	Requerimientos predictivos (alimentación sexo mixto) para lisina, aminoácidos azufrados y treonina en 8 periodos de crecimiento	31
7	Perfil de aminoácidos de la proteína corporal, proteína de plumas y requerimiento de mantenimiento en pollo de engorda	32

MATERIALES Y MÉTODOS

1	Periodos de iluminación	74
---	-------------------------------	----

EXPERIMENTO 1

1	Composición y análisis calculado de la dieta balanceada testigo por sexo incluyendo fase de preiniciador experimental	94
2	Valores acumulados de peso corporal (g) para macho y hembra por semana para los 6 tratamientos	95
3	Valores medios de la relación pieza por Canal (g/100g) de las mediciones en rastro para macho y hembra de los 6 tratamientos	96

EXPERIMENTO 2

1	Composición y análisis calculado de la dieta balanceada testigo por sexo incluyendo fase de preiniciador experimental	115
2	Valores acumulados de peso corporal (g) para macho y hembra por semana y para los 6 tratamientos	116
3	Cuadrados medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro asociadas a tratamiento y sexo	117

EXPERIMENTO 3

1	Composición y análisis calculado de la dieta balanceada testigo por sexo	135
2	Valores acumulados de peso corporal (g) para macho y hembra por semana para los 6 tratamientos y comparaciones planeadas	136
3	Valores medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro para macho y hembra de los 6 tratamientos	137

EXPERIMENTO 4

1	Composición y análisis calculado de la dieta iniciador y dietas de crecimiento para los 6 tratamientos experimentales para macho	151
2	Composición y análisis calculado de la dieta finalizador para los 6 tratamientos experimentales para macho	152
3	Parámetros productivos, eficiencias nutritivas y mediciones en rastro al día 35 de edad	153
4	Características corporales y químicas al día 35 de edad	154
5	Parámetros productivos, eficiencias nutritivas y mediciones en rastro al día 49 de edad	155
6	Características corporales y químicas al día 49 de edad	156

EXPERIMENTO 5

1	Composición y análisis calculado de la dieta iniciador y dietas de crecimiento y finalizador para los 2 tipos de dietas experimentales para macho y hembra	185
---	--	-----

2	Valores acumulados de peso corporal (g) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	186
3	Valores medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro por tratamiento y sexo	186
4	Valores acumulados de la relación grasa abdominal por peso vivo (g/100g) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	187
5	Valores medios de colesterol (mg/dl), triglicéridos (mg/dl), lipoproteínas de alta densidad (mg/dl) y lipoproteínas de baja densidad (mg/dl) para macho y hembra por tratamiento al día 35 de edad	187
6	Valores medios de colesterol (mg/dl), triglicéridos (mg/dl), lipoproteínas de alta densidad (mg/dl) y lipoproteínas de baja densidad (mg/dl) para macho y hembra por tratamiento al día 49 de edad	188
7	Valores acumulados de lípidos (g) por gramo de tejido graso abdominal seco para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	188
8	Valores acumulados de DNA (μg) por gramo de tejido graso abdominal seco para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	189
9	Valores acumulados de hiperplasia (DNA/peso vivo) del tejido graso abdominal para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	190
10	Valores acumulados de hipertrofia (lípidos/DNA) del tejido graso abdominal para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	191

ANEXO EXPERIMENTO 1

1	Cuadrados medios de la variable peso corporal asociada a tratamiento, sexo y semana	229
2	Ecuaciones, R^2 y punto de inflexión de la variable peso corporal para cada tratamiento por sexo	229
3	Consumo de alimento (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	230
4	Consumo de proteína (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	230
5	Consumo de energía (kcal): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	231
6	Conversión alimenticia comercial (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	231

7	Conversión alimenticia corregida para mortalidad (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	232
8	Eficiencia alimenticia (peso corporal/consumo alimento * 100): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	232
9	Eficiencia proteica (peso corporal/consumo proteína): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	233
10	Eficiencia energética [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	233
11	Mortalidad total (%): valores por semana para cada tratamiento	234
12	Mortalidad por síndrome ascítico (%): Valores por semana para cada tratamiento	234
13	Índice de producción: valores por semana para cada tratamiento	235
14	Cuadrados medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro asociadas a tratamiento y sexo	235
15	Relación de costos y relación beneficio-costos por tratamiento para machos	236
16	Relación de costos y relación beneficio-costos por tratamiento para hembras	237

ANEXO EXPERIMENTO 2

1	Cuadrados medios de la variable peso corporal asociada a tratamiento, sexo y semana	238
2	Ecuaciones, R^2 y punto de inflexión de la variable peso corporal para cada tratamiento por sexo	238
3	Consumo de alimento (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	239
4	Consumo de proteína (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	239
5	Consumo de energía (kcal): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	240
6	Conversión alimenticia comercial (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	240
7	Conversión alimenticia corregida para mortalidad (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	241
8	Eficiencia alimenticia (peso corporal/consumo alimento * 100): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	241

9	Eficiencia proteica (peso corporal/consumo proteína): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	242
10	Eficiencia energética [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	242
11	Mortalidad total (%): valores por semana para cada tratamiento	243
12	Mortalidad por síndrome ascítico (%): Valores por semana para cada tratamiento	243
13	Índice de producción: valores por semana para cada tratamiento	244
14	Valores medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro para macho y hembra de los 6 tratamientos	244
15	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento para machos	245
16	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento para hembras	246

ANEXO EXPERIMENTO 3

1	Cuadrados medios de la variable peso corporal asociada a tratamiento, sexo y semana	247
2	Ecuaciones, R^2 y punto de inflexión de la variable peso corporal para cada tratamiento por sexo	247
3	Consumo de alimento (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	248
4	Consumo de proteína (g): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento..	248
5	Consumo de energía (kcal): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	249
6	Conversión alimenticia comercial (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	249
7	Conversión alimenticia corregida para mortalidad (índice): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	250
8	Eficiencia alimenticia (peso corporal/consumo alimento * 100): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	250
9	Eficiencia proteica (peso corporal/consumo proteína): valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	251
10	Eficiencia energética [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: valores, ecuaciones y R^2 para cada tratamiento	251

11	Mortalidad total (%): valores por semana para cada tratamiento	252
12	Mortalidad por síndrome ascítico (%): valores por semana para cada tratamiento	252
13	Índice de producción: valores por semana para cada tratamiento	253
14	Cuadrados medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro asociadas a tratamiento y sexo	253
15	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento para machos	254
16	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento para hembra	255

ANEXO EXPERIMENTO 4

1	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento	256
---	---	-----

ANEXO EXPERIMENTO 5

1	Cuadrados medios de los parámetros productivos asociados a tratamiento, sexo y semana	257
2	Valores acumulados de consumo de alimento (g) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	258
3	Valores acumulados de ganancia diaria (g) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	258
4	Valores acumulados de conversión alimenticia comercial (índice) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	259
5	Valores acumulados de conversión alimenticia corregida por mortalidad (índice) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	259
6	Valores acumulados de índice de producción para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	260
7	Valores acumulados de mortalidad total (%) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	260
8	Valores acumulados de mortalidad por síndrome ascítico (%) para macho y hembra por semana para los 3 tratamientos	261
9	Cuadrados medios de la relación pieza por canal (g/100g) de las mediciones en rastro asociadas a tratamiento y sexo	261

10	Cuadrados medios de la relación grasa abdominal por peso vivo (g/100g) asociada a tratamiento, sexo y semana	262
11	Cuadrados medios de las variables colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de alta densidad (LAD) y lipoproteínas de baja densidad (LBD) asociadas a tratamiento, sexo y días 35 y 49 de edad	262
12	Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) de las variables peso vivo (Peso), colesterol (COL), triglicéridos (TGC), lipoproteínas de alta densidad (LAD) y lipoproteínas de baja densidad (LBD) asociadas a tratamiento, sexo y días 35 y 49 de edad	263
13	Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para peso de grasa (Grasa) con las variables peso vivo (Peso), colesterol (COL), triglicéridos (TGC), lipoproteínas de alta densidad (LAD) y lipoproteínas de baja densidad (LBD) asociadas a tratamiento, sexo y días 35 y 49 de edad	265
14	Cuadrados medios de las variables lípidos y DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, hiperplasia e hipertrofia del tejido graso asociados a tratamiento, sexo y semana	267
15	Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) de las variables peso vivo (Peso), lípidos (LIPID), DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, hiperplasia (PLAS) e hipertrofia (TROF) del tejido graso asociados a tratamiento, sexo y semana	268
16	Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para pase de grasa (Grasa) con las variables peso vivo (Peso), lípidos (LIPID), DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, hiperplasia (PLAS) e hipertrofia (TROF) del tejido graso asociados a tratamiento, sexo y semana	273
17	Relación de costos y relación beneficio-costo por tratamiento para machos y hembras	278

Resumen

CAMACHO FERNÁNDEZ DANIEL: “Estimación de la tasa fraccional de deposición de proteína y grasa como elementos de evaluación de curvas de crecimiento en pollos de engorda”. (Tutor: Dr. Carlos López Coello; Comité tutorial: Dr. Ernesto Ávila González, Dr. José Cuarón Ibarquengoitia, Dr. Carlos G. Vásquez Peláez, Dr. Guillermo Téllez Isaías)

La nutrición adecuada del pollo de engorda es determinante para la mayor productividad, se debe conocer la aplicabilidad de recientes investigaciones mediante la experimentación. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar curvas de crecimiento de pollos de engorda tanto en machos como en hembras, bajo diferentes programas nutricionales, para encontrar una explicación del crecimiento desde una aproximación alométrica, en la que la tasa fraccional de deposición de grasa y proteína fueron los elementos fundamentales de medición en pollos de engorda.

Se realizaron 5 experimentos para verificar las hipótesis y realizar cada uno de los objetivos planteados. Inicialmente, se llevaron a cabo tres experimentos exploratorios para analizar curvas de crecimiento para cada sexo, utilizando dietas bajo los conceptos de proteína total y proteína ideal, aumentando y disminuyendo el porcentaje de proteína cruda y de energía metabolizable, además del uso de una dieta de preiniciación; definiendo así, la dieta de iniciación más apropiada, posteriormente se midió la composición química corporal en pollos de engorda macho, y por último, la determinación de la dinámica de crecimiento de los adipocitos.

De los resultados obtenidos, se observó que las curvas de crecimiento en pollos de engorda macho y hembra, presentaron una tendencia cuadrática, al formular sobre la base de proteína total o proteína ideal, modificando los niveles de energía y proteína, o aplicando un programa de restricción. La edad en la cual el punto de inflexión de la curva de crecimiento se alcanzó en la estirpe Hybro, alimentados con dietas formuladas sobre la base de proteína ideal, estuvo íntimamente ligada a la edad en la cual los pollos de engorda fueron usualmente al rastro; denotando implicaciones prácticas para decidir la edad a rastro. Al formular sobre la base de proteína total, aumentar o disminuir 1% de proteína cruda (PC) o 50 kcal/kg de energía metabolizable (EM), no se mejoró la dieta testigo para las mediciones de grasa, pechuga, piernas y muslos; observando mayor acumulación de grasa abdominal al aumentar la relación energía:proteína; en hembras al disminuir la proteína y en machos al aumentar la energía. Al disminuir 1% PC (22%) mejoró notablemente el peso corporal en machos al día 21 de edad. La inclusión de una dieta preiniciador (más 1% PC; menos 200 kcal/kg EM) durante los primeros siete días de edad, no mejoró la dieta testigo en el peso corporal final; ya sea formulada sobre la base de proteína total o ideal. Al

formular sobre la base de proteína ideal, disminuir 1% PC (22%), mejoró el peso corporal en hembras al día 21 de edad. Se logró un mayor rendimiento de pechuga en machos al aumentar 1% PC y 50 kcal/kg EM; y en hembras fue mayor al disminuir 50 kcal/kg EM, al aumentar 1% PC y con una dieta de preiniciación con relación a la dieta testigo. En hembras aumentó la cantidad de grasa abdominal al disminuir 1% PC, y disminuyó la grasa al aumentar 1% PC o 50 kcal/kg EM. En la fase de iniciación, la formulación de dietas para machos bajo el concepto de proteína ideal con niveles nutricionales de 24% PC y 3050 kcal/kg de EM comparado con niveles 23% PC y 3000 kcal/kg de EM, se obtuvieron mejores beneficios del peso corporal, conversión alimenticia, conversión corregida por mortalidad, eficiencia alimenticia, eficiencia proteínica, eficiencia energética y en el índice de producción durante todo el ciclo productivo; pero no fue mejor en cuanto al rendimiento en canal. En el rendimiento de pechuga para machos, la dieta -1% PC superó al testigo y para piernas la dieta +50 kcal/kg EM. Se presentó una clara tendencia lineal directamente proporcional para las eficiencias de proteína y de cistina, siendo lo opuesto para la eficiencia de metionina dentro del rango medido de relación lisina total:proteína cruda (LT:PC) (4.7-6.2). El peso de grasa abdominal, manifestó incrementos lineales directamente proporcionales a las relaciones LT:PC medido al día 35 y 49 de edad. Con respecto a las características químicas, el porcentaje de proteína al día 35, presentó una tendencia lineal inversamente proporcional a la relación LT:PC y una tendencia cúbica al día 49 con el mayor porcentaje en la relación 5.3. El porcentaje de grasa (lípidos) al día 35, aumentó directamente proporcional a la relación LT:PC; siendo lo opuesto en base seca y húmeda al día 49. La relación 5.6 obtuvo el mayor peso corporal, resultando diferente del tratamiento restringido, pero no de la relación 5.0. Los valores de pechuga resultaron mayores en hembras, favoreciéndose este valor con 5.0; y para piernas, los valores de machos fueron mayores, siendo mejor el obtenido en los restringidos, encontrándose intermedio el valor de 5.6 para ambos sexos en las dos piezas. Las hembras acumularon más grasa abdominal con relación a los machos para cada tratamiento, los valores para la relación 5.6 fueron los mayores y de 5.0 los menores. El DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, alcanzó su valor más alto en la segunda semana de edad (machos 622.67 μ g y hembras 657.67 μ g), disminuyendo por semana, siendo para hembras desde la tercera semana, menor con relación a machos. A través del cálculo de la relación DNA/peso vivo en las condiciones experimentales empleadas, no se obtuvo una respuesta clara de la hiperplasia del tejido graso abdominal. A través del cálculo de la relación lípidos/DNA, se observó una clara respuesta sobre la hipertrofia del tejido graso abdominal, iniciando en machos en promedio a los 11.1 días y en hembras a los 10.8. Las relaciones 5.0 y 5.6, no presentaron diferencias en la acumulación de lípidos y cantidad de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, ni para la hipertrofia de éste tejido. El uso de la restricción alimenticia es eficiente como paliativo para disminuir el síndrome ascítico y por ende la mortalidad total, mejorando a la vez la conversión alimenticia, sin embargo, tanto hembras como machos no alcanzan el crecimiento compensatorio a los 49 días de edad y presentan mayor acumulación de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco y mayor hipertrofia medida por la relación lípidos/DNA.

Palabras clave: Pollo de engorda, Curvas de crecimiento, Peso corporal, Rendimiento en canal, Proteína ideal, Composición química del pollo, Restricción alimenticia, Hiperplasia, Hipertrofia, Tejido graso

Abstract

CAMACHO FERNÁNDEZ DANIEL: “Estimation of the fractionated rate of protein and fat deposition as evaluation elements for growth curves in broiler chickens”. (Tutor: Dr Carlos López Coello; Tutelar committee: Dr. Ernesto Ávila González, Dr. José Cuarón Iburguengoitia, Dr. Carlos G. Vásquez Peláez, Dr. Guillermo Téllez Isaías).

Proper nutrition for the broiler is a determinant factor for a greater productivity. In order to know how applicable recent research is, one must test it through experimentation. Therefore, the objective of this study was to evaluate growth curves from both male and female broiler chickens, under diverse nutritional regimens, to find an explanation for growth from an allometric approximation, using the fractionated rate of protein and fat deposition as fundamental elements.

It performed five experiments that allowed verifying the hypotheses and each one of the stated objectives. Initially, three exploratory experiments were made to analyze the growth curves for each sex, using diets designed under total and ideal protein concepts, increasing and decreasing the percentage of crude protein and of metabolizable energy, besides a pre-starter diet. This allowed to define the most appropriate starter diet, afterwards the chemical-corporal composition was measured in male broiler chickens and growth dynamics of adipocytes was determined.

Results revealed that growth curves of male and female broiler chickens presented a quadratic tendency when formulating their diets based on total or ideal protein, modifying the energy and protein levels, or applying a restriction program. The age at which the inflection of the growth curve was reached by the Hybro breed, fed with ideal protein diets was tightly related to the age at which the broiler chickens are usually sent to the slaughterhouse, indicating practical implications to decide the slaughterhouse age. When diets were formulated based on total protein, increasing or decreasing 1% the crude protein (CP), or 50 kcal/kg of metabolizable energy (ME), the control diet did not improve measurements of fat, breast, thighs and legs; observing a larger accumulation of abdominal fat when increasing the energy:protein relation: in female when diminishing the protein and in males when increasing the energy. When decreasing 1% CP (22%) the body weight of males on day 21 of age improved notably. Inclusion of a pre-started diet (plus 1% CP; minus 200 kcal/kg ME) during the first seven days of life, the control diet did not improve the final body weight, formulated on the basis of either total or ideal protein. When formulating based on ideal protein, decreasing 1% CP (22%) improved the body weight of females at day 21 of age. A better breast yield was obtained in males when increasing 1% CP and 50 kcal/kg ME, and in females it was greater when increasing or decreasing 50

kcal/kg ME, and increasing 1% CP and with a pre-starter diet in relation to the control diet. In females the amount of abdominal fat increased when decreasing 1% CP and the fact decreased when increasing 1% CP or 50 kcal/kg ME. During the starter phase, diets formulated for males based on ideal protein with nutritional levels of 24% CP and 3050 kcal/kg ME compared to levels of 23% CP and 3000kcal/kg ME, better benefits were obtained for body weight, feed conversion, corrected conversion due to mortality, feed protein, and energy efficiencies and in the production index during the whole reproductive cycle, but was not better regarding carcass yield. Regarding breast yield in males, the -1% CP diet was better than the control one and for legs the +50 kcal/kg ME. A clear linear tendency directly proportional was observed for protein and cystine efficiencies, finding the opposite for methionine efficiency within the measured range of the total lysine:crude protein (TL:CP) (4.7–6.2). The abdominal fat weight depicted linear increases directly proportional to the TL:CP relations measured on days 35 and 49 of age. Regarding chemical characteristics, the percentage of protein on day 35 presented a linear tendency inversely related to TL:CP and a cubic tendency on day 49 with the largest percentage in the 5.3 relation. Percentage of fat (lipids) on day 35, increased directly proportional to the TL:CP relation, being the opposite for dry and wet base on day 49. The 5.6 relation yielded the best body weight, resulting different from the restricted treatment but not from the 5.0 relation. Breast values resulted higher in females, favored by the 5.0 relation; for legs the male values were larger, being better the ones obtained in the restricted ones, finding the 5.6 value as intermediate for both sexes in the two pieces. Females accumulated more abdominal fat than males for each treatment, the values for the relation 5.6 were the highest and those for 5.0 were the lowest. The DNA per gram of dry abdominal fatty tissue reached its highest value at the second week of age (males 622.67 µg and females 657.67 µg), decreasing per week, being lower for females from the third week on. Calculating the relation DNA/life weight in the used experimental conditions did not reveal a clear hyperplasia response of the abdominal fatty tissue. Calculation of the lipids/DNA relation revealed a clear response on hypertrophy of the abdominal fatty tissue, which started in males at an average age of 11.1 days and in females at 10.8 days. The 5.0 and 5.6 relations revealed no differences in lipids accumulation and in the DNA amount per gram of dry abdominal fatty tissue, nor for the hypertrophy of this tissue. The use of feed restriction is efficient to diminish ascites syndrome and, in turn, total mortality, at the same time improving feed conversion. However, neither females nor males reached the compensatory growth on day 49 of age and presented a larger accumulation of lipids per gram of dry abdominal fatty tissue and a greater hypertrophy measured by the lipids/DNA relation.

Key words: Broiler chickens, Growth curves, Body weight, Carcass yield, Ideal protein, Chemical composition of chicken, Feed restriction, Hyperplasia, Hypertrophy, Fatty tissue

Introducción

El consumo de carne de aves en el ámbito mundial (pollo, pavo, pato y aves especializadas) es de significativa importancia económica en más de 50 países alrededor del mundo. Las aves es la segunda carne más consumida globalmente, habiendo alcanzado a la carne de ternera en 1996. El cerdo es la primera carne mundial. La avicultura; sin embargo, es claramente la más dinámica en términos de acción de ganancia en el mercado, adaptando tecnología para crianza, alimentación, producción, proceso y comercialización; y está en posición para beneficiar a más consumidores en la tendencia alimenticia. Este dinámico acercamiento por los productos avícolas y comercializadores provee una base sólida para concluir que la avicultura alcanzará al consumo de cerdo en algún tiempo en el futuro (Roeningk, 1999). Se estima que durante la década comprendida entre 1995 y el año 2005, la producción mundial de pollo puede incrementarse, desde 39 hasta 64 millones de toneladas; lo que representaría un aumento de 58%, o sea, un crecimiento de alrededor de los 2.5 millones de toneladas por año. Para el año 2005, se estima que el 84% de la carne de pollo del mundo, se va a producir y a consumir en el mismo país, y sólo un 16% se comercializará internacionalmente. En América Latina se está participando también en este mejoramiento del desarrollo económico, como Brasil que es el país que tiene el crecimiento más rápido y el segundo productor de pollo a escala mundial (Aho, 1997).

A nivel mundial, entre 1988 y 1998 la proporción promedio anual que incrementó el consumo de pollo de engorda fue 4.7%. México aumentó el porcentaje de consumo de carne de pollo de 1988 a 1998 en 1.03 veces, siendo el cuarto país mundial, precedido por Argentina (1.12), Brasil (1.29) y China (2.42). El consumo de pollo de engorda claramente domina el consumo mundial de aves contribuyendo cerca del 70% del mercado. Los pavos contribuyeron el 8% y otras aves con el 22%. Desde 1997 México ha ocupado el quinto lugar mundial en el consumo de carne de pollo. Consumió 1.74 millones de toneladas

métricas en 1998, precedido por Brasil con 3 92, la Unión Europea 5 089, China 6 39 y ocupando el primer lugar Estados Unidos con 10 6. Dentro del consumo per cápita mundial de carne de aves, México ocupó en 1998 el lugar número 18 con un consumo de 20 1kg por persona, precedido por: Argentina (21 1), Holanda (22 1), Grecia (22 6), Republica de Sudáfrica (23 9), Brasil (24 4), Francia (24 9), Portugal (25 3), España (26 2), Irlanda (27 0), Reino Unido (27 2), Australia (27 7), Taiwán (32 3), Arabia Saudita (32 4), Singapur (34 4), Canadá (35 1), Estados Unidos (42 0) y el primer lugar lo ocupó Israel con 45 kg por persona (Roeningk. 1999)

Cabe señalar el interés que se tiene en la economía de la productividad avícola, principalmente en cada empresa avícola, que busca alternativas para minimizar sus costos y maximizar la rentabilidad. El hecho de disponer de aves con una buena conversión alimenticia, asociada a una rápida ganancia de peso, indiscutiblemente proporciona al avicultor la oportunidad de producir a un menor costo y tiempo. En México, en 1994 el índice o tasa de conversión para las aves explotadas de forma integrada fue 2 3 kg de alimento por kg de carne de pollo; en los E U A en ese mismo año, el índice para carne de pollo fue de 2 kg de alimento por kg de carne (Alonso, 1997). En México durante 1995, se produjeron alrededor de 900 millones de pollos de engorda (López, 1997). El dramático incremento en el volumen de producción y la eficiencia productiva por ave es atribuible en los procesos productivos al desarrollo en la genética y nutrición del pollo. El progreso en la nutrición del pollo durante los últimos 50 años es atribuible a varios factores, incluyendo el uso de vitaminas, enzimas y aminoácidos sintéticos, el cambio de formulación con base a proteína total por aminoácidos disponibles, el desarrollo de un gran número de programas alimenticios para reunir los requerimientos especiales durante el ciclo de producción, como la separación de sexos, las diferencias según la época del año y de nuevas líneas genéticas; la adición de micro y macro elementos a las dietas, la relación energía/proteína en las dietas, el progreso en la tecnología para la elaboración de las harinas alimenticias, el uso de la evaluación de la energía metabolizable verdadera para calcular la energía disponible para los pollos en varias materias primas, los beneficios de peletizar el alimento y las

necesidades eventuales de restricción alimenticia entre otros aspectos (Penz y De Mello, 1998; Uni, 1998)

Uno de los procedimientos que han sido mejorados, es el aumento del número de dietas proporcionadas durante el desarrollo de los pollos. En la década de los setenta, eran utilizadas básicamente dos dietas: una inicial, para pollos de 1 a 28 días de edad; y otra final, para pollos de 29 a 56 días de edad. En la década de los ochenta, ya con la orientación del Consejo de Ciencias de los Estados Unidos de América (NRC, 1984, 1994), sugirieron tres etapas: una, para pollos de 1 a 21 días; otra de 22 a 42 días; y una última, para pollos de 43 a 56 días de edad. Los requerimientos de proteína y aminoácidos para estos animales varían con la edad, en la práctica común los niveles de proteína cruda (PC) disminuyen durante el periodo de crecimiento. El NRC (1984, 1994) sugiere tres niveles de PC en la dieta (23, 20 y 18%) para los tres periodos de crecimiento. Sin embargo, el tiempo óptimo para hacer éstos cambios de dieta no han sido claramente establecidos y dependen de factores de costo beneficio derivados de alterar el contenido de nutrimentos del alimento (Pesti y Fletcher, 1984; Penz y Luiz, 1996). Proponen Penz y Vieira (1998) a las empresas, la introducción de una dieta preinicial para pollos de 1 a 7 días de edad.

Esta dieta, surgió con la intención de suministrar a los pollitos, un programa importante con un bajo nivel de energía metabolizable que es de considerar, por la baja digestión y absorción de grasa en este periodo. Las principales razones que garantizan esta práctica, están sustentadas en que los pollos en esta edad, tienen necesidades nutricionales distintas, que tienen que ser cubiertas por ingredientes específicos, debido a la dificultad que tienen en digerir y absorber ciertos nutrimentos y por el rápido potencial de desarrollo en estos primeros días de vida; además de la gran dificultad de garantizar la supervivencia en condiciones de temperatura inadecuada. Todas estas alteraciones se tornan más limitantes, a medida que los pollos son más precoces, con mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia por día. Por lo tanto, las pérdidas en el desarrollo inicial de los pollos de engorda son más importantes ahora, de lo que fueron en el pasado. Aunado a lo anterior, también es de considerar el efecto de las características anatómo-fisiológicas del aparato

digestivo en los pollos durante los primeros días de vida, ya que determinan la digestibilidad de los nutrimentos en esta fase, de manera que los nutriólogos formulen nuevas estrategias para nutrir mejor a los pollos en este periodo (Moran, 1990; Chamblee *et al* , 1992; Nitsan *et al* , 1993; Penz y Luiz, 1996)

Un aspecto importante en los primeros días de vida de los pollitos, es identificar una dieta que los estimule a consumir mayor cantidad de alimento posible, debido a que la mayoría de las enzimas que regulan la digestión de los ingredientes de la ración, son substrato dependiente al consumo de alimento. Por lo que, entre más rápido y mayor cantidad de alimento reciban los pollitos, más rápidamente serán aptos para digerir y absorber los nutrimentos. Esto lo corroboró Baranyiová (1972), al observar reducciones substanciales en el crecimiento temprano del tracto intestinal, hígado y páncreas, por presentarse un retraso de incluso un día o dos en el suministro de alimento y agua, de manera que repercute negativamente en la digestión y absorción de nutrimentos proporcionados en el alimento.

La proteína representa uno de los componentes más costosos en la formulación de alimentos balanceados y es uno de los nutrimentos que mayor efecto tiene sobre la calidad y conformación de la canal (Peñalva, 1999). Hace algunos años los pollos eran alimentados sobre la base del total de proteína cruda, sin tomar en consideración las necesidades de los aminoácidos, posteriormente se utilizó el contenido de estos nutrimentos en las materias primas, y recientemente se ha empezado a tomar ventaja sobre la información de la eficiencia de retención por el organismo, lo que permite conocer un requerimiento más preciso sobre la digestibilidad de los aminoácidos, surgiendo con ello, la posibilidad de elaborar los perfiles nutricionales bajo un concepto denominado proteína ideal.

Al formular bajo el concepto de digestibilidad, se establece un candado de seguridad para la correcta utilización de la proteína, los aminoácidos y el nitrógeno aportado, evitando así los desequilibrios, excesos y deficiencias que afectan la productividad de las aves. Esto hace posible ampliar el perfil de ingredientes, utilizando fuentes alternas con el fin de disminuir costos de producción por concepto de alimento además de lograr mejoras en la

productividad. Con los aminoácidos cristalinos se pueden utilizar ingredientes alternativos y reducir el nivel de proteína cruda de la ración para formular económicamente las dietas y satisfacer los requerimientos de aminoácidos (Moran *et al* , 1993)

Los pollos de engorda se obtienen a diferentes pesos para proveer una variedad de productos que reúnan las demandas del consumidor; el tiempo óptimo para cambiar los alimentos podría por lo tanto variar dependiendo sobre el deseo final de peso del ave. Un producto en la gran demanda para la industria avícola es un ave de aproximadamente 2.2 kg. Esta ave provee una variedad de opciones incluyendo el ave total, corte en partes, porciones para alimento rápido y productos deshuesados. Las aves pueden actualmente alcanzar tal peso corporal en 42 a 45 días, dependiendo del sexo y de la estirpe (Saleh *et al* , 1997a). El rápido crecimiento del músculo de la pechuga de razas pesadas fue atribuido a la más alta proporción de síntesis de proteína (estimada por la relación RNA/DNA) comparado con los pollos de razas ligeras (Pinchasov *et al* , 1989).

En los pollos de engorda modernos, la ganancia de peso corporal es muy rápida y además son eficientes convertidores de energía y proteína derivada del alimento. Esto se ha alcanzado principalmente por la selección para ganancia de mayor peso a rastro, sin considerar el efecto de esto sobre la composición de la canal. Una de las consecuencias de esta estrategia de selección es que la ganancia de grasa se ha incrementado rápidamente más que la ganancia de proteína (Siegel y Dunnington, 1987; Murtry *et al* , 1988). Fraps (1943) fue uno de los primeros en mostrar que la composición corporal podría alterarse a través de la manipulación de la proteína y energía de la dieta. Las líneas seleccionadas para carne tienen más alto peso de músculo de la pechuga y más contenido de proteína en la canal pero no se han seleccionado para el engrasamiento (Cahaner *et al* , 1986; Whitehead y Griffin, 1986; Ricard y Touraille, 1988). Esta observación se explica parcialmente por el coeficiente alométrico del contenido de lípidos o por la grasa abdominal. El exceso de acumulación de grasa es un desperdicio de energía tanto para la industria avícola como para el consumidor. Como consecuencia, las investigaciones se están llevando sobre los aspectos genéticos, fisiológicos y nutricionales del metabolismo de las grasas en el pollo. El

crecimiento del tejido adiposo es debido a un incremento en el número de adipocitos acompañado por el agrandamiento de estas células (Leclercq, 1984; Akiba *et al* , 1995)

Con la rápida expansión del comercio de “comida rápida” y la conciencia del público de la participación de la grasa como un riesgo en la salud, la gran cantidad de grasa en la canal, especialmente en la región abdominal, está siendo cuestionada y criticada por procesadores y consumidores. Además del tejido adiposo abdominal, considerable cantidad de grasa es detectada en las piernas, cuello, pechuga y dorso. Las pérdidas debidas al exceso de deposición de grasa en pollos de engorda son estimadas en 250 a 300 millones de dólares anualmente (Plavnik y Hurwitz, 1985; Rosebrough *et al* , 1986). La deposición de grasa en exceso en los pollos es un problema grave en lo que respecta a la rentabilidad y calidad de la canal; disminuyendo la eficiencia de la producción por ser el tejido graso cuatro veces más costoso de producir que el tejido magro y por tratarse de un producto normalmente desechado por el consumidor (Goodwin, 1980; Salmon *et al* . 1983; Melo *et al* , 1994)

La investigación en los métodos para obtener menor engrasamiento de la canal continúan recibiendo atención debido a la necesidad de producir carne magra (Zubair y Leeson, 1996). Las aves seleccionadas genéticamente por incremento en consumo de alimento presentaron mucha grasa abdominal y las aves seleccionadas para mejor conversión alimenticia resultaron más magras (Hood y Pym, 1982). La mejor manera de modificar la composición de la canal en su relación grasa corporal y tejido magro, es mediante la manipulación nutricional de la proteína (aminoácidos) y de la energía de la dieta. Se han propuesto diferentes relaciones, Rosebrough y Steele (1985) sugieren 10.3 Mcal EM/kg de proteína total. La consecuencia más importante de un alimento marginalmente deficiente en un aminoácido, es que el ave sobreconsumirá energía en un intento de obtener la fuente limitante suficiente, y esta energía será depositada como lípidos (Gous, 1997). Hay una presión de la industria del pollo de engorda para reducir el contenido de grasa de sus productos, ya que la percepción de la mayoría de los consumidores es que la grasa en la dieta tiene efectos adversos sobre la salud humana. Sin embargo, no hay un estímulo

económico en el mercado para reducir la grasa de la canal hasta ahora, la mayoría de los productos están siendo pagados sobre la base del peso corporal, en esto quizá está la resistencia para adoptar algunos regímenes de restricción alimenticia (Newcombe *et al.* 1992)

Estudios realizados, muestran que la restricción alimenticia puede provocar una alteración del desarrollo del tejido adiposo, donde pueden estar involucrados varios parámetros bioquímicos, asociados con el metabolismo de lípidos en las aves. Un ejemplo de esto, es el estudio realizado por Murtry *et al.* (1988) en pollos de engorda, donde observan que puede disminuir la actividad de las enzimas implicadas en la lipogénesis (sintetasa de ácidos grasos, málica y NADP-isocitrato deshidrogenasa) durante la etapa de restricción alimenticia, y al continuar con una alimentación a libre acceso, la actividad de las enzimas aumenta a un nivel mayor para posteriormente disminuir después del día 27 de edad. Los mismos autores mencionan que, al proporcionar un programa de restricción alimenticia temprano (6 días) a pollos de engorda, el número de adipocitos (hiperplasia) a nivel del cojín abdominal puede afectarse significativamente a las 7 semanas de edad; sin embargo, no ocurrió así para el tamaño (en promedio) y para el diámetro de las células (hipertrofia)

Lyn *et al.* (1980) mencionan que la utilización de nutrimentos para la acumulación de grasa en los pollos, resulta en una disminución de la eficiencia de utilización de los alimentos y que los métodos a utilizarse para la reducción de grasa en la canal y grasa abdominal, es el mayor desafío que enfrentará la avicultura próximamente

Actualmente existen diversas áreas y campos en el conocimiento biológico y zootécnico, donde hace falta desarrollar estudios de tipo básico que permitan entender mejor los distintos procesos asociados con el factor tiempo. Un ejemplo de esta área, son los aspectos relacionados con el crecimiento de especies animales de valor antropocéntrico, tales como los pollos de engorda. Este conocimiento es importante, debido a que los ciclos productivos en esta especie en particular son cortos, lo cual obliga a tener la mayor precisión posible que permita predecir y modificar el crecimiento de las aves, explotando al máximo el

potencial genético-fisiológico y nutricional. El uso de esta información podrá tener implicaciones en los índices de productividad en tiempo y espacio.

De manera que el presente estudio, tiene como propósito definir la información básica que explique el crecimiento del pollo de engorda, desde una aproximación alométrica, en la que la tasa fraccional de deposición de grasa y proteína, serán los elementos fundamentales de medición. Todo esto, con el propósito de que el nutriólogo cuente con una herramienta para diseñar programas de alimentación y restricción para machos y hembras, fases de alimentación, utilidad de la dieta de preiniciación, edad de comercialización, calidad final y tipo de pollo al mercado.

CAPÍTULO PRIMERO

Revisión de Literatura

La fase embrionaria es muy diferente de la fase post-embrionaria en la utilización de los elementos nutritivos. En la fase embrionaria, los nutrimentos son provistos por la madre y normalmente están disponibles, dispensando la función parcial del aparato digestivo; en los pollos recién nacidos la principal fuente de energía son los glúcidos. Sin embargo, la utilización de las proteínas no es un problema mayor, ni antes ni después del nacimiento (Vieira, 1996).

En el momento de la eclosión del cascarón, parte de la yema contenida en la cavidad abdominal, puede absorberse. Todas las sustancias nutritivas que la componen se encuentran retenidas por el llamado saco vitelino, localizado en la parte proximal del intestino delgado. Según Krogdahl (1985), el contenido del saco vitelino es absorbido directamente por el epitelio del mismo saco y/o por la mucosa intestinal. El saco vitelino pesa aproximadamente 8g y de este peso, el 25% corresponde a los lípidos.

Todas las sustancias presentes en el saco vitelino, son rápidamente utilizadas por los pollitos en sus primeros 3 a 5 días de vida; considerando que los dos primeros días post-eclosión son los más importantes (Vieira, 1996).

El saco vitelino ofrece la mayoría de los nutrimentos en las primeras horas de vida, y es el estímulo de consumo de alimento sólido el que propiciará los principales cambios de la estructura física del aparato digestivo y de sus secreciones, indispensables para la digestión (Newey *et al.*, 1970; Michael y Hodges, 1973; Baranyiová y Holman, 1976). Por lo que es importante el consumo de alimento sólido después de la eclosión, para que estos estímulos

ejerzan efecto sobre los cambios de la estructura del intestino y de sus secreciones, que repercutirán en la digestión y absorción de carbohidratos, proteínas y lípidos entre otros, y que son indispensables para el desarrollo y crecimiento del pollo.

Los estudios realizados por Nir *et al* (1988), mencionan que al tercer día después de la eclosión, la contribución de nutrimentos por parte del saco vitelino es irrelevante, no compensando la limitación de cualquier elemento nutritivo que debe ofrecerse en la ración. En relación con esto, Murakami *et al* (1988) demuestran que en los tres primeros días de vida, el saco vitelino es responsable del 29% de la energía y del 45% de los lípidos exigidos por los pollitos.

1.1. CURVAS DE CRECIMIENTO

El crecimiento es un proceso normal de incremento del tamaño de un organismo, como resultado de acumulación de tejido semejante al original. Schols 1911, citado por Maynard *et al* (1981), definió el crecimiento como el aumento correlativo de la masa del cuerpo en intervalos definidos de tiempo y en una forma que es característico de cada especie. Morgan y Lewis (1965) mencionan dos aspectos diferentes del crecimiento: el aumento de tamaño y peso del animal y el desarrollo, o sea los cambios en las proporciones relativas de sus partes y tejidos. El crecimiento de los animales, no es un simple cambio de una talla pequeña a una grande, sino que es el cambio progresivo de varios tejidos. Cada componente pasa por varios estadios en un diferente orden cronológico. Así se aprecia que el periodo de desarrollo de los componentes del cuerpo tiende a ser acorde en tiempo a su función en el cuerpo (McDonald *et al*, 1985).

Las curvas de crecimiento reflejan el tiempo de vida de la relación existente entre el impulso inherente de un individuo a crecer y madurar en todas las partes de su cuerpo y el medio ambiente en el cual este impulso es expresado, por lo que el conocimiento y el estudio de dichas curvas son importantes ya que reflejan los efectos de las técnicas productivas para obtener recomendaciones sobre el periodo de vida de mayor eficiencia productiva.

Existen factores que inciden sobre la tasa de crecimiento del pollo como son: estirpe, sexo, edad de los reproductores, época de crianza, manejo, nivel nutricional; en éste último, puede existir una reducción en la cantidad, calidad y tiempo de disposición del alimento (restricción alimenticia), seguidas por un periodo de sobrealimentación y por ende un crecimiento acelerado llamado "crecimiento compensatorio"; con esto puede decirse que aún cuando los animales siguen un tipo de crecimiento característico, es también cierto que pueden existir variaciones individuales ocasionadas por el medio ambiente o por el genotipo del individuo (Jerez *et al*, 1991). Hammond (1979) mencionó que el sexo influye directamente en el crecimiento, debido a diferencias genéticas entre machos y hembras e indirectamente por las hormonas sexuales. El grado de crecimiento de las aves está influenciado por la calidad y cantidad de alimento que consumen (Jerez *et al*, 1991). El

crecimiento completo del cuerpo es el resultado simultáneo de sus partes, para los cuales la tasa de crecimiento es muy variable (Maynard *et al* , 1981)

La ganancia de peso (crecimiento) durante las fases tempranas en la mayoría de las especies avícolas domesticadas (codorniz, pavos y pollos), resulta del desarrollo de masa muscular y de órganos, principalmente del sistema digestivo; mientras que el crecimiento posterior a la madurez sexual, es causado por la deposición de grasa. Lilja (1983) reportó que las especies aviares con capacidad de alta tasa de crecimiento están también caracterizadas por el rápido desarrollo de los órganos digestivos y el hígado.

Existen modelos matemáticos para elaborar curvas de crecimiento, que son representaciones gráficas a través del tiempo del desarrollo de un animal, con el objeto de conocer su potencial de crecimiento. Es decir, para evaluar la influencia de diferentes factores, como: genéticos, nutricionales, de manejo y ambientales; sobre la eficiencia productiva del ave.

El desarrollo de diferentes formas de curvas de crecimiento, requiere primordialmente de patrones de crecimiento y de la conveniente función matemática que podría relacionar la edad de un individuo con su peso (Grossman y Bohrem, 1985). Los datos experimentales consisten en pares de valores, peso contra tiempo (p,t). Lo que matemáticamente se representa por una función, es decir que a cada tiempo t hay un correspondiente peso p; para describir los datos de crecimiento se puede utilizar una tabla de p/t o un modelo matemático. La forma matemática es empleada para calcular valores para peso, comparables con los de una tabla (peso/tiempo); pero esta es más eficiente ya que una tabla puede variar, pero en una ecuación sólo cambian los parámetros (Parks, 1982).

Son varios los modelos matemáticos utilizados para representar el crecimiento, como los modelos lineales, que utilizan técnicas de regresión. El uso de las funciones de crecimiento no lineal ha sido limitado, pero eficiente en su utilización, ya que las técnicas de regresión lineal simple o múltiple se limitan sólo a describir cortos intervalos de crecimiento (Denise y Brinks, 1985).

Los modelos matemáticos de curvas de crecimiento, son usados porque proveen un promedio para visualizar el patrón de crecimiento sobre el tiempo, y la ecuación puede usarse para predecir el peso esperado de un grupo de animales a una edad específica. El crecimiento durante la vida de un organismo no es lineal. Varias funciones de crecimiento no lineal se han usado para describir la curva de peso-edad en pollos (Brah *et al* , 1994). Los estudios de estos autores, indican que la conveniencia de una función particular para definir el patrón de crecimiento, podría no sólo depender de la edad y estirpe, además habría que considerar el medio ambiente bajo el cual los pollos son criados. Anthony *et al* (1991) mencionaron que la curva de crecimiento de la población de pollos de engorda sigue una curva sigmoidea que ha sido descrita desde el año 1945. Durante el periodo fetal y en los primeros periodos de vida hasta la pubertad, la tasa de crecimiento se acelera, después de lo cual desacelera, cayendo progresivamente en valores muy bajos cuando alcanza la madurez. Es por ello que se ha reconocido que el cambio en peso vivo a través del tiempo

sigue una forma de curva sigmoidea, la cual es una de las más utilizadas por el método de regresión no lineal para describir aquellos datos que siguen esta tendencia; en donde el crecimiento antes de llegar a su tasa máxima sigue un comportamiento lineal hasta que la tasa vuelve a caer cuando el animal alcanza su talla madura

La curva de crecimiento muestra que existe una edad (t') y un peso (p') en el cual la curva cambia de tasa de crecimiento acelerado a desacelerado. En consecuencia la curva tiene un punto de inflexión en t' y es el tiempo donde el crecimiento es máximo (Grosenbaugh, 1965)

Una gran variedad de funciones han sido utilizadas para medir el crecimiento, como la de Ostwald que propuso su modelo autocatalítico, trabajado después por Robertson, quien lo utilizó para describir el crecimiento en organismos y de los cuales deriva su función denominada como logística, criticada posteriormente por Sélér quien dijo que la sola bondad de un modelo para representar los datos no es determinante para su elección, sino que debe de poseer además una interpretación biológica (Hruby *et al* , 1996)

Un número de modelos no lineales y de polinomios ortogonales, puede ser usado para condensar una serie de puntos sobre edad-peso, en relativamente pocos parámetros. El desarrollo de modelos ha sido grande, pero entre todos los que más han sido utilizados en las ciencias biológicas están el de Gompertz en 1825, Robertson "Logística" en 1908, Bertalanffy en 1938, Brody en 1945, Richards en 1959, Morgan-Mercer-Flodin en 1975 y por último el propuesto por Fitzhugh en 1976. Estos modelos no lineales son aplicables a las especies aviares y son desarrollados, bajo la premisa de que las aves alimentadas a libre acceso son capaces del máximo crecimiento. Los investigadores reportaron que el uso de un modelo de crecimiento permitió una reducción del 8 al 10% en los costos de producción. Ajustes exitosos en los niveles de nutrimentos en raciones para pollos y el incremento de utilidades de una empresa a través de modelos de crecimiento, requieren una buena predicción del potencial genético de las aves usando una de las muchas funciones de crecimiento (Hruby *et al* , 1996)

MODELO	ECUACIÓN
Brody	$y = \alpha (1 - \beta e^{-kt})$
Bertalanffy	$y = \alpha (1 - \beta e^{-kt})^3$
Gompertz	$y = \alpha e^{-\beta e^{-kt}}$
Logística	$y = \alpha (1 - \beta e^{-kt})^{-1}$
Richards	$y = \alpha (1 - \beta e^{-kt})^M$
Morgan-Mercer-Flodin	$y = \beta \kappa + \alpha \tau^M / k + t^M$ (Hruby <i>et al</i> , 1996)

El estimador α corresponde al valor asintótico para el tamaño del animal, donde $t \rightarrow \infty$, generalmente interpretado como el promedio del peso a la madurez, independientemente de factores externos (Fitzhugh, 1976). β corresponde a un parámetro de escala o constante de integración, el cual es establecido por los valores iniciales y_0 y t_0 y y_1 es la talla al tiempo t_1 , que corresponde a la edad en la cual la tasa de crecimiento es la máxima; (y_1, t_1) son las

coordenadas del punto de inflexión, donde la tasa de crecimiento cambia de un incremento a un decremento en función de la edad k es una función de la tasa de máximo crecimiento a una talla madura comúnmente referida como índice de madurez. En la función de Richards esta varía de acuerdo al valor de M , a su vez k depende de α y de (y_1, t_1) y es una medida de la tasa de crecimiento y del cambio de la misma. M es el parámetro de inflexión, el cual establece el grado de madurez al punto de inflexión $U_1(M) = M^{-1}/M$. M_1 es la proporción de talla madura obtenida a la edad t en donde $M_1 = pt/\alpha (1 \pm Be^{kt})^M$. La ventaja de la utilización de este tipo de modelo es que permite obtener indicadores importantes desde el punto de vista zootécnico, como son los siguientes:

Tasa promedio de crecimiento durante la vida:

Tasa absoluta de crecimiento $0.5 \alpha MK/2M-1$
 Tasa absoluta de madurez $0.5 MK/2M-1$

Tasa instantánea al punto de inflexión:

Tasa absoluta de crecimiento $(MK/M-1)Y_1$
 Tasa absoluta de madurez $K(M-1/M)^{M-1}$

De los modelos expuestos, existen de 3 y 4 parámetros. Una de las características deseables en un modelo cualquiera, es la de presentar el menor número de parámetros posibles; este es el principio de parsimonia de un modelo.

La curva de Brody es más fácil de interpretar con respecto de la función de Richards, pero es menos sensible a fluctuaciones de peso. La función de Richards provee un punto de inflexión que puede ser útil cuando se evalúan efectos medio ambientales sobre el crecimiento (Denise y Brinks, 1985).

La relación del crecimiento de los distintos componentes del organismo del crecimiento total, fue descrita por Huxley en 1972 y es reconocida como la ecuación alométrica, la cual es: $(\log y = \log b + a \log x)$ (McDonald *et al*, 1985). Donde a menciona coeficientes menores a la unidad, como aquellos componentes de maduración temprana y mayores a la unidad a aquellos de maduración tardía. Por ejemplo la proteína y el agua tienen coeficientes menores a la unidad y otros, como las grasas que tienen un coeficiente superior, esto es, que son componentes de maduración tardía y por lo tanto su contribución al contenido del organismo como un todo, se incrementa con la edad. Significa que a mayor edad hay una tendencia progresiva a declinar en el contenido de agua, una pequeña caída en el contenido de proteína y un marcado aumento en el contenido de grasa. También ha utilizado una ecuación de regresión lineal para tratar de representar el crecimiento de los animales: $y = bx^\alpha$ en donde, al coeficiente α lo describió como coeficiente de crecimiento; intentó encontrar entre otras cosas, la relación existente entre tiempo y ganancia de peso, y por lo tanto, poder determinar un tiempo óptimo para el mercado (McDonald *et al*, 1985).

Un modelo de crecimiento de cuatro-parámetros, determinístico, no lineal, con independencia mutua de los parámetros, basados sobre la “ley cuadrática de crecimiento exponencial agotado” ha sido descrito por Fletcher (1974). La independencia de los parámetros facilita enormemente la clara definición e interpretación biológica. En los modelos en los que existe interdependencia entre los parámetros producen problemas que son prevenidos con el método de Fletcher. Éste modelo depende sobre un conocimiento previo del tamaño, proporción e inflexión de los parámetros. En la ausencia de tales conocimientos Fletcher (1974) sugiere el uso de la función de Richards. Desgraciadamente, la función de Richards tiene la desventaja de todos los métodos de ecuación-sujeta porque impone contrastes matemáticos artificiales sobre la inherente variación biológica en la curva de crecimiento.

Las curvas de crecimiento de pollos, pueden emplearse para el establecimiento de un régimen alimenticio específico y para predecir la edad óptima a rastro y el consumo de alimento (Knízetová *et al* , 1991; Knízetová *et al* , 1995). La función de Gompertz de tres-parámetros para describir el crecimiento aplicando una función logística, aunque es de la forma simétrica, no corresponde al patrón de crecimiento del pollo. Talpaz *et al* (1988) usaron la función de Gompertz no lineal para predecir el crecimiento desarrollando un algoritmo para ayudar a optimizar una operación de pollo de engorda. Knízetová *et al* (1991) encontraron que la función de Gompertz es preferible para describir el crecimiento de las aves por arriba de las 26 semanas de edad.

Las técnicas de ecuación libre para estimación del tamaño, proporción, inflexión y otros parámetros de la curva de crecimiento, ofrece un mayor entendimiento para investigar la variación fenotípica para las características de la curva de crecimiento (Fitzhugh, 1976).

La eficiencia de diferentes funciones de crecimiento puede evaluarse a través de los coeficientes de determinación (R^2) (Brah *et al* , 1994). Estos autores demostraron en sus estudios sobre gallina de guinea, que durante la primera fase (0 – 20 semanas), la curva de crecimiento fue lineal; siendo evidente por el valor de R^2 de 0.99. Brah *et al* (1993) encontraron una ecuación de regresión lineal en la curva de crecimiento en la fase 0-2 semanas, que al incluir el término cuadrático no incrementó en coeficiente de determinación.

La edad a la cual las hembras y los machos de diferentes estirpes alcanzan el punto de inflexión difiere aproximadamente por 2 días, las hembras llegan a este punto de inflexión en la curva de crecimiento antes que los machos. Es interesante que la edad a la cual este punto se alcanzó, está íntimamente ligado a la edad en la cual los pollos de engorda fueron usualmente al rastro (Hancock *et al* , 1995). El punto de inflexión para hembras de la estirpe White Cornish y Withe Plymouth Rock fue de 47.7 días (Knízetová *et al* , 1995). La mayoría de las diferencias en la conformación de la curva de crecimiento entre codornices, pollos y pavos ocurre entre la incubación y el punto de inflexión (Anthony *et al* , 1991).

Es necesario diferenciar lo que es el crecimiento y desarrollo de un organismo, mientras que el crecimiento significa en pocas palabras el cambio en peso vivo, el desarrollo implica

una expresión de la diferente tasa de crecimiento de las partes constituyentes del cuerpo (Denise y Brinks, 1985) Estudios comparativos indican que, el porcentaje de crecimiento varía entre diferentes aves de acuerdo al peso corporal adulto, madurez de desarrollo del pollito en la incubadora y el incremento de crecimiento posterior de los músculos de las piernas (Ricklefs, 1985) La proporción del crecimiento exponencial aparece a edad temprana para ser respuesta clave de selección para masa corporal Ésta proporción de crecimiento evidentemente es más flexible cuando es más grande; ya que, los esfuerzos para proveer una producción avícola de carne, más allá de niveles presentes debe mejor dirigirse hacia las primeras 2 semanas de edad (Ricklefs, 1985; Barbato, 1992)

Los valores por parámetros genéticos que definen un animal, pueden medirse al criar aves bajo condiciones medioambientales que sean lo más cercano posible a las ideales Bajo estas condiciones, las curvas de crecimiento se obtienen, representando el potencial genético para un particular genotipo Las curvas de crecimiento obtenidas en esta forma, deben permitir comparaciones hechas entre razas y estirpes y permiten al nutriólogo calcular con precisión los nutrientes requeridos por un animal para el máximo crecimiento Así como el potencial de crecimiento de pollos de engorda es mayor por la selección genética, también incrementaron los requerimientos diarios de aminoácidos y energía de las aves, pero estos no aumentaron en la misma proporción El requerimiento de aminoácidos incrementó proporcionalmente más rápido que el de energía, así una proporción más alta aminoácido-energía se requiere en estirpes de pollo de engorda de rápido crecimiento (Gous, 1997; 1998) Los aumentos de peso de los pollos están influenciados lineal y significativamente ($p < 0.01$) por el nivel de energía de la dieta, incrementándose la ganancia de peso al aumentar dicho nivel (Zorrilla *et al* , 1993)

La ganancia de peso de los pollos se incrementa linealmente, conforme se aumenta el nivel de Energía Metabolizable (EM) en la dieta Esta información indica que la energía es uno de los principales nutrientes que regula el crecimiento de las aves; ello concuerda con lo informado por varios investigadores (Waldroup *et al* , 1976b; Sell *et al* , 1979; Jackson *et al* , 1982a; Deaton *et al* , 1983; Jones y Wiseman, 1983), quienes encontraron que para optimizar el crecimiento hay que incluir niveles elevados de EM en las dietas

El mejoramiento genético de las aves con respecto a algunas características de importancia económica, tales como la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia, dependen de la aptitud del animal para consumir y asimilar eficientemente una mayor cantidad de alimento A través de los procesos de endocria e hibridación se han obtenido híbridos de alto rendimiento denominados “líneas comerciales”, las cuales se recomiendan como productivas para una amplia diversidad de ambientes (clima, altitud, planos nutricionales, etc) En dos estudios entre líneas genéticas y plano nutricional, los resultados obtenidos del primero, indicaron una tendencia lineal en el peso vivo y ganancia de peso al avanzar la edad del animal hasta la semana 6 en la cual las líneas alcanzaron un máximo, decreciendo posteriormente en su tasa de ganancia hasta la semana 8 en la cual no se presentaron diferencias entre líneas ($p > 0.05$) En el segundo experimento no se detectó interacción línea por plano nutricional ($p > 0.05$) en las características evaluadas (Jerez *et al* . 1991) El consumo de alimento ésta influenciado ($p < 0.05$) por el contenido de lisina y

proteína de la dieta (Scott *et al.*, 1982; Zorrilla *et al.*, 1993); y una reducción en el consumo de alimento, es directamente proporcional al grado de deficiencia de aminoácidos o imbalance (Forbes y Shariatmadari, 1994); más no, por el nivel de energía (Zorrilla *et al.*, 1993) Con respecto a esto último, se contradice la noción general (Nelson *et al.*, 1960; Scott *et al.*, 1982), que los pollos ajustan su consumo de alimento para reunir su requerimiento de energía y que la energía no tiene efecto sobre las necesidades de aminoácidos con niveles bajos de proteína. Y que los niveles de proteína de la dieta no afectan el consumo de alimento (Fancher y Jensen, 1989a)

Estudios realizados por Zorrilla *et al.* (1993) observaron claramente cómo el peso de los pollos y la conversión alimenticia mejoran al aumentar la energía y la lisina en la dieta. En consumo de alimento se encontró efecto de la inclusión de los diferentes niveles de proteína. Este se reduce ($p < 0.05$) al aumentar el nivel de proteína en la dieta. Por otro lado, al incrementar el nivel de lisina, aumentó ($p < 0.01$) dicha variable, explicando el 87% de la variabilidad observada. Los niveles de proteína no tuvieron ningún efecto sobre la ganancia de peso ($p > 0.05$). El efecto de la inclusión de diversos niveles de lisina sobre la ganancia de peso muestra que ésta se incrementa ($p < 0.01$) al aumentar el nivel de lisina en la dieta. A través del análisis de regresión se encontró que la lisina explica, en mayor porcentaje (90%), la variabilidad observada para ganancia de peso, teniendo ésta un efecto lineal y cuadrático significativo ($p < 0.01$) sobre dicho parámetro. Para la conversión alimenticia no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre los distintos niveles de proteína. Sin embargo, la inclusión de lisina mejoró significativamente ($p < 0.01$) dicha variable. Las pruebas de regresión mostraron que la lisina tiene un efecto lineal y cuadrático ($p < 0.01$) sobre la conversión alimenticia, y explica 71% de la variabilidad observada y que con 110% de lisina total se obtiene la mejor conversión alimenticia. Los datos obtenidos en conversión alimenticia indican que 81% de la variación encontrada se debía a los efectos significativos de la lisina, proteína y energía. Ello indica que esta variable es más sensible que la ganancia de peso y el consumo de alimento en pollos de engorda en iniciación, cuando se alimentan con dietas que poseen diferentes niveles de estos tres componentes nutritivos (Zorrilla *et al.*, 1993). Esta información coincide con lo indicado por Pesti (1984), quien sugiere que la conversión alimenticia se afecta por el contenido de energía y proteína.

En México se recomienda para el pollo de engorda que la dieta contenga de 20 a 22% de proteína durante las primeras cuatro semanas de edad del ave y de un 18 a 20% en las últimas cuatro (Cuca *et al.*, 1994). En cuanto a energía los niveles varían de 2950 a 3000 kcal/kg de EM en iniciación y de al menos 3000 kcal/kg en finalización (Jerez *et al.*, 1991).

Soto *et al.* (1996) evaluaron en dos estudios, el peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia del pollo de engorda comercial en el Valle de México; donde en el primer estudio, se utilizaron dietas formuladas con recomendaciones del N R C de 1966 y 1977 en dos etapas alimenticias (iniciación 0-28 días de edad y finalización 29-56 días); en el segundo estudio, se utilizaron datos retrospectivos durante un periodo de 24 años (1966-1990), evaluando los incrementos productivos del pollo de engorda con dietas formuladas según recomendaciones del N R C (1964, 1977 y 1984). En los resultados de estos estudios, Soto *et al.* (1996) obtuvieron un incremento de peso corporal de 87.53% y de

62.22% en las etapas de iniciación y finalización respectivamente, una reducción del consumo de alimento en un 69.04% y del 32.26%, y una mejoría en la conversión alimenticia del 15 y 18.68% para las mismas etapas. Estimando un incremento anual de 19.42g para la etapa de iniciación y de 56.59g para la etapa de finalización. Además observaron que la variable peso corporal a través del tiempo, muestra un comportamiento cuadrático para la ecuación de regresión en el periodo de iniciación ($R^2= 0.866$) y para el periodo completo de producción ($R^2= 0.708$). También encontraron que el aporte genético es mayor en aves, cuando éstas son menores de 500g de peso vivo; mientras que el aporte nutricional se manifiesta más ampliamente cuando sobrepasan los 500g de peso.

Estos autores concluyen que las estirpes que se utilizan en la actualidad han sido sujetas a programas de selección claramente dirigidos en busca de un mayor crecimiento en el menor tiempo posible, modificando así, la fisiología de las aves y dando origen a animales más exigentes en sus necesidades nutricionales, incluyendo la de aminoácidos esenciales. A la vez citan que en diferentes trabajos (1974, 1978, 1979, 1982 y 1985), han demostrado que las aves modifican su comportamiento productivo, debido a la calidad de la proteína y al balance de los aminoácidos en la dieta. También deducen, que existe una reducción considerable en el ciclo de producción, pudiendo ser hasta de una parvada más por año y que sus variables de estudio se vieron mejoradas estando altamente influenciadas por la dieta utilizada.

En diferentes trabajos se ha demostrado que las aves modifican su comportamiento productivo debido a la calidad de la proteína utilizada y al balance de los aminoácidos en la dieta (Bezares y Ávila, 1974; Ojeda *et al* , 1978; Flores y Ávila, 1982; Rojas *et al* , 1985).

Investigaciones de Waldroup *et al* (1992) y Walkins *et al* (1993) mostraron que el crecimiento acelerado del pollo a 45 días de edad, se logra cambiando las dietas de iniciador a crecimiento de los 14 a 17 días de edad, sin pérdida en la productividad. El tiempo óptimo de una dieta alimenticia de iniciación para pollos de engorda en crecimiento con un peso esperado de 2.2 kg a los 42 días, fue de no más de 14 días y podría estar situado entre 7 y 14 días. La inclusión de una dieta de finalización al día 35 resultó en una reducción en el peso corporal, con deterioro de la conversión alimenticia, un incremento de la grasa abdominal y una reducción en el rendimiento de la pechuga. Basados sobre los costos típicos entre las dietas de iniciación, crecimiento y finalización, cambiando las dietas a temprana edad pueden tener un considerable impacto económico (Saleh *et al* , 1997a). El tiempo de una dieta alimenticia de iniciación para pollo de engorda en crecimiento con un peso esperado de 3.3 kg a los 56 días, fue de no más de 7 días. El tiempo de iniciación de una dieta de finalización tiene un profundo efecto sobre el desempeño vivo y la composición de la canal. La inclusión de una dieta de finalización al día 42 resultó en una reducción del peso corporal, un deterioro de la conversión alimenticia, un incremento en la grasa abdominal y una reducción en el rendimiento de la pechuga (Saleh *et al* , 1997b).

Broadbent *et al* (1981) indicaron que el peso corporal, conversión alimenticia, peso de la canal eviscerada y peso de las partes comerciales (pechuga, muslo y pierna) en pollos de engorda, han tenido un avance genético en el peso corporal a las 8 semanas, pero en la

proporción de sus partes no ha presentado ningún cambio. Lo anterior coincide con lo señalado por Preston *et al* (1973) quienes indicaron que en los últimos 20 años los rendimientos relativos de las diferentes partes de la canal no han sufrido cambios apreciables y que aquellos más notorios están relacionados con el sexo de las aves, reportando un rendimiento promedio de 73.48% para machos y 75.23% para hembras.

Es de considerar, que la grasa abdominal es un excelente indicador del total de grasa en la canal y para esto, las curvas de crecimiento de la grasa abdominal son usadas para examinar cambios en el total de deposición de grasa corporal. Las curvas de crecimiento del peso corporal y grasa abdominal del pollo de engorda moderno, proveen una base de referencia para genetistas, nutricionistas y de la industria avícola (Ren-Yu y Walter, 1981).

Griffin *et al* (1992a) mencionaron que el mayor énfasis en los programas de crianza comercial había sido sobre la selección por crecimiento. Sin embargo, actualmente la atención está enfocada para la selección por la eficiencia alimenticia y ésta podría estar acompañada por una reducción en el contenido de grasa corporal.

1.2. PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN EN FUNCIÓN DEL SEXO

El concepto de producción separados por sexo no es nuevo. Ese procedimiento fue factible con la introducción de líneas autosexables, permitiendo la diferenciación de machos y hembras en el momento de la eclosión. Sin embargo, es sorprendente que la publicación de la Academia Americana de Ciencia, en la última edición del boletín sobre requerimientos nutricionales de aves (NRC, 1994) no haya apreciado esa posibilidad, considerándose que esta práctica es muy empleada. Las primeras sugerencias de niveles nutricionales diferenciados, surgieron de los trabajos de investigación de Thomas *et al* (1986).

La formulación de dietas diferentes en nutrimentos para hembras y machos, posibilita la adición de niveles de energía y proteína más altos para machos y más bajos para hembras. Actualmente, las empresas que no diferencian las raciones y trabajan con valores medios de los requerimientos, sobrestiman las dietas para hembras, no encontrando respuesta para niveles nutricionales adicionales. Para los machos, los niveles quedan debajo de los requeridos, lo que perjudica la calidad de la producción. En otros casos, los nutricionistas consideran los niveles nutricionales en función de los requerimientos de los machos. Esta actitud favorece la productividad de los machos, pero representa una pérdida para las hembras, ya que al no poder utilizar el exceso de aminoácidos disponibles, terminan por catabolizarlos. Esto provoca un aumento en el costo de la ración sin retorno, y puede promover la producción de animales con un mayor porcentaje de grasa en la canal (Penz y De Mello, 1998).

Es importante entender que los requerimientos nutricionales tienen como base, la suma de las necesidades de los animales para manutención y producción. Las necesidades de producción dependen del potencial genético de la línea y del sexo. Las hembras tienen

menor potencial para crecimiento de tejido magro, y por eso necesitan de menor cantidad de energía y de proteína en la dieta (Leeson *et al* , 1991).

Además de las ventajas en el costo de las dietas, la producción de pollos separados por sexo, trae otros beneficios, como una mayor uniformidad de las aves que serán sacrificadas, aspecto importante cuando se emplean líneas automatizadas de sacrificio. Esa uniformidad también favorece el poder atender necesidades de clientes específicos para cada peso de canal.

Vieira y Kessler (1993), interpretando la distribución de peso corporal de pollos, producidos por sexo separado o mixtos, verifican que la variabilidad de peso en lotes mixtos es más acentuada. Eso ocurre porque la población de un lote mixto exhibe una curva normal bimodal, observando dos poblaciones distintas dentro de una sola población. También indicaron que poblaciones de machos, dentro de un lote mixto o no, tienen mayor variabilidad de peso con respecto a las hembras.

La producción de pollos separados por sexo, también beneficia el sacrificio de aves con edades distintas, lo que puede ser interesante para el mercado y favorecen la eficiencia al sacrificio, retirando las aves en el mejor momento de desarrollo corporal y evitando pérdidas de conversión alimenticia y deposición de grasa en las canales (Vieira y Kessler, 1993).

Otra ventaja de la producción con sexo separado, es la densidad de animales por metro cuadrado, que puede aumentarse para las hembras con relación a los machos.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE UNA DIETA DE PREINICIACIÓN

Tradicionalmente se ha utilizado un tipo de alimento durante las 3 primeras semanas de edad, llamada dieta de iniciación, que sin lugar a duda no es del todo adecuada, debido a que anatómicamente y fisiológicamente, existen grandes diferencias en las aves al inicio y al final de este periodo; denotado por la madurez del sistema digestivo, en cuanto a la capacidad de digestión de los nutrientes. A finales de los ochentas, en Brasil, las dietas preiniciadoras para machos y hembras se introdujeron. Esta dieta fue y está aún siendo ofrecida de 1 a 7 días de edad (Penz y Luiz, 1996; Penz y De Mello, 1998).

La idea de utilizar un preiniciador, radica principalmente en que durante la fase embrionaria, el aporte de nutrientes es proporcionado por la reproductora a través del huevo, y estos tienen una alta disponibilidad. Por lo que al nacimiento, a las aves se les suministra un alimento sólido, con características nutricionales e ingredientes diferentes a los que les proporcionan las reproductoras en el huevo, por lo que la utilización de lípidos y carbohidratos está severamente comprometida, no siendo así, en el caso de aminoácidos.

Las observaciones prácticas que justifican el uso de una dieta adecuada en la etapa de preiniciación en pollos de engorda, se resumen en:

1 La dieta puede formularse con una mínima suplementación de lípidos, limitando la presencia de estos nutrimentos no digeribles en su totalidad en el intestino; ya que el exceso de grasa no digerida puede reducir la velocidad del paso del alimento. Con esto, los microorganismos que habitan el tracto digestivo, pueden ser favorecidos de esta fuente altamente disponible de energía; lo que puede permitir la multiplicación de microorganismos perjudiciales para el desarrollo del ave (Penz y Luiz, 1996). Además, ya sea que los lípidos no hayan sido totalmente absorbidos, lo cual es muy probable, o bien que éstos se hayan oxidado con el alimento, los daños que pueden causar a las aves durante la primera semana pueden ser importantes. Los peróxidos procedentes de la rancidez oxidativa de los lípidos perjudican la disponibilidad de varios nutrimentos como son las vitaminas liposolubles. Estas alteraciones pueden afectar el rendimiento de los pollos durante esta etapa y en las subsecuentes. Las grasas no digeridas también pueden favorecer un proceso de esteatorrea (Penz y De Mello, 1998).

2 La dieta preinicial puede tener un nivel de sodio mayor que la dieta de iniciación, esto motivará el mayor consumo de agua y con ello el mayor consumo de alimento. Esta misma dieta, proveerá excretas con más humedad, pero la cantidad de excreta producida durante los primeros 7 días de edad es tan pequeña, que poco podría compactar la cama (Penz y Luiz 1996). El NRC (1994) sugiere para el pollo de engorda durante las primeras tres semanas de vida un nivel de 0.20% de sodio, lo cual difiere del valor sugerido en las ediciones de 1977 y 1984, que era del 0.15%. Britton (1992) mostró que un 0.15% de sodio no permite mejorar el desempeño de este tipo de aves, después de estudiar el efecto de la suplementación de sodio, en forma de cloruro, para pollos hasta 7 días de edad. De acuerdo a sus investigaciones, el requerimiento de sodio para los pollos durante la primera semana de edad es de alrededor del 0.39% valor bastante superior al propuesto por el NRC (1994). Se ha correlacionado el aumento de consumo de la ración con el consumo de agua, ganancia de peso y conversión alimenticia; y se observó, que el nivel de sodio de la dieta no interfirió con la excreción de agua, hecho por demás interesante y que cuestiona el paradigma que relaciona la mala calidad de la cama en situaciones en que se aumenta la suplementación con sodio.

3 Las diferentes características anatómo-fisiológicas del aparato digestivo en su primera fase de desarrollo, pueden comprometer la digestión y absorción de los nutrimentos de la dieta. Estas diferencias pueden llevar a las aves a consumir menos alimento en esta fase, lo que representaría un menor desempeño de los pollos, no sólo en la fase inicial, sino en toda su vida productiva (Penz y Luiz, 1996).

4 Más aún, en este periodo el consumo total es poco, lo que justifica invertir más dinero en la calidad de los alimentos. El uso de esta dieta preiniciadora garantiza que la primera dieta permanecerá por pocos días en la granja, y que es especialmente interesante su uso durante periodos del año con alta humedad o cálidos (Penz y De Mello, 1998).

Penz y Luiz (1996) y Decuyper *et al* (2001) consideran también, la gran importancia que tiene el manejo de los pollitos, desde la eclosión hasta el momento en que se les

suministra el alimento y agua; ya que aunque se les proporcione un adecuado programa de alimentación de preiniciación, si se tiene un retraso incluso de uno o dos días para proporcionárselo, puede ocasionar alteraciones tempranas que llevaría a no tener un crecimiento y desarrollo óptimos, y provocaría una ineficiencia en los parámetros productivos que se buscan al finalizar la vida productiva. Los pollitos mantenidos por 24 horas sin suministro de alimento y agua, a los dos días de edad ya presentan un peso inferior con respecto a los que se les suministró inmediatamente alimento y agua, presentando una tendencia que fue consistente hasta los 40 días de edad.

Los pollos recién nacidos el uso de la yema es retardada cuando están bajo ayuno (Vieira, 1999). Bajo condiciones prácticas muchas aves tienen acceso al alimento hasta las 24 horas después de nacer, y durante este tiempo el peso corporal disminuye rápidamente (Pichasov y Noy, 1993; Noy y Sklan, 1999). El inmediato consumo de nutrientes, puede ser esencial para la expresión del potencial genético del ave moderna para crecimiento y resistencia a enfermedades. El desarrollo del sistema gastrointestinal se limita bajo condiciones de ayuno, y esto puede estar relacionado a la utilización tardía de la yema (Dibner, 1999).

Como los pollos son precoces, ellos buscarán alimento casi inmediatamente después de nacer y comenzarán a crecer, si no disponen de alimento disminuirá el peso corporal (Noy y Sklan, 1999). Es extremadamente importante que los pollos comiencen a consumir alimento sólido después de la eclosión, ya que los nutrientes estimulan las secreciones intestinales y el crecimiento del intestino, con esto se incrementa la superficie intestinal de absorción, la peristalsis intestinal y la utilización de la yema. Los efectos de alimentación temprana influyen a través del tiempo (Noy y Sklan, 1997, 1998; Penz y De Mello, 1998). Por ello, sería recomendable ajustar una dieta específica en esta fase, que incluya una baja concentración de lípidos, un valor bajo de energía metabolizable y un aumento en la cantidad de proteína cruda (Penz y Luiz, 1996).

Durante los primeros 5-7 días de edad, el crecimiento del sistema gastrointestinal puede exceder al resto del cuerpo hasta por 5 veces. Las microvellosidades también incrementan su longitud durante la primera semana de vida, sugiriendo que el crecimiento inicial del ave podría ser limitado por el área de superficie del sistema gastrointestinal. Una importante correlación guarda el desarrollo del intestino y la tasa de crecimiento. La longitud de las vellosidades experimenta enorme incremento hasta el día 5, entre los días 5 y 14 no se encontró diferencia ($p > 0.05$) para cualquier segmento intestinal. El grado de desarrollo del sistema gastrointestinal es responsabilidad de los ingredientes de la dieta, incluyendo bacterias. Ya que varios reportes sugieren que la reducción de la masa intestinal asociada con antibióticos en el alimento para mantener condiciones libres de gérmenes, es causada por una reducción del tejido conectivo del intestino, particularmente su componente reticuloendotelial, debido a una reducción necesaria de protección inmune (Dibner *et al.*, 1996).

Por otra parte, a fin de desarrollar todo su potencial genético, las aves deben adaptarse rápidamente a ingerir una dieta exógena, en la que los nutrientes se absorban en el

intestino y la energía se suministre principalmente mediante carbohidratos. Así mismo, los factores que pueden influir en la tasa de crecimiento temprano, incluyen la cantidad de residuos del saco vitelino, la cantidad de alimento y agua ingeridos, los niveles enzimáticos, la superficie de tracto intestinal, los transportadores de nutrientes y la digestibilidad global de los mismos. Los nutrientes proveen sustratos para la proliferación y diferenciación celular; además, pueden ser inmunomoduladores por sí mismos o pueden alentar su síntesis endógena; y el consumo oral provee muchos de los antígenos que manejan el desarrollo de isotipos y la generación de la diversidad de inmunoglobulinas en la bolsa de Fabricio (Dibner *et al*, 1998). Las aves antes y después de la eclosión, absorben anticuerpos maternos de la proteína de la yema. Después de este corto periodo la absorción que ocurre preferentemente en el íleon y puede ser en la forma de aminoácidos, dipéptidos o tripéptidos (Penz y De Mello, 1998).

También hay indicios de que la condición inmunológica se puede afectar si se retrasa la alimentación de pollitos recién nacidos (Casteel *et al*, 1994). Esto puede relacionarse por la respuesta genética a la selección para el crecimiento, correlacionados negativamente como un sistema inmunológico menos alerta (Dunnington y Siegel, 1996). Con relación a esto, Boa-Amponsen *et al* (1991) indican que la mayor tasa de crecimiento del pollito, está asociada con una competencia inmunológica reducida, cuando es evaluada de acuerdo a distintas densidades de nutrientes (contenidos altos y bajos de proteína y energía) y a un régimen alimenticio.

De acuerdo a Sell (1996) y Dibner *et al* (1998) a los pollos deberán proveerse una formulación óptima de nutrientes y fuentes de agua lo más pronto posible; con esto iniciará el desarrollo del sistema inmune y la disposición de las macromoléculas de la yema tales como los anticuerpos para la inmunidad pasiva. Bioquímicamente, los lípidos de la yema residual son ideales para el transporte de lípidos, por la membrana celular y la síntesis de inmunoglobulinas, y el desarrollo del sistema nervioso central y la retina; de esta forma estos componentes son más valiosos intactos, que de no dar la nutrición temprana pueden ser catabolizados para utilizarse como fuente de energía. La aparición de IgA biliar y centros germinales ocurrieron en forma temprana y en gran cantidad en aves con nutrición temprana, indicando con esto más rápido desarrollo de la capacidad de respuesta a la administración de las vacunas. Todo parece indicar que el desarrollo del sistema inmune en particular responde a la alimentación temprana.

Las dietas prácticas conteniendo una alta concentración de maíz fueron muy efectivas para proveer disponibles carbohidratos (glucógeno) para pollos jóvenes. La digestibilidad de ácidos grasos insaturados de cadena larga (Ej. Ácido linoleico 18:2) podría ser del 85%, por lo tanto, fuentes de grasa conteniendo altas concentraciones de éstos ácidos grasos deberían ser las mejores fuentes de energía que se puede proveer al pollito. Los triglicéridos residuales en el saco vitelino son mínimos en el pollo neonato ($\leq 1g$) y por lo tanto no puede contribuir a la demanda energética del pollo. La dieta preinicial ofrecida de 7 a 10 días con carbohidratos y proteína de alta digestibilidad debe considerarse como una inversión más que un costo (Lilburn, 1998). Los productores pueden pensar que la

alimentación durante el tiempo de la incubadora a la granja no es esencial, porque la experiencia dice que el ave puede sobrevivir con su yema residual.

Noy y Sklan (1995) mencionan que la digestibilidad de la grasa no es un factor limitrofe para el crecimiento de los pollos jóvenes. La digestibilidad verdadera de la grasa (insaturada) en el cuarto día, fue superior al 85%, aumentando ligeramente en los días subsecuentes, más no se encontraron diferencias significativas, indicando que la presencia de lipasas y sales biliares al cuarto día ya es suficiente para la casi completa digestión de la grasa y concluyen que la digestibilidad de la grasa no es un factor limitante para el crecimiento de los pollitos.

Hargis y Creger (1980) demostraron que los pollos de engorda alimentados con dietas sin suplementación de lípidos durante los primeros 7 días de vida, independientemente del nivel de energía de las raciones después de dicho periodo, presentaron una menor acumulación de grasa abdominal a los 49 días de edad. Estos resultados no están de acuerdo con los presentados por Maurice *et al* (1982c) que observaron que la adición de 8% de grasa a la dieta de los pollos de engorda durante la primera semana de edad disminuyó el porcentaje de grasa abdominal de las aves, a los 49 días de edad. Fancker y Jensen (1986) concluyeron que ni la proteína, ni el contenido de energía en dietas proporcionadas durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad. Bartov (1987) observó que ni el contenido de grasa suplementaria, ni la proporción energía/proteína en las dietas ofrecidas a los pollos durante la primera semana de edad influenciaron la acumulación de grasa en las aves a las 7 semanas de edad. Debido a los resultados contradictorios que se han descrito, el mecanismo o los mecanismos por los cuales la nutrición durante la primera semana de edad de los pollos afecta el depósito de grasa abdominal, debe estudiarse con posterioridad.

Se ha mostrado que la adición de 1% de taurina a la dieta de preiniciación, favoreció el aprovechamiento de los nutrientes del saco vitelino, dando como consecuencia una mejor ganancia de peso de los pollos de engorda a 6 y 45 días de edad. Esta suplementación también benefició la conversión alimenticia de los pollos de engorda a los 45 días de edad.

1.4. EL CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL

La proteína representa uno de los componentes más costosos en la formulación de alimentos balanceados y es uno de los nutrimentos que mayor efecto tiene sobre la calidad y conformación de la canal (Peñalva, 1999).

Durante muchos años las formulaciones de raciones para aves se basaron en el concepto de proteína bruta (cantidad de Nitrógeno \times 6.25), normalmente resultando en dietas con contenido de aminoácidos por encima de las necesidades reales de los animales (Penz y De Mello, 1998). Años después, los pollos se alimentaron utilizando el contenido de nutrimentos en las materias primas (Parsons y Baker, 1994). El desarrollo de los aminoácidos sintéticos posibilitó una nueva perspectiva en cuanto al uso de la proteína. Así

las dietas pasaron a ser formuladas con niveles de aminoácidos más próximos a las necesidades de los animales. La propuesta de usar más aminoácidos sintéticos, posibilita la disminución en los costos de producción, en función de la reducción del nivel de proteína bruta en las dietas. También provee un aumento en la eficiencia de utilización de la proteína, hecho que aprovecha al máximo el uso de aminoácidos para la síntesis proteica y el mínimo como fuente de energía. Otra ventaja es que las dietas bajas en proteína incrementan la tolerancia de las aves a temperaturas medio ambientales elevadas. Por último, puede disminuir los efectos negativos del exceso de nitrógeno excretado y con esto, la disminución de la contaminación ambiental (Moran *et al* , 1993; Penz y De Mello, 1998)

Se ha tomado la ventaja sobre la información de la eficiencia de retención por el organismo, lo que permite conocer un requerimiento más preciso sobre la digestibilidad de los aminoácidos, surgiendo con ello, la posibilidad de elaborar los perfiles nutricionales bajo un concepto denominado proteína ideal. El término de proteína ideal no es novedoso, ya que desde 1946 había sido descrito y se encuentra ampliamente difundido, pero a la vez es poco preciso, debido a la variación que existe en algunos ingredientes, sobre todo los de origen animal o subproductos y de las necesidades del ave de acuerdo a su edad y/o sexo (Parsons y Baker, 1994). El concepto de proteína ideal se originó en la Universidad de Illinois a finales de los años 50's y principios de los 60's, bajo la dirección de H. H. Mitchell y Scott.

Al formular bajo el concepto de digestibilidad, se establece un candado de seguridad para la correcta utilización de la proteína, los aminoácidos y el nitrógeno aportado, evitando así los desequilibrios, excesos y deficiencias que afectan la productividad. Esto hace posible ampliar el perfil de ingredientes, utilizando fuentes alternas con el fin de disminuir costos de producción por concepto de alimento, además de lograr mejoras en la productividad (Peñalva, 1999). En contraste con las grandes diferencias en la digestibilidad de los aminoácidos de los ingredientes, los aminoácidos cristalinos se digieren fácilmente y están completamente disponibles para su utilización por el animal (Izquierdo *et al* , 1988). En la actualidad se cuenta con una buena disponibilidad comercial de aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina y triptófano), a precios competitivos, si son comparados con los aportados en la materia prima (Penz *et al* , 1991).

En las aves solamente el 35 al 40% del nitrógeno proteínico es transformado en carne y/o huevo, el restante es excretado, contribuyendo a la contaminación ambiental. Particularmente en algunos países de Europa esto es ahora un problema grande (Deschepper y De Groote, 1995). Estos autores informaron que la reducción de los niveles de proteína de las dietas resultaron en una disminución del nitrógeno excretado. La excreción de nitrógeno se puede disminuir a través del uso de aminoácidos sintéticos, o del aumento de la digestibilidad proteínica de los ingredientes por la inclusión de enzimas o utilizando también la alimentación por fases, ya que aves de edad más grande tienen exigencias menores a las que tienen aves más jóvenes (Penz y De Mello, 1998). Aunque la utilización de aminoácidos cristalinos para bajar la proteína cruda se ha estudiado por muchos años, aún existen dudas de cuales de los aminoácidos son limitantes cuando la proteína de la dieta se reduce. Por otro lado, un exceso de aminoácidos traerá como

consecuencia una utilización ineficiente de los aminoácidos, disminuyendo la productividad de las aves (Morales, 1999)

Para ser ideal, la proteína o la combinación de proteínas no debe poseer aminoácidos en exceso o en deficiencia. Así mismo, todos los 20 aminoácidos deben estar presentes en la dieta, exactamente en los niveles exigidos para la manutención y para la máxima deposición proteica. Por lo tanto, una proteína ideal no existe en la práctica, por lo que se debe aproximar al máximo los niveles de aminoácidos con las exigencias de las aves en las diferentes fases de producción (Penz y De Mello, 1998). Al ajustar los niveles a un perfil ideal, se evitan deficiencias y excedentes y la consecuente producción de energía a partir de aminoácidos ya que cuando los aminoácidos son consumidos en exceso, se excretan en forma de ácido úrico (Cuca, *et al.*, 1994)

Es decir, el concepto se basa en que todos los aminoácidos están relacionados a uno de referencia que generalmente es la lisina, pero existen controversias, por ejemplo si el requerimiento aumenta por las exigencias de la línea genética, se debe conocer el manejo de esta proporción relativa a la lisina, por ello la relación probablemente se ve modificada en los distintos periodos de la vida animal, como podría ser por el emplume o el depósito de masa muscular en la pechuga (Penz, 1993)

Entre los aminoácidos esenciales, la lisina se escogió como el aminoácido de referencia por las siguientes razones (Baker y Han, 1994b):

- La lisina es el segundo aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para aves (después de los aminoácidos azufrados)
- Al contrario de los aminoácidos azufrados, el análisis de la lisina es simple y directo. Por lo tanto, existe mucha información sobre su concentración y digestibilidad en los alimentos
- Al contrario de los aminoácidos azufrados, la lisina presenta apenas una función en el organismo, que es la deposición proteica
- Existe una gran cantidad de información publicada sobre las exigencias de lisina para las aves con diferente composición corporal y sobre diferentes condiciones alimenticias
- La suplementación con lisina sintética es económicamente factible

El uso de lisina como aminoácido de referencia, elimina la necesidad de evaluar el requerimiento de los aminoácidos de la dieta para todos los aminoácidos bajo cada condición concebible. Esto indica que los requerimientos de los aminoácidos, basados sólo en el conocimiento del requerimiento de lisina, pueden ser predichos exactamente para: 1) machos o hembras, 2) dietas conteniendo varios niveles de proteína cruda y energía metabolizable, 3) dietas alimenticias para aves con diferente grado de potencial genético de crecimiento y 4) dietas alimenticias bajo varias condiciones medio ambientales

Los requerimientos estimados precisos para otros aminoácidos menos lisina, pueden determinarse usando el concepto de la Universidad de Illinois para los últimos periodos de

crecimiento, pero es conveniente confirmar estos estimados con investigación experimental (Cuadro 1).

CUADRO 1 PERFIL DE AMINOÁCIDOS SOBRE LA BASE DE PROTEÍNA IDEAL PARA POLLO DE ENGORDA DURANTE TRES PERIODOS DE CRECIMIENTO

Aminoácido	0 a 21 días ¹			21 a 42 días ²			42 a 56 días ²		
	Proporción Ideal			Proporción Ideal			Proporción Ideal		
	Requerimiento			Requerimiento			Requerimiento		
	% lisina	% dieta		% lisina	% dieta		% lisina	% dieta	
macho		hembra	macho		hembra	macho		hembra	
Lisina	100	1.12	1.02	100	0.89	0.84	100	0.76	0.73
Metionina + Cistina	72	0.81	0.74	75	0.67	0.63	75	0.57	0.55
Metionina	36	0.40	0.37	37	0.33	0.31	37	0.28	0.27
Cistina	36	0.40	0.37	38	0.34	0.32	38	0.29	0.28
Treonina	67	0.75	0.68	70	0.62	0.59	70	0.53	0.51
Valina	77	0.86	0.79	80	0.71	0.67	80	0.61	0.58
Arginina	105	1.18	1.07	108	0.96	0.91	108	0.82	0.79
Triptófano	16	0.18	0.16	17	0.15	0.14	17	0.13	0.12
Isoleucina	67	0.75	0.68	69	0.61	0.58	69	0.52	0.50
Leucina	109	1.22	1.11	109	0.97	0.92	109	0.83	0.80
Histidina	35	0.39	0.36	35	0.31	0.29	35	0.27	0.26
Fenilalanina + Tirosina	105	1.18	1.07	105	0.93	0.88	105	0.80	0.77

¹ Proporción ideal de Baker y Han (1994a); Han y Baker (1994), las cuales también incluyen la proporción ideal para triptófano, isoleucina, leucina, histidina y fenilalanina + tirosina

² Para los últimos periodos de crecimiento la proporción ideal fue calculada basada sobre el proyecto de los requerimientos de mantenimiento y la contribución del mantenimiento al requerimiento total. Los datos del requerimiento de lisina para 0 a 21 días se tomaron de Han y Baker (1994); para 21 a 42 días de Baker y Han (1994a); de 42 a 56 días postincubación del NRC (1994).

Waldroup (1992) sugiere que las exigencias para pollo de engorda en aminoácidos digestibles, son 90% de las exigencias de los aminoácidos en la forma de aminoácido total

Basados en la evidencia experimental y además de ciertas consideraciones sobre los requerimientos netos para ciertas funciones metabólicas específicas, será justificable poner el perfil de la proteína ideal del pollo de engorda para varias edades. Está claro que dicho perfil debe basarse más bien en los aminoácidos digestibles que en los totales. Se reconoce también que el óptimo perfil varía de acuerdo a la edad del ave. Tomando éstos factores en cuenta, la estimación actual para una proteína ideal para diferentes edades en pollos de engorda se resume en el Cuadro 2 (Degussa, 1996). Estas recomendaciones se derivan del perfil de Illinois (Baker y Han, 1994b) para aves jóvenes, con algunas modificaciones. Los

valores de las relaciones más difíciles de predecir son los de los aminoácidos azufrados, dado que son más variables debido al efecto del emplume. Una serie de relaciones de aminoácidos esenciales a lisina necesitan una posterior evaluación y asegurarse que el orden de su limitación sea descrito para varios tipos de alimentos. Existen actualmente varios trabajos de investigación con particular referencia para aves en crecimiento y finalización (Degussa, 1996)

CUADRO 2 PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL PARA POLLOS DE ENGORDA (Degussa, 1996)

Aminoácido*	Edad Ave (días)		
	0 - 14	14 - 35	>35
Lisina	100	100	100
Metionina + Cistina	74	78	82
Metionina	41	43	45
Treonina	66	68	70
Triptófano	16	17	18
Arginina	105	107	109
Valina	76	77	78
Isoleucina	66	67	68
Leucina	107	109	111

*Datos basados en aminoácidos digeribles verdaderos, relaciones expresadas relativas a lisina

Una vez que se han fijado las relaciones óptimas de aminoácidos para las diferentes edades de las aves, es muy importante ajustar las especificaciones de lisina (y por lo tanto de todos los aminoácidos esenciales) a una situación dada. Debido a que el nivel de lisina deberá adaptarse a una situación, se considerará la energía metabolizable dietética, proteína cruda, sexo del ave, condiciones ambientales y salud, por lo que es relativamente difícil de generar un juego de recomendaciones universales (Degussa, 1996)

Independientemente de las dificultades para poder dar una recomendación universal, que sea adecuada para cada situación, podría ser aceptable dar una serie de datos para niveles de aminoácidos comerciales considerando la óptima eficiencia alimenticia y la máxima productividad en términos de producción de pechuga de carne de pollo (Cuadro 3) o los datos actuales están basados en la investigación actual y viendo la respuesta del ave obtenida bajo varios regímenes de alimentación y con diferentes edades y estirpes de pollos. Las recomendaciones de lisina y aminoácidos azufrados se refiere a dietas típicas maíz-soya, las cuales representan la base más importante para la producción del pollo de engorda hoy en día en muchos países. En México la base es sorgo-soya. En dietas diferentes a la base maíz-soya, será necesario ajustar los niveles de aminoácidos totales para un valor de una menor digestibilidad en la mayoría de los ingredientes de origen animal o vegetal. No existe una especificación para un nivel de proteína cruda como un mínimo dentro del cuadro siguiente. Se sugiere que se deriven las cantidades mínimas de proteína usando las relaciones de los aminoácidos individuales a lisina expuestos en el

cuadro siguiente y calculando el nivel proteico más rentable económicamente, pero que se asegure una adecuada cantidad del tercer aminoácido esencial limitante (Degussa, 1996)

CUADRO 3 NIVELES DIETÉTICOS SUGERIDOS DE AMINOÁCIDOS AZUFRADOS Y LISINA PARA POLLOS DE ENGORDA (Degussa, 1996)

%	Edad Ave (días)		
	0 - 14	14 - 35	>35
EM (kcal/kg)	3100	3200	3250
Lisina total	1.28	1.17	1.00
Lisina digestible verdadera	1.18	1.03	0.88
Metionina + Cistina total	0.94	0.90	0.82
Metionina + Cistina digestible verdadera	0.84	0.81	0.72
Metionina total	0.54	0.50	0.45
Metionina digestible verdadera	0.48	0.45	0.40

Varios autores han publicado las proporciones ideales de aminoácidos para pollo de engorda (Cuadro 4)

CUADRO 4 PROPORCIONES IDEALES DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES PARA POLLO DE ENGORDA, SEGÚN VARIAS FUENTES (Degussa, 1996)

Aminoácido	Baker (1994a, 1996b)		Austic (1994)	CVB (1996)	Investigación Europea (1997)
	0-21 días	21-42 días	0-21 días	0-42 días	20-40 días
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina	36	36	38	38	—
AAS	72	75	72	73	75
Treonina	67	70	62	65	63
Arginina	105	108	96	105	112
Valina	77	80	69	80	81
Isoleucina	67	69	65	66	71
Leucina	109	109	92	—	—
Triptófano	16	17	18	16	19
Histidina	32	32	24	—	—
Lisina total% 20-40 días	—	0.98	—	1.15	1.22

Las proporciones ideales para treonina y aminoácidos azufrados fueron recientemente revisadas (Emmert y Baker, 1997; Penz *et al.*, 1997). Nuevas proporciones para los periodos más allá de las 3 semanas de edad se desarrollaron usando el mejor estimador disponible para los requerimientos de lisina, treonina y aminoácidos azufrados (Cuadro 5). Datos recientes sugieren que el requerimiento de lisina para mantenimiento puede ser substancialmente más grande que el que se había pensado, cuestionando la validez de incrementar la proporción de aminoácidos con respecto a lisina durante los últimos periodos de crecimiento. Nuevas proporciones de niveles de aminoácidos azufrados y treonina se han calculado para 21 a 42 y 43 a 56 días de edad y estas proporciones son menores que las propuestas previamente por el concepto de la Universidad de Illinois (Degussa, 1996).

CUADRO 5 PROPORCIÓN IDEAL CALCULADA DE TREONINA Y AMINOÁCIDOS AZUFRADOS (AAS) CON RESPECTO A LISINA PARA POLLOS DE ENGORDA EN LOS ÚLTIMOS PERIODOS DE CRECIMIENTO^{1,2} (Degussa, 1996)

Periodo	Requerimiento Lisina Digestible ³	Requerimiento Treonina Digestible ⁴	Proporción Propuesta Treonina ⁵	Requerimiento AAS Digestibles ⁶	Proporción Propuesta AAS ⁵
Día	% de dieta	% de dieta	% de lisina	% de dieta	% de lisina
21 a 42	0.865	0.593	68.5	0.62	72
43 a 56	0.745	0.510	68.5	0.54	72

¹ Este cuadro originalmente fue citado por Emmert y Baker (1997)

² Todos los requerimientos se ajustaron para reflejar alimentación de sexo mixto

³ Los requerimientos para 21 a 42 días de Han y Baker (1993); requerimiento para 43 a 56 días de NRC (1994)

⁴ Requerimiento estimado para ambos periodos de Webel *et al.* (1996)

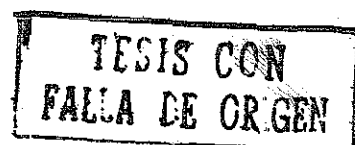
⁵ Requerimiento de treonina digestible o AAS/requerimiento de lisina digestible.

⁶ Requerimientos para 21 a 42 días de Baker *et al.* (1996a); requerimiento de 42 a 56 días estimado como el 72% de la lisina requerida para este periodo

La proporción de treonina:lisina en el perfil propuesto por la Universidad de Illinois, asume que incrementa de 67% durante 0 a 21 días, a 70% durante los dos últimos periodos de crecimiento. Cálculos de la proporción treonina:lisina usando los valores listados en el Cuadro 5 conducen a valores de 68.5% para ambos periodos finales de crecimiento. Esto concuerda con recientes valores para treonina obtenidos por Kidd *et al.* (1997)

Existen 3 factores importantes que precisan considerarse en el uso del concepto de proteína ideal para la formulación de raciones para aves (Baker, 1993):

- La relación ideal de los aminoácidos se determinó en numerosos estudios empleando dietas purificadas. De esta forma, el patrón ideal de aminoácidos está basado en niveles de aminoácidos digestibles
- La relación ideal de los aminoácidos para las diferentes fases de crecimiento no es la misma. Esta diferencia ocurre principalmente en la relación de los aminoácidos



azufrados, treonina y triptófano con la lisina, que aumenta a medida que las aves avanzan en edad

- Una información precisa sobre las necesidades de lisina digestiva es fundamental, pues todos los otros aminoácidos están relacionados con la lisina. Cualquier error en la determinación de la exigencia de lisina resultará en errores en las necesidades de todos los otros aminoácidos

Generalmente, los aminoácidos más importantes a considerar en las dietas prácticas para el pollo de engorda son los aminoácidos azufrados (comúnmente el primer limitante), lisina (segundo limitante), treonina (el tercer limitante), valina y arginina. La disponibilidad de lisina, aminoácidos azufrados y treonina sintéticos permiten al nutriólogo adicionar proteína intacta para llenar el requerimiento de arginina, con la suplementación de aminoácidos usados para fortalecer la dieta con la cantidad necesaria de lisina, metionina y treonina. Aún cuando las dietas prácticas contendrían aminoácidos en exceso contribuidos por las fuentes de proteína intacta, la proteína ideal de la Universidad de Illinois es aun de valor, porque es una guía para establecer niveles en la dieta de metionina, lisina y treonina (Emmert y Baker, 1997; Penz *et al*, 1997)

Para los aminoácidos de primer interés en la nutrición del pollo de engorda (aminoácidos azufrados, lisina y treonina), con dietas basadas en maíz y/o trigo y harina de soya, se puede usar el requerimiento de aminoácidos totales o aminoácidos digestibles verdaderos cuando se aplican proporciones ideales. Esto es porque, para estos tipos de dietas, la digestibilidad verdadera de treonina y metionina + cistina no es mayormente diferente de la digestibilidad verdadera de lisina (Parsons, 1991; NRC, 1994)

Los datos de la Universidad de Illinois están basados en análisis de regresión resultantes de pruebas relacionando la retención de proteína contra aminoácidos ingeridos. A pesar de que esto es apropiado, no reconoce la importancia de los requerimientos de mantenimiento, los cuales en cierta forma son más críticos para las aves más pesadas. También debería recordarse que la eficiencia alimenticia y la calidad de la canal, especialmente de la deposición de carne de pechuga, son más importantes a la economía de la producción de pollo de engorda que solamente el parámetro de crecimiento (Degussa, 1996)

Recientemente se desarrollaron las ecuaciones de regresión usando los mejores estimadores de los requerimientos de aminoácidos de 0 a 3, 3 a 6 y 6 a 8 semanas de edad. La regresión del requerimiento de aminoácidos digestibles como una función de cada día de edad, permite la predicción de los requerimientos de lisina y aminoácidos azufrados y treonina, sobre cualquier marco de tiempo dentro del periodo de 0 a 8 semanas. Este paso tiene el potencial de permitir al nutriólogo formular dietas más cuidadosamente, reuniendo las necesidades de las aves en varias edades, y debería permitir más eficiencia de utilización de los aminoácidos de la dieta. Además, es probable que la excreción de nitrógeno se reducirá y los niveles de aminoácidos estarán más cercanos a las necesidades de las aves a cierta edad. Se debe hacer notar, que los requerimientos (Cuadro 6) derivados de las ecuaciones de regresión no han sido validados con experimentos con animales (Emmert y Baker, 1997)

CUADRO 6 REQUERIMIENTOS PREDICTIVOS (ALIMENTACIÓN SEXO MIXTO) PARA LISINA, AMINOÁCIDOS AZUFRADOS Y TREONINA EN 8 PERIODOS DE CRECIMIENTO

Periodo	Requerimiento Lisina ¹		Requerimiento Azufrados ³		Requerimiento Treonina ⁵	
	Digestible	Total ²	Digestible	Total ⁴	Digestible	Total ⁶
Día	% dieta	% dieta	% dieta	% dieta	% dieta	% dieta
0 a 7	1.15	1.29	0.83	0.94	0.75	0.86
7 a 14	1.10	1.23	0.78	0.90	0.72	0.82
14 a 21	1.04	1.17	0.74	0.85	0.68	0.78
21 a 28	0.98	1.10	0.70	0.80	0.65	0.74
28 a 35	0.93	1.04	0.66	0.75	0.61	0.70
35 a 42	0.87	0.98	0.62	0.70	0.58	0.66
42 a 49	0.82	0.92	0.57	0.66	0.54	0.62
49 a 56	0.76	0.85	0.53	0.61	0.51	0.58

¹ Estimado de la ecuación de regresión $y = 1.151 - 0.008x$, donde y = requerimiento de aminoácidos digestibles, y x = día de edad

² Se asume que la digestibilidad de la lisina es de 89% en una dieta de harina de maíz-soya

³ Estimado de la ecuación de regresión $y = 0.826 - 0.006x$

⁴ Se asume que la digestibilidad de los aminoácidos azufrados es de 87.5%

⁵ Estimado de la ecuación de regresión $y = 0.751 - 0.005x$

⁶ Se asume que la digestibilidad de la treonina es de 87%

Numerosos factores interactúan para producir el patrón particular de aminoácidos presente en el cuerpo de un animal, incluyendo la utilización de aminoácidos para la síntesis proteica, los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento y la tasa de oxidación de los aminoácidos y su utilización. Cada uno de estos factores debe considerarse cuando se formula el perfil de aminoácidos para maximizar la deposición de proteína.

Han y Baker (1993) mencionan que el cálculo del rendimiento en canal, indicó que el requerimiento de lisina para maximizar éste parámetro, fue similar al requerido para maximizar la eficiencia alimenticia. En dos experimentos donde se incluyó la evaluación de las canales, Summers *et al* (1988) y Summers *et al* (1992) no encontraron cambios en el peso de la pechuga, ni en el depósito de proteína en la canal respectivamente, en aves que recibieron dietas bajas en proteína pero suplementadas con aminoácidos, en comparación con pollos que recibieron una dieta rica en proteína.

A pesar de que la composición de la canal, puede servir como variable de respuesta para evaluar el efecto de una dieta formulada a partir de aminoácidos digestibles, esta alternativa no necesariamente contempla el gasto del mantenimiento corporal. Una apreciación sobre los requerimientos de aminoácidos de mantenimiento, ha sido también objetivo para el desarrollo del concepto de proteína ideal, debido a las diferencias potenciales necesarias para mantenimiento entre los aminoácidos indispensables, y debido a los cambios en los requerimientos de mantenimiento de los animales al avanzar la edad y el peso. El

reemplazo de plumas, las proteínas corporales estructurales y funcionales y las pérdidas por el tracto digestivo, representan la mayor parte de las necesidades de aminoácidos para mantenimiento de las aves.

El contenido de lisina en la proteína corporal es alto, siendo dos veces más alto que el nivel de aminoácidos azufrados y treonina. En la proteína de las plumas sin embargo, la lisina es relativamente baja, mientras que los aminoácidos azufrados son altos, debido al elevado contenido de cistina de las plumas. Similarmente, los requerimientos de mantenimiento para metionina+cistina y treonina son mayores que el requerimiento de lisina (Degussa, 1996).

El requerimiento de lisina es casi exclusivamente para la formación de proteína corporal (músculo). En contraste, la mayoría del requerimiento de metionina y cistina es utilizado para la formación de plumas. Esta proporción se incrementa sustancialmente con la edad y peso del ave. Las curvas correspondientes para treonina y la mayoría de los demás aminoácidos, deben estar en una proporción intermedia, debido a que su requerimiento para mantenimiento y emplume es menor (Cuadro 7). A pesar de las consideraciones descritas anteriormente, las cuales dan indicaciones razonables de los perfiles de aminoácidos en la nutrición del pollo de engorda, no existe la menor duda de que sólo los experimentos de alimentación pueden proporcionar información concluyente, sobre las relaciones óptimas de aminoácidos en alimentos comerciales (Degussa, 1996).

CUADRO 7 PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA PROTEÍNA CORPORAL, PROTEÍNA DE PLUMAS Y REQUERIMIENTO DE MANTENIMIENTO EN POLLO DE ENGORDA

Aminoácidos	Proteína Corporal ¹ g/16g N	Proteína Plumaz ¹ g/16g N	Mantenimiento ² mg/kg BW/día
Lisina	7.5 (100)	1.8 (100)	29 (100)
Metionina	2.5 (33)	0.6 (33)	—
Metionina + Cistina	3.6 (48)	7.6 (420)	113 (390)
Treonina	4.2 (56)	4.4 (240)	74 (250)
Triptófano	1.0 (13)	0.7 (39)	19 (66)
Arginina	6.8 (91)	6.5 (360)	120 (410)
Valina	4.4 (59)	6.0 (330)	61 (210)
Isoleucina	4.0 (53)	4.0 (220)	72 (250)
Leucina	7.1 (95)	7.0 (390)	124 (430)

¹ Fisher (1993)

² Leveille *et al* (1960)

BW = Peso corporal

() = relación con respecto a lisina

Parsons (1990) menciona que el principal problema para aplicar el concepto de “proteína ideal”, es la cantidad de datos controversiales sobre la digestibilidad de los aminoácidos, a estos se suman factores de la dieta como el nivel de energía metabolizable o de proteína

cruda, la estirpe usada, la edad de las aves, genética, los factores antinutricionales de los alimentos, las interacciones entre los nutrimentos, fases de producción, ingredientes de los alimentos, sexos, temporada del año, etc. Estos factores afectan el requerimiento de aminoácidos en el pollo de engorda. Así, es virtualmente imposible identificar todas las combinaciones potenciales en experimentos dosis-respuesta y observar la respuesta a una gama de aminoácidos esenciales en forma individual. La mayor ventaja de usar el perfil de proteína ideal, es que fácilmente se puede 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)

En teoría el concepto de proteína ideal suena bastante adecuado, pero existen limitaciones cuando se intenta aplicarlo en formulaciones prácticas, y posiblemente por ello su utilización de una manera correcta, no se ha llevado a la práctica. Antes de proceder a implantar en forma comercial un programa de alimentación con proteína ideal, es necesario tener la información confiable de los valores de digestibilidad que se integrarían a la matriz de la formulación y la proporción que se les proporcionaría, con respecto al aminoácido de referencia (Degussa, 1996)

En México, en la mayoría de las empresas donde se han utilizado estos conceptos en el ámbito comercial, se han obtenido importantes beneficios en la ganancia de peso, conversión alimenticia y composición de la canal (Peñalva, 1999)

Los nutriólogos deben ser prudentes de la tentación de obtener grandes respuestas fisiológicas o económicas con la suplementación de aminoácidos únicos, sobre niveles de proteína ideal. Aunque el futuro puede revelar beneficios de niveles altos de aminoácidos (Ej para mayor rendimiento de pechuga), es importante que un único aminoácido producirá esta respuesta. Por ejemplo, deberá aumentar los niveles de aminoácidos necesarios para maximizar el rendimiento de pechuga, siendo necesario incrementar los niveles de lisina, aminoácidos azufrados y treonina, en orden para mantener el balance correcto de aminoácidos limitantes. Así, cuando se implemente el concepto de la proteína ideal, debe siempre tenerse en mente las proporciones de los aminoácidos en la dieta, o arriesgar el potencial de los aminoácidos cristalinos adicionándolos y que no serán utilizados, por lo tanto serán desperdiciados (Penz *et al* , 1997; Emmert y Baker, 1997)

El futuro del uso de la proteína ideal en la formulación de dietas, depende de varios factores, ya que la información necesaria de los valores que definan la relación de los aminoácidos puede variar. El siguiente paso a la proteína ideal posiblemente sea, el conocer la concentración de aminoácidos necesaria para la formación del tejido muscular (Penz y De Mello, 1998)

1.4.1. NECESIDADES DE AMINOÁCIDOS

De 3 a 6 semanas del periodo de crecimiento, el requerimiento de lisina en pollos de engorda Ross x Ross fue de 0.89% de la dieta para machos y 0.84% de la dieta para hembras (EM= 3,200 kcal/kg). Si una estirpe tiene más proteína y menos grasa en su

ganancia de peso que otra, entonces el ave más magra tendrá más altos requerimientos de aminoácidos. Así, las necesidades de lisina de pollos machos magros deben ser más alto de 0.89% durante el periodo de 3 a 6 semanas y de los demás aminoácidos deberá ser más alto también. Del mismo modo, los machos tienen requerimientos de aminoácidos más altos que las hembras, porque tienen más proteína y menos grasa en su ganancia de peso. El consumo de alimento y el potencial de ganancia de peso no necesariamente afectan el requerimiento de lisina. El estrés por calor es otra condición que puede afectar el consumo voluntario de alimento, pero existe poca evidencia de que esto impacte el requerimiento de lisina expresado como porcentaje de la dieta (Han y Baker, 1993; Baker *et al* , 1996b)

El nivel de lisina en la dieta de iniciación ha mostrado que afecta la deposición de músculo de la pechuga durante el crecimiento y finalización (Kidd *et al* , 1998); en la dieta de iniciación en condiciones de temperatura cálidas, afecta el requerimiento de treonina de la dieta durante las fases de crecimiento y finalización. La temperatura ambiental alta reduce la respuesta de lisina y treonina. El balance de aminoácidos debe ser una importante consideración nutricional para pollos de engorda criados en condiciones de clima caluroso (Kidd *et al* , 2000)

La inclusión de diversos niveles de lisina mostró que a través de ellos se explica casi toda la variabilidad observada para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, encontrándose que la mejor respuesta al crecimiento fue en animales que consumieron dietas con 1.20% y 1.10% de lisina para 20 y 22% de proteína respectivamente. Esto puede deberse a que el nivel de lisina debe ser proporcional al porcentaje de proteína; esto es lo más recomendable desde el punto de vista nutricional, ya que se evita un desequilibrio de aminoácidos y se ahorra lisina. En cuanto al punto óptimo para consumo de alimento se encontró en 1.20%. Para conversión alimenticia, la mejor respuesta se encontró en animales que recibieron 1.10% de lisina, lo que puede deberse a que esta variable no se mide directamente, sino que se calcula y está supeditada al consumo de alimento y ganancia de peso. Estos datos sugieren que la variable más sensible para evaluar las necesidades de lisina del pollo en iniciación (0-4 semanas) es la ganancia de peso (Zorrilla *et al* , 1993). Los resultados mencionados no concuerdan con las necesidades de lisina indicadas por Scott *et al* (1982), quienes proponen un nivel de 1.15% de este aminoácido en la dieta, y con lo indicado por Cuca *et al* (1994), quienes sugieren un requerimiento de 1.25% de lisina en pollos de engorda en iniciación. Empero, concuerdan con los requerimientos establecidos por el NRC (1984) y Zorrilla *et al* (1993)

La metionina se ha demostrado que es el primer aminoácido limitante en pollos, consumiendo dietas sorgo soya o maíz soya. Una dieta con 21% de proteína que se suplementó con metionina (Parr y Summers, 1991) o con metionina más lisina (Bornstein y Lipstein, 1975; Colnago *et al* , 1991) mantuvo el desempeño productivo de las aves. Parr y Summers (1991) publicaron que la adición de lisina produjo un ligero mejoramiento en el desempeño de los pollos que recibieron este tipo de dietas. Al reducir la proteína en 3 unidades (20%), se requirieron aminoácidos adicionales para mantener el rendimiento de los pollos, diversos autores han sugerido que la metionina (Summers *et al* , 1988) la metionina y lisina (Waldroup *et al* , 1976a; Colnago y Jensen, 1992) la metionina, lisina y

arginina (Colnago y Jensen, 1992), la metionina, lisina y treonina (Moran *et al* , 1992) o la metionina, lisina, arginina y treonina (Pinchasov *et al* , 1990) son necesarios agregar en la dieta Pinchasov *et al* (1990) indicaron que la suplementación de metionina, lisina, arginina y treonina a la dieta con una reducción de 3 puntos porcentuales en el contenido de proteína no fue capaz de permitir ganancias de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia equivalente a la de los pollos que recibieron la dieta testigo positivo Stilborn y Waldroup (1988) suplementaron con aminoácidos sintéticos dietas isocalóricas de 21 a 42 días de edad y encontraron a los 42 días, pesos corporales y eficiencias alimenticias comparables con niveles de proteína cruda (PC) tan bajos como 14%

Los aminoácidos azufrados han mostrado reducir la deposición de grasa en el pollo de engorda (Moran, 1973; Takahashi *et al* . 1994) Bunchasak *et al* (1996) al comparar dietas con dos niveles de PC (17 y 23%) y la adición de diferentes proporciones de metionina+cistina (met+cist), encontraron más grasa corporal con la dieta de 17% PC, más músculo con 23% PC y el tamaño del hígado más pequeño con 23% PC, variando de tamaño con 17% PC según la cantidad de met+cist adicionada; no encontrando diferencias en el peso de la molleja Una deficiencia de metionina es conocido que aumenta la cantidad de grasa abdominal en pollos de engorda (Jensen *et al* , 1989; Mendoca y Jensen, 1989; Edwin, 1994; Bunchasak *et al* , 1996) La dieta con 17% PC obtuvo más peso de grasa abdominal, que disminuyó al aumentar el nivel de met+cist Se encontró mayor peso pechuga con 23% PC que con 17% PC Esto está acorde con Edwin (1994) quien reportó que dietas bajas en metionina resultaron en reducción de pechuga Los resultados indican que una dieta con 17% PC, suplida con una adecuada cantidad de met+cist provee buen desempeño de crecimiento en pollos de engorda durante los primeros 21 días. El contenido de grasa abdominal en pollos, parece afectarse más por el consumo de met+cist o proteína. que por el consumo de alimento o energía (Bunchasak *et al* ., 1996)

El requerimiento de treonina fue similar para ganancia diaria, conversión alimenticia y rendimiento de pechuga (Penz *et al* , 1997) El requerimiento para el menor porcentaje de grasa abdominal fue más bajo que para ganancia diaria (Leclercq, 1997) Estas conclusiones están estrechamente relacionadas con las de Rangel-Lugo *et al* (1994), quienes sugieren que el requerimiento de treonina para conversión alimenticia es ligeramente más alto que el requerimiento para la máxima ganancia

Para el requerimiento de valina, el menor valor fue para el porcentaje de grasa abdominal. seguido por la conversión alimenticia y por el rendimiento de pechuga El más alto correspondió para la ganancia diaria (Leclercq, 1997)

El requerimiento de lisina debe estar de acuerdo al objetivo de producción deseado, ya sea ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento de pechuga o mínima deposición de grasa abdominal El nivel requerido de lisina para ganancia de peso es menor que para rendimiento en pechuga; éste a su vez, menor que para la conversión alimenticia, y es el requerimiento mayor para el mínimo porcentaje de grasa Como la treonina o la valina no exhiben tales efectos pronunciados o tales requerimientos de jerarquía, la proporción de éstos aminoácidos con respecto a lisina depende de la respuesta elegida (Leclercq, 1997)

La deficiencia de isoleucina puede reducir el rendimiento de pechuga en dietas prácticas basadas en maíz-soya y harina de carne, donde es típicamente el cuarto aminoácido limitante (Kidd *et al* , 2000)

Los resultados estadísticamente no significativos para los diferentes niveles de proteína empleados (20 y 22%) sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia, difiere de los resultados obtenidos en algunos estudios (Olumu y Offiong, 1980; Jackson *et al* , 1982b; Salmon *et al* , 1983; Pesti y Fletcher, 1984) En estos, se menciona que la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia mejoran significativamente cuando se incrementa el nivel de proteína o energía en las dietas para pollos Sin embargo, hay concordancia con lo informado en la literatura (Lipstein y Bornstein, 1975; Waldroup *et al* , 1976b; Ojeda *et al* , 1978; Dagher, 1983), donde se menciona que es posible disminuir el contenido proteínico en dietas para pollos de engorda sin detrimento del crecimiento de éstos, siempre y cuando se satisfagan las necesidades de aminoácidos esenciales

Hay evidencia que la suplementación con aminoácidos sintéticos para no incrementar la concentración de proteína total de la dieta, aumenta la deposición de grasa en pollos de engorda comercial (Deschepper y De Groote, 1995) Esto puede ocurrir porque hay menos proteína sobrante para ser metabolizada y una gran proporción de energía de la dieta debe consumirse como carbohidratos y grasa, los cuales son depositados más eficientemente como grasa corporal que lo que podría ser el exceso de aminoácidos (Macleod, 1997)

Los pollos que recibieron una dieta baja en proteína 18% después del día 42 de edad y suplementada con aminoácidos tienden a presentar mayor depósito de grasa (Dagher, 1983) En un trabajo realizado por Moran *et al* (1992) mostraron que aún cuando los pesos corporales fueron similares, el depósito de grasa abdominal fue mayor y el peso de carne de la pechuga fue menor en pollos alimentados con la dieta baja en proteína y suplementada con aminoácidos Han *et al* (1992) sugirieron que la treonina y la valina son necesarios para elevar al máximo la eficiencia alimenticia y también que el ácido glutámico no sólo mejora la eficiencia alimenticia sino también reduce el depósito de grasa en el abdomen También Fancher y Jensen (1989a,c) encontraron reducción de grasa abdominal con ácido glutámico El óptimo consumo de energía y proteína deberá ser provisto desde un patrón de aminoácidos balanceados (Fancher y Jensen, 1989b) el cual puede alcanzarse a través de la suplementación de aminoácidos

1.4.2. EXCESO DE AMINOÁCIDOS

Hay publicaciones que indican que el exceso de lisina en la dieta disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos (Edmonds y Baker, 1987; Acar *et al* , 1991) Sin embargo, la disminución de la productividad causada por el exceso de lisina en la dieta es aliviada casi completamente al suplementar arginina en pollos de engorda. la cual es reconocida como un antagonista de la lisina (Austic y Scott, 1975; Uemo *et al* , 1994) El exceso en la dieta de metionina deprime el crecimiento en pollos considerablemente más que el exceso de lisina (Edmonds y Baker, 1987) Por lo tanto, la

disminución de la productividad por el exceso de lisina más aminoácidos azufrados puede ser principalmente causado por los aminoácidos azufrados *per se* (Muramoto *et al* , 1997) El contenido de grasa abdominal no se afectó por el exceso en la dieta de lisina y aminoácidos azufrados (Muramoto *et al* , 1997), y tampoco el contenido de pierna que es más solicitada por el consumidor en Japón con respecto a la pechuga; sin embargo, el contenido de pechuga si se afectó su rendimiento, resultando menor

El exceso de aminoácidos en la dieta no sólo causa desperdicio de aminoácidos *per se* o fuentes de proteína, sino que también disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos (Ishibashi, 1990; Ohta y Ishibashi, 1994)

1.4.3. DIGESTIBILIDAD O DISPONIBILIDAD

Para los nutriólogos hay considerables diferencias en el significado del término disponibilidad de aminoácidos Para algunos digestibilidad y disponibilidad son sinónimos Esto significa que si un nutrimento fue digerido, está disponible para su uso Esto puede aplicarse para algunas áreas de la nutrición, pero es inapropiado en el campo de los aminoácidos, de forma que un aminoácido puede ser absorbido, pero no utilizado eficientemente Así mismo, debe considerarse como disponible, la porción del total de aminoácidos que es digerida y absorbida en forma adecuada para síntesis proteica En otras palabras, digestibilidad es la diferencia entre la cantidad de aminoácidos ingeridos y excretados; mientras que disponibilidad, expresa la cantidad de aminoácidos digeridos, absorbidos y empleados en la síntesis de proteínas y en el crecimiento del animal (Batterham, 1992; Penz, 1993)

Sin embargo, es posible que los aminoácidos sean digeridos y absorbidos en la forma que no sean disponibles para su utilización Ejemplos son los productos de aminoácidos en la reacción temprana de Maillard, particularmente lisina, que son formados durante el calentamiento del ingrediente Teóricamente, la digestibilidad podría sobrestimar la disponibilidad de los aminoácidos La cuestión si la digestibilidad de un aminoácido estima exactamente su disponibilidad y esto es de fundamental importancia (Parsons, 1996)

Hay varios métodos para determinar digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos Están incluidos ensayos "*in vivo*" o "*in vitro*" tales como métodos enzimáticos (pepsina, pancreatina, quimotripsina y papaina), método químico (FDNB), pruebas microbiológicas (bacterias y protozoarios), pruebas con insectos (*Tribolium sp*), pruebas de aminoácidos en el plasma, balance de nitrógeno, digestibilidad ileal y pruebas de crecimiento Al comparar los resultados de las diferentes pruebas los datos son contradictorios Esto es porque algunas variables como factores antinutricionales, tratamientos térmicos, fibras u otras alteraciones físico-químicas de los alimentos favorecen las variaciones de resultados (Penz, 1993)

El método más comúnmente usado para la determinación de la digestibilidad de aminoácidos en aves, es el análisis de la dieta y de las excretas Este método es una adaptación del que propuso Sibbald (1986) para determinar la energía metabolizable

verdadera Farrel y Raharjo (1982), mencionan algunas fallas en el método, como la sobrestimación de los valores de digestibilidad resultante de la acción de los microorganismos presentes en el intestino grueso, sobre la proteína no digerida en la porción proximal del intestino delgado. Aproximadamente 25% de los aminoácidos presentes en la excreta de aves, se estimó que eran de origen microbiano (Parson *et al*, 1982). También las excretas contienen aminoácidos provenientes de la orina (7% del total excretado). Por lo tanto, el término que debería usarse es el de aminoácido metabolizable y no digestible. Estos autores, también llaman la atención por el hecho de que las aves no absorben aminoácidos en la región terminal del íleon y apuntan que la forma más adecuada para estimar la digestibilidad, es a través del uso de una cánula en esta región del intestino delgado, evitando que los aminoácidos sigan por el tracto intestinal. Este método es muy utilizado en cerdos.

Se han utilizado aves colostomizadas, lo que permite la separación de las heces de la orina, o usan aves cecotomizadas. El uso de aves cecotomizadas en estudios de digestibilidad, también ha sido una alternativa al uso de cánulas ileales. Ya que el ciego comprende la principal área del intestino grueso de las aves, su remoción eliminará gran parte de los efectos de los microorganismos sobre los aminoácidos excretados. Es importante determinar si la diferencia en la digestibilidad entre aves intactas y cecotomizadas, refleja la hidrólisis de la proteína y la absorción de aminoácidos, o si es debida a la desaminación de aminoácidos por los microorganismos (Penz y De Mello, 1998).

Batterham (1992), concluyó que la digestibilidad fue similar a la disponibilidad para ingredientes de alta calidad, pero que la digestibilidad sobrestima la disponibilidad para ingredientes de baja calidad, especialmente los dañados por calor. La digestibilidad de la lisina se redujo gradualmente por el sobreprocesamiento en todas las harinas de oleaginosas. Resultados similares han sido observados para la cistina en la harina de soya. Los efectos del sobreprocesamiento sobre la digestibilidad de otros aminoácidos, fueron mucho menos que los observados para lisina y cistina. Un dilema encaran los nutriólogos comerciales para detectar rápida y fácilmente en lotes de ingredientes, la disponibilidad de aminoácidos debidos a sobrecalentamiento. La solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio (0.2% KOH), ha mostrado ser un índice sensitivo de sobre calentamiento de harina de soya, harina de canola y harina de girasol. Investigaciones recientes indican que el colorante azul Coomasie, puede usarse para simplificar y disminuir el tiempo requerido por el análisis KOH a 30 minutos o menos; obteniéndose resultados similares a los obtenidos con la prueba convencional KOH, que requiere análisis de nitrógeno Kjeldahl (Parsons, 1996).

Las ventajas de la proteína ideal radican principalmente, en que una vez establecidos los valores de digestibilidad de los aminoácidos, se podrá reducir el contenido de proteína cruda de la dieta, sin afectar la productividad de las parvadas y mejorar el rendimiento de la canal.

1.5. EL TEJIDO ADIPOSO

Hay presión en la industria del pollo de engorda a reducir el contenido de grasa. Tradicionalmente, la carne de pollo ha sido considerada baja en grasa pero estudios de Hutchinson *et al* (1987) sugieren que el contenido de grasa de la carne de pollo es comparable al cerdo y a algunos cortes de la carne de ganado bovino. Las recomendaciones médicas para limitar el consumo de carne roja a favor del consumo de pollo han sido un estímulo importante en las recientes ganancias del consumo per cápita de la carne de pollo. Estas recomendaciones son en parte el resultado de la diferente composición de ácidos grasos de estos tipos de carne. El tejido del pollo de engorda (carne con piel cruda) contiene 31, 45 y 23% de ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos polinsaturados respectivamente, mientras que la carne de bovino (compuesto por todos los cortes y todos los grados y cruda) contiene 47, 49 y 4% respectivamente (Yan *et al*, 1991).

Los ácidos grasos saturados en dietas de humanos han mostrado elevar el colesterol en plasma y los niveles de lipoproteínas de baja densidad (Grundy *et al*, 1982). Contrariamente ácidos grasos monoinsaturados (particularmente ácido oleico) en dietas de humanos han indicado que se puede reducir el colesterol total del plasma y las lipoproteínas de baja densidad relacionadas al colesterol del plasma (Mattson y Grundy, 1985). Sin embargo, hay un consumo creciente de ácidos grasos polinsaturados lo cual podría no ser saludable, ya que han mostrado ser promotores de carcinogénesis química y son inmunosupresivos relacionados a dietas altas en grasas saturadas, para aumentar el riesgo de formación de cálculos biliares y reducir las lipoproteínas de alta densidad (Grundy *et al*, 1982; Vega *et al*, 1982; Hubbard y Erickson, 1987).

En las estirpes de pollos de engorda actuales, la ganancia de peso corporal ha sido muy rápida y son eficientes convertidores de energía y proteína derivada del alimento. Esto ha sido alcanzado principalmente por la selección para ganancia de peso mayor a peso a rastro. Una de las consecuencias de esta estrategia de selección, es que la ganancia de grasa ha incrementado más rápidamente que la ganancia de proteína (Siegel y Dunnington, 1987).

Los pollos grandes han incrementado la cantidad absoluta de grasa y también son más grasos en términos relativos (Chambers *et al*, 1981; Cartwright *et al*, 1986a). El tejido adiposo tiene varias funciones, una de las cuales es recibir triglicéridos, que es la forma predominante de almacenar energía en animales (Cartwright, 1991). Whitehead y Griffin (1984) encontraron que la concentración de triglicéridos en plasma está positivamente correlacionada con el contenido de grasa abdominal.

En la actualidad la calidad de la canal, particularmente el engrasamiento de pollos ha recibido considerable atención tanto en la industria del pollo de engorda como entre los consumidores. Muchos factores influyen el nivel de grasa en el pollo tales como el genotipo, medio ambiente, nutrición, edad y sexo. La selección de un ave magra es la solución más conveniente para reducir el exceso de grasa. El uso de técnicas de manipulación nutricional ofrece una rápida solución al problema del exceso de grasa sin consecuencias indeseables. Trabajos previos han considerado la influencia de la densidad y

concentración de la dieta tanto como la alteración de la relación proteína:energía. El costo de la dieta es un factor adverso (Jones y Farell, 1989). Aunque el número de células adiposas es difícil de alterar, las investigaciones sugieren posibles métodos que pueden usarse para provocar cambios en la composición corporal (Cartwright, 1991; Akiba *et al.*, 1995).

Las diferencias entre líneas genéticas son aparentes cuando son comparadas a igual edad o igual peso corporal (Cartwright *et al.*, 1988). Las líneas de pollo de engorda seleccionadas para carne tienen más peso de músculo de la pechuga y contenido de proteína en la canal, pero no se han seleccionado para el engrasamiento (Whitehead y Griffin, 1986; Cahaner *et al.*, 1986; Ricard y Touraille, 1988). Las aves seleccionadas genéticamente por mayores consumos de alimento presentaron mucha grasa abdominal y las aves seleccionadas por mejor conversión alimenticia resultaron más magras (Hood y Pym, 1982).

Leclercq *et al.* (1980) realizaron un experimento para seleccionar dos líneas de pollo de engorda con alto y bajo contenido de grasa abdominal, durante tres generaciones, concluyendo que las líneas seleccionadas para un bajo contenido de grasa tuvieron una mejor conversión alimenticia que las líneas seleccionadas para alto contenido de grasa abdominal. Algunos investigadores como Griffiths *et al.* (1978) han encontrado diferencias ($p < 0.05$) entre líneas genéticas en la depositación de grasa abdominal a las 8 semanas de edad. El incremento de los depósitos grasos ocurre ya sea por la multiplicación de los adipocitos (hiperplasia) o por la acumulación y movilización dentro de las células (hipertrofia) (Leclercq, 1984). La cantidad de triglicéridos del plasma de pollos de 5 semanas tanto de engorda como de postura no resultaron significativamente diferentes (Griffin *et al.*, 1991). Las estirpes comerciales de pollo de engorda contienen alrededor de 15% de su peso corporal como grasa, los patos 25 a 30% y los pavos 8 a 15% dependiendo de la edad y sexo. En la selección del pollo de engorda, las compañías de crianza comercial obtienen nuevas generaciones cada 6-7 meses (Griffin *et al.*, 1992a).

Actualmente las pérdidas debidas al exceso de deposición de grasa en pollos de engorda son estimadas en 250 a 300 millones de dólares anualmente según Plavnik y Hurwitz (1985). Estos autores encontraron que una restricción alimenticia de energía durante el periodo de 7 a 21 días podría resultar en una disminución del tamaño del cojín abdominal de grasa a las 8 semanas de edad. La restricción alimenticia temprana retarda la proliferación de adipocitos pero no afecta el desarrollo de su tamaño normal. Además induce cambios permanentes en el mecanismo responsable del desarrollo del tejido adiposo. En adición al consumo calórico, la respuesta a la restricción alimenticia es dependiente de diversas variables que incluyen la edad de restricción, duración y sexo. Para obtener crecimiento compensatorio y asociarlo a cambios en la deposición de lípidos, la restricción debe limitarse a 7 días en machos y 5 días en hembras. La razón de esta diferencia para sexos no es conocida. La restricción puede iniciarse en machos de 3 a 11 días de edad y en hembras sólo responderá si la restricción alimenticia se inicia antes del día 6 de edad. La restricción alimenticia altera significativamente la grasa abdominal y de la canal, llegando a ser el peso del cojín graso 30% menor al día 56 de edad y 17% menor para la grasa de la

canal al día 28 (McMurtry *et al.*, 1988b) Los programas de restricción alimenticia temprana reducen el contenido de grasa de la canal en pollo de engorda de 49 días de edad sin causar pérdida del peso corporal (Jones y Farell, 1992a).

La obtención de un crecimiento compensatorio completo, aparentemente requiere de un prolongado periodo de crecimiento, arriba de 56 días de edad, como lo indican los resultados de muchos estudios (Plavnik y Hurwitz, 1985, 1988a; Plavnik *et al.*, 1986; Jones y Farell, 1992b) Esto no es claro en el punto si tal prolongado periodo de crecimiento pudiese también resultar en una compensación en el número de células grasas. La gradual realimentación a libre acceso después de un periodo de restricción alimenticia temprana, no parece tener efecto sobre las células adiposas, en términos del promedio del tamaño celular ni en el número total de células (Zubair y Leeson, 1996).

El mejoramiento de la conversión alimenticia por las aves restringidas durante el periodo de realimentación, está de acuerdo con los resultados reportados por Pokniak *et al.* (1984); Plavnik y Hurwitz (1988a) y Yu *et al.* (1990) Lo cual ha sido atribuido a la más alta eficiencia metabólica, asociada con el mantenimiento de un cuerpo más pequeño.

El éxito en la reducción de la deposición de la grasa corporal, no se alcanzó por otros investigadores quienes también usaron estrategias de restricción alimenticia temprana (Beane *et al.*, 1979; Pokniak y Cornejo, 1982; Pokniak *et al.*, 1984; Summers *et al.*, 1990).

Un índice de adiposidad en pollos, es el tejido adiposo abdominal, el cual es un tejido discreto que crece más rápidamente que otros depósitos y puede tener aproximadamente el 30% de la masa del total de los depósitos, siendo de gran importancia económica en la industria avícola (Butterwith, 1989). Este sitio está altamente correlacionado a la acumulación de grasa de otros sitios (Cherry *et al.*, 1984). El tejido graso subcutáneo se desarrolla más temprano que la grasa abdominal (Evans, 1972). Del total de grasa abdominal, un tercio aproximadamente corresponde a la grasa de la molleja y dos tercios a la parte restante. Además del tejido adiposo abdominal, considerable cantidad de tejido adiposo se detectó en las piernas, cuello, pechuga, dorso, mesenterio y pericardio del pollo de engorda. La cantidad de grasa en la carne de piernas y pechuga, es por supuesto, crucial para la percepción en el consumidor (Akiba *et al.*, 1995).

El pollo ajusta su consumo de alimento, en respuesta a sus necesidades de energía. Al disminuir el contenido de energía de la dieta el pollo eleva su consumo, aumentándose el consumo de proteína (dietas isoproteínicas) y esto reduce la deposición de grasa corporal. Los consumos de calorías con relación al peso corporal no se afectaron. Al dar consumos programados de alimento, las dietas con menor energía mostraron menor peso corporal y crecimiento y un marcado efecto sobre el engrasamiento en pollos macho a los 49 días de edad; con consumos similares ante diferentes niveles de energía de la dieta, el engrasamiento del pollo es controlado por el consumo de energía (Jerez *et al.*, 1991; Leeson *et al.*, 1996). Los pollos de engorda regulan casi correctamente el consumo de energía y lo hacen con el nivel energético de la dieta. Así, según Scott *et al.* (1982) el consumo de alimento por pollo aumenta de 2.0 a 2.35 kg en la fase de iniciación, cuando la energía

metabolizable se reduce de 3000 a 2800 kcal/kg y de 1.62 a 1.69 kg en la fase de finalización, cuando la energía disminuye de 3200 a 2900 kcal/kg; es decir, una diferencia de 17.5 y 4.32% respectivamente. Sin embargo, cuando las dietas contienen niveles altos de energía el consumo total de kilocalorías, será mayor que el requerido y que éste exceso será acumulado en el organismo en forma de grasa.

La relación energía:proteína (E:P) de la dieta también puede afectar el consumo de alimento; Griffiths *et al* (1977a) observaron que el consumo de alimento aumenta con el incremento de la relación E:P, sugiriendo que los pollos aumentan el consumo para satisfacer sus necesidades de proteína. Lo mismo pasaría cuando determinado aminoácido se encuentra deficiente en la dieta o en exceso.

Las condiciones nutricionales no tienen efectos persistentes sobre la adiposidad de las aves (Leclercq, 1984). La respuesta del pollo de engorda a varias concentraciones de energía en la dieta es inconsistente (Karen-Zvi *et al*, 1990).

En la nutrición temprana, particularmente el contenido de la grasa de la dieta, modifica el engrasamiento de la canal en el pollo de engorda. Alimentando con dietas altas en grasa por 10 días postincubación, se reduce la deposición de grasa hasta la edad al mercado (63 días) sin efectos detrimentales sobre la ganancia de peso. Hargis y Creger (1980) reportaron que incrementando la concentración de grasa (energía) en dietas conteniendo ya sea 24 o 27% PC y alimentando pollitos en sus primeros 7 días de vida, resultaron en un incremento en la proporción de grasa abdominal al día 49 de edad, y sólo al aumentar la proteína en dietas isocalóricas observaron una disminución de 30% de grasa abdominal. Brenes *et al* (1983) observaron que alimentando con alta proteína durante la primera semana incrementó la grasa abdominal en un experimento pero en otro no se afectó. Ni la proteína, ni el contenido de energía en dietas para pollos alimentados durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad (Fancher y Jensen, 1986). Bartov *et al* (1987) reportaron que el crecimiento y deposición de grasa del pollo de engorda al peso al mercado, estuvo influenciado en menor grado, o no modificado, por cambios en la nutrición temprana. Ya que el consumo de alimento para la primera semana después del nacimiento, contribuye con menos del 3% del consumo total para 56 días, es posible manipular el estado nutricional durante la primera semana a bajo costo (Akiba *et al*, 1995). En algunas especies, el exceso de consumo de alimento al principio de la vida, favorece la maduración y aumenta la cantidad de adipocitos; sin embargo, en el caso del pollo, todavía no existen evidencias para confirmar este hecho (Penz y Vieira, 1998).

Ni la concentración de grasa ni la proporción E:P en dietas para pollos de engorda alimentados hasta el día 14, tuvieron un efecto de engrasamiento a las 7 semanas de edad. El factor que afecta consistentemente y significativamente el engrasamiento es la proporción E:P en dietas ofrecidas hacia el final del periodo de crecimiento (Bartov, 1987). Los pollos alimentados con mayor relación E:P tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción (Fisher, 1984; Leenstra, 1986). Años atrás, Griffiths *et al* (1977a) mencionan que el depósito de grasa abdominal, ocurre mucho más rápido durante el periodo de finalización, lo cual cambia al aumentar el porcentaje de PC durante

el crecimiento y finalización Griffiths *et al* (1977b) reportaron que no había influencia de la grasa de la dieta sobre la adiposidad. A energía más alta o proteína más baja en la dieta podrían producir pollos más grasosos (Summer *et al*, 1965; Twining *et al*, 1978). Summers y Leeson (1979) informaron que al disminuir la proteína se incrementa la grasa en la canal. Moran (1979) sugirió que los pollos tienen la habilidad para corregir las deficiencias tempranas de proteína, a través del fenómeno llamado crecimiento compensatorio. También esto lo observó Pesti y Fletcher (1984). Deaton *et al* (1981) sugirieron que el incremento del contenido de grasa en la dieta, estaba asociado al incremento de la adiposidad. Leclercq (1983) reportó relación lineal entre la relación E:P y la deposición de grasa, en líneas de alto y bajo tejido adiposo. Salmon *et al* (1983) y Pesti y Fletcher (1984) obtuvieron menor grasa abdominal en aves alimentadas con alta PC durante crecimiento y finalización. Se han propuesto diferentes relaciones, Rosebrough y Steele (1985) sugieren 10.3 Mcal/kg de proteína total.

Los pollos alimentados con dieta con mayor proporción E:P, requirieron menos alimento bajo temperatura templada para satisfacer sus necesidades de energía, la cual es requerida para la eliminación de un exceso de nitrógeno. Esto puede afectar adversamente la utilización alimenticia, particularmente bajo condiciones de temperatura ambiental fría. Las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos (Fisher, 1984; Leenstra, 1986; Bartov, 1987;). Cabel *et al* (1987, 1988) indicaron que la grasa abdominal puede reducirse por alimentación con niveles altos de PC, una o dos semanas antes de su procesamiento, usando harina de pluma como una fuente de nitrógeno inespecífica. Yoshida y Marimoto (1970) y Jackson *et al* (1982a) reportaron declive curvilíneo en la grasa de la canal con incrementos de PC de la dieta, que podría llegar a 28% menos grasa, aumentando también el consumo. Está bien establecido el efecto de la relación E:P sobre la deposición de grasa (Fraps, 1943; Bartov *et al*, 1974; Jackson *et al*, 1982a), siendo esto válido para pollo de engorda seleccionado genéticamente para alto o bajo tejido adiposo abdominal (Karen-Zvi *et al*, 1992). La mejor manera de modificar la composición de la canal, en su relación grasa corporal y tejido magro, es utilizando líneas de pollo seleccionadas genéticamente por tejido magro y mediante la manipulación nutricional de la proteína (aminoácidos) y de la energía de la dieta (Peñalva, 1999).

La utilización de la proteína disminuyó con cada incremento de la misma en la dieta; mientras que el aumento de energía, resultó en pequeños incrementos en la utilización de la proteína sobre el rango probado. Summers y Leeson (1978) encontraron, que la utilización de la proteína está inversamente relacionada al consumo de proteína. Aunque las diferencias fueron pequeñas, la utilización de la energía, se redujo significativamente ($p < 0.01$) con incrementos de proteína de la dieta, mientras que se mejora cuando se aumenta la energía de la dieta. Velu y Baker (1974) confirman la mayor utilización de energía, al aumentar su concentración en la dieta; y que, eleva la utilización de energía al aumentar la proteína de la dieta. Aunque la eficiencia de la utilización de la proteína, puede ser exactamente predicha por el nivel de proteína de la dieta y por la relación caloría:proteína, la eficiencia de la utilización de la energía es más dependiente del contenido de grasa abdominal, que el nivel de energía de la dieta o de la relación caloría:proteína.

Aunque el consumo de proteína se aumenta, con cada incremento de la proteína de la dieta, un nivel de 20% PC, fue suficiente para la máxima deposición de proteína en la canal. Al aumentar este porcentaje, la deposición se disminuye. Pero existen efectos adversos al bajar la PC sobre la grasa abdominal y de la canal. Se debe balancear sobre el nivel de PC, para que también sea económicamente redituable. Cuando se usa baja energía en la dieta, o cuando el máximo retorno de proteína de la dieta *versus* proteína del ave es deseable, bajar proteína en la dieta debe considerarse. Deberá ser más importante el contenido de proteína de la canal, como criterio de selección en los programas de alimentación del pollo de engorda, que la selección directa por grasa de la canal. El aumento de la ganancia de peso se obtiene con dietas de alta densidad, incrementando la grasa de la canal con dietas altas en energía, e incrementándose el agua (humedad) de la canal con dietas altas en proteína, con un pequeño incremento de deposición de proteína de la canal (Jackson *et al* , 1982a)

1.5.1. FUENTES ALIMENTICIAS DE LÍPIDOS

El perfil de ácidos grasos en el cojín graso abdominal del pollo de engorda, se alteró por la fuente y el nivel de grasa suplementada (Valencia *et al* , 1993). Los aceites vegetales, como el aceite de soya, son conocidos por su efecto negativo de lipogénesis (Leville *et al* , 1975; Tanaka *et al* , 1983; Donaldson, 1985). La alimentación con aceite de maíz o aceite de pollo, tiende a disminuir la grasa abdominal a los 56 días de edad comparadas con la grasa amarilla, sin observar diferencias estadísticamente significativas en el peso corporal ni en el consumo de alimento. En hembras, la disminución se relacionó al menor tamaño de los adipocitos. A los 21 días, el contenido de lípidos y triglicéridos en el hígado de pollos alimentados con aceite de maíz o pollo, fueron más bajos que los alimentados con grasa amarilla; y la actividad mezclada de función oxidativa en el hígado, se elevó más con aceite de maíz. La alimentación con una dieta alta en grasa, aumenta el contenido de triglicéridos en el hígado a los 21 días de edad, incrementando la grasa abdominal a los 56 días de edad. Al alimentar pollos con harina de pescado como una mejor fuente de proteína, Akiba *et al* (1994) indican que se incrementa la grasa abdominal al día 21, en comparación con alimento basado en harina de soya más harina de pescado. En pollos alimentados con una dieta baja en grasa por 21 días, la harina de pescado disminuye el contenido de lípidos y triglicéridos en el hígado, estando asociada esta reducción, con el inicio de la actividad oxidativa en el hígado.

La selección de ciertas fuentes de grasa de la dieta, ha sido el mayor impacto sobre la composición y el punto de fusión de los tejidos adiposos del pollo de engorda (Hrdinka *et al* , 1996). Los ácidos grasos son elementos de los triglicéridos, los cuales por sí mismos, son los principales componentes de las grasas neutras. Algunos ácidos grasos polinsaturados tales como el ácido linoleico y linolenico, son esenciales para los humanos y animales (Gurr, 1992), y por lo tanto deben incorporarse en la dieta. Las deficiencias en ácidos grasos esenciales, pueden causar desórdenes metabólicos (Whitehead, 1984). Estos ácidos grasos esenciales, son importantes cuando se discute el uso de varias fuentes de grasa para la nutrición animal. De otra manera, la incorporación de las grasas en la dieta,

puede afectar significativamente varias características de la calidad del producto. Alimentando con diferentes lípidos en la dieta, resultará en distintos patrones de ácidos grasos en la grasa abdominal de pollos de engorda (Pinchasov y Nir, 1992; Scaife *et al*, 1994)

El ácido oleico, es el de mayor proporción en la grasa contenida en la canal (Ajuyah *et al*, 1991) y en el tejido muscular (Olomu y Baracos, 1991), encontrándose en baja cantidad en el tejido adiposo abdominal (Valencia *et al*, 1993; Hrdinka *et al*, 1996). Los ácidos grasos saturados predominantes en la grasa de la canal son el ácido palmítico y ácido esteárico, el ácido graso monoinsaturado de mayor proporción es el ácido oleico y de los polinsaturados son el ácido linoleico y linolenico. Las diferentes grasas de la dieta, causaron diferencias típicas en el patrón de ácidos grasos de la grasa abdominal y subcutánea (Hrdinka *et al*, 1996). La absorción en el tracto digestivo disminuye con el incremento de ácidos grasos de cadena larga (Freeman, 1984).

Los triglicéridos de cadena media (TCM), están compuestos de radicales de ácidos grasos saturados de seis a doce átomos de carbono y sus efectos sobre el metabolismo de lípidos, ha recibido considerable atención en años recientes. La biodisponibilidad de TCM es más alta que la de triglicéridos de cadena larga y los valores de energía metabolizable es casi comparable; lo que sugiere que TCM, pueden utilizarse como una potencial fuente alimenticia de energía en pollos. Se ha observado que los TCM mejoran la conversión alimenticia (Akiba *et al*, 1993). Alimentando con TCM, redujo el contenido de grasa abdominal a 4 y 8 semanas de edad y el contenido de grasa subcutánea de la pechuga a 8 semanas; aunque se reduce la ganancia de peso, probablemente por su baja palatabilidad en pollos jóvenes. Además se ha observado que alimentando con TCM a los pollos de engorda, se reduce la concentración de lipoproteínas del plasma y la actividad de la lipoproteína lipasa en el tejido adiposo, aunque la actividad lipogénica en el tejido hepático fue más alta.

La grasa abdominal y la grasa subcutánea tuvieron un patrón similar de ácidos grasos. La composición de éstos depósitos, difiere significativamente de la grasa extraída de las porciones de pechuga y pierna. La composición del tejido adiposo, está acorde estrechamente a los lípidos utilizados en la dieta; mientras que, la grasa en las porciones de pierna y pechuga, puede ser influenciada, pero es diferente a las fuentes de grasa de la dieta (Hrdinka *et al*, 1996).

1.5.2. ORIGEN DEL TEJIDO ADIPOSO

Las células del tejido adiposo aviar han sido menos estudiadas que en los mamíferos. Esto es quizá debido a algunos problemas metodológicos críticos. Primero, no es fácil aislar el tejido adiposo bien definido, tal como lo es en el cojín epididimal de la rata y por esto las conclusiones sobre el número total de células son cuestionables. Segundo, la distribución del tamaño de las células es frecuentemente bimodal, con una población de adipocitos pequeños (diámetro menor a 10nm) y una población de adipocitos grandes. Sin embargo, es conocido que la hiperplasia es un fenómeno importante durante las primeras semanas del

periodo de crecimiento y puede observarse hasta las 15 semanas de edad; después de esto, la hipertrofia acontece para todos los cambios en el tejido adiposo. En cualquier edad en particular, hay una alta correlación entre el tamaño de los adipocitos y el contenido de lípidos de la canal. En roedores el sobreconsumo durante las primeras semanas de vida induce hiperplasia y como consecuencia obesidad. Allain y Simon (1982) demostraron que éste fenómeno no ocurre en los pollos. March *et al* (1982) observaron una distribución bimodal de los adipocitos a las 5 semanas de edad, y a las 3 semanas por Jones y Farrel (1992b), esto fue en pollos alimentados a libre acceso.

El tejido adiposo no es un tejido pasivo, es dinámicamente regulado (Cartwright, 1991). En todas las especies animales el tejido adiposo está compuesto de diferentes tipos de células. Primero, los adipocitos son células maduras derivadas de células perivasculares (pericitos). Los pericitos son progresivamente especializados en adipoblastos y al almacenar grasa son células llamadas preadipocitos. Entonces, de acuerdo a las condiciones nutricionales y al control endocrino, estos preadipocitos se agrandan para convertirse en adipocitos. El incremento en tamaño varía pero puede aumentarse mil veces. El tejido adiposo también contiene células endoteliales, tales como fibroblastos (Leclercq, 1984).

Las primeras células adiposas aparecen en los territorios “preestructurales” del lóbulo mesenquimatoso. Esta estructura primitiva no es específica del tejido adiposo. Es idéntica a la del desarrollo de los folículos pilosos y las glándulas sebáceas. Este lóbulo mesenquimatoso no es vascularizado. El comienzo de la adipogénesis ocurre simultáneamente con la penetración de un botón capilar dentro del lóbulo. Aunque la arquitectura general del tejido adiposo es primeramente delineado por elementos mesenquimatosos, ellos sólo contribuyen al soporte estructural para la adipogénesis sin participar directamente en ella. El capilar prolifera a lo largo del eje del lóbulo y ramifica a la periferia. Ya que la adipogénesis es iniciada por la proliferación de estos vasos, se podría ver dentro de la misma unidad estructural todos los estados de diferenciación de las células adiposas. Muestras tomadas de diferentes sitios han mostrado que el tejido adiposo es del mismo origen, y la adipogénesis es idéntica donde sea.

1.5.3. LA CÉLULA PRIMITIVA

La célula es de tipo reticular. El núcleo es elongado y el protoplasma basófilo, escaso y sin extensiones. Rápidamente el núcleo cambia a redondo y el protoplasma se llena con gotas lipídicas sudanofílicas. Estos lípidos tienen la particularidad de ser insolubles en acetona o cloroformo. Se le ha denominado a éstas células “células adipogénicas reticulares”. Debe hacerse notar que desde el momento que aparecen los lípidos las células pierden la capacidad de dividirse. Las primeras gotas lipídicas aparecen más frecuentemente en el centro de la célula, no cerca de la membrana citoplasmática.

1.5.4. EL ADIPOBLASTO

El adipoblasto es caracterizado por un gran número de inclusiones lipídicas, todas más o menos del mismo tamaño. Su diámetro varía entre 1 y 2 μ . Contrariamente a los lípidos de

la célula adipogénica reticular, las inclusiones de los adipoblastos son solubles en acetona. En este estado las gotas lipídicas comienzan a fusionarse.

1.5.5. EL PREADIPOCITO

Como los adipoblastos acumulan más y más lípidos, las gotas se fusionan y rodean al núcleo el cual permanece central, dando a la célula un aspecto de mórula. Esta es considerada la típica imagen de la grasa café. La célula moruloide es un estado obligatorio en la adipogénesis y debido a esto se ha propuesto llamarle preadipocito. Los organelos citoplasmáticos son los mismos en la célula adipogénica reticular y el adipoblasto y su apariencia es idéntica. Las gotas lipídicas grandes son rodeadas por una fina membrana, que las pequeñas no poseen.

Existe controversia entre cuál es la ubicación de la grasa café y blanca en el pollo, no siendo necesario distinguir entre éstas por las siguientes razones:

- 1) En todos los sitios de formación de tejido graso, las células primitivas son del mismo origen.
- 2) El desarrollo también es idéntico: célula reticular adipogénica, adipoblasto, preadipocito, adipocito.
- 3) En toda el ave, la arquitectura del tejido adiposo es la misma. El lóbulo mesenquimatoso constituye la unidad estructural.
- 4) Ciertos autores, indican que han demostrado pigmento en las células de grasa café, y sugieren que esta es la razón del color del tejido. Sin embargo, con el microscopio electrónico, no se observan gránulos de pigmento. El color café del tejido adiposo, puede deberse a que los sinusoides periadipocíticos, son permeables a la sangre roja durante el desarrollo celular.

Todo esto permite establecer, que el tejido adiposo café, es una forma de transición en la génesis del tejido adiposo. Debido a esto, los autores sugieren abandonar el término de tejido adiposo café y remplazarlo por "tejido adiposo en formación" (Ailhaud *et al*, 1992).

1.5.6. EL ADIPOCITO

La gota lipídica central es el resultado de la confluencia de las múltiples gotas del preadipocito. El núcleo celular es ahora situado en la periferia y cambia a forma oval. Se observa, especialmente en la vecindad del núcleo pero también por todo el citoplasma, inclusiones lipídicas. Estas gotas son idénticas a las de la célula adipogénica reticular. Todas las células adiposas no están en el mismo estado de desarrollo (Simon, 1982). Los adipocitos tienen un potencial para desarrollarse en un volumen grande de células en el cuerpo. El volumen y número de adipocitos maduros está en proporción a la masa de tejido adiposo. La energía contenida dentro de este sistema de almacenamiento, es dependiente del control del número y volumen de adipocitos. El mecanismo de control de este sistema no está totalmente entendido (Cartwright, 1991).

1.5.7. HIPERPLASIA

La hiperplasia constituye un incremento en el número de células en un órgano o tejido, el cual puede entonces tener incremento de volumen. Está estrechamente relacionada a la hipertrofia. La hipertrofia no involucra división celular, y la hiperplasia toma lugar si la población celular es capaz de sintetizar DNA, así permite la división mitótica (Robbins *et al*, 1994)

El número de adipocitos incrementa extensivamente hasta las 6 semanas (machos) y 8 semanas (hembras) de edad, seguido desde ahí por un pequeño incremento. Incrementos no significativos en el volumen del adipocito se observaron durante las primeras 4 semanas de edad, siguiendo desde ahí un drástico incremento. Estos patrones de crecimiento encontrados en el pollo de engorda tipo pesado, parecen completamente diferentes de los reportados por Hood (1982), quien reportó que el número de adipocitos incrementó hasta las 14 semanas de edad en pollos de engorda tipo ligero.

El número de células adiposas es determinado por la heredabilidad, no por la proporción de crecimiento, la cual sólo la influencia acelerándola o retardándola (Pfaff y Austic, 1976). El número total de adipocitos fue proporcional a (masa corporal)⁶⁸ (Pond y Mattacks, 1985). March y Hansen (1977) encontraron que el pollo de engorda obtuvo 11.4 µg de DNA por gramo de peso corporal. La medición del DNA del tejido adiposo intacto es una estimación inexacta de la celularidad adiposa, ya que vasos sanguíneos, tejido fibroso, mastocitos, macrófagos, etc., contribuyen con cantidades desconocidas de DNA al total. Ha sido estimado que el DNA derivado de éstas y otras células puede exceder el contenido de DNA de los adipocitos (Hirsch y Gallian, 1968). El contenido de DNA del cojín abdominal graso fue determinado químicamente por Burton (1956), Giles y Myers (1965) y Munro y Fleck (1966). El contenido de DNA (mg) del cojín graso abdominal a los 28 días en la estirpe Athens Canadian fue de 1.77 ± 0.24 diferente ($p < 0.05$) a Cobb 8.46 ± 1.19 siendo a la vez diferentes ($p < 0.05$) de los resultados a los 54 días, donde la estirpe Athens-Canadian obtuvo 4.00 ± 0.57 y distinta ($p < 0.05$) a Cobb 13.87 ± 1.89 .

Usando el aparato Coulter Counter, Cherry *et al* (1984) encontraron que el número de células adiposas por gramo de tejido adiposo, a través de la edad se mantiene constante hasta el día 42 y después decrece. Diferencias en la dieta se asociaron claramente con hipertrofia y no con hiperplasia. Hood (1982, 1984) reportó que, en pollos de engorda comercial, el número de adipocitos se incrementó en el cojín graso abdominal hasta las 14 semanas de edad, en el cual el número de células permaneció constante 270×10^6 células por cojín graso. El tamaño medio de los adipocitos en las primeras 14 semanas incrementó lentamente y el volumen de los adipocitos desde esa edad aumentó rápidamente. La influencia de la nutrición durante la vida temprana sobre el número de adipocitos es difícil de estudiar, por el límite de la técnica de medición del número de células menores a 10 µm.

Cualquier técnica de conteo, tiene los usuales errores inherentes al conteo, los cuales pueden ser estadísticamente determinados, pero con la técnica de conteo con "Coulter" hay

una adicional fuente de error, el cual puede dar falsos resultados bajos. Esto es un error de coincidencia, el cual ocurre cuando dos o más partículas entran en la apertura simultáneamente y son contadas como si ellas fueran una gran partícula simple. La posibilidad de que esto ocurra, se incrementa con la concentración incrementada de partículas y también con el incremento en el tamaño de la apertura. Esto no es, sin embargo, relacionado a la partícula o al tamaño de la célula. Una determinación del error del conteo debe hacerse para cada tamaño de apertura utilizado (Hirsch y Gallian, 1968).

El proceso de selección para carne y grasa de los pollos, ha sucedido aislando aves con reducidos o excesivos depósitos de grasa, que son previamente caracterizados principalmente por una diferencia en el tamaño de los depósitos (Simon y Leclercq, 1982). El desempeño de la octava y novena generación de la carne y grasa de los pollos, demostró que la diferencia en el desarrollo del tejido adiposo entre los dos genotipos, puede ser ahora relacionado a los cambios tanto de tamaño como del número de adipocitos. Estos puntos de observación, sostienen que la presión de selección sustentada para la grasa del pollo, ha permitido una nueva característica del tejido adiposo sobre su crecimiento: la hiperplasia de los adipocitos, la cual representa la principal característica de adiposidad, que es detectable tan pronto como a las 2 semanas de edad. La hiperplasia de los adipocitos en la grasa del pollo, podría explicarse por un incremento en la capacidad de los precursores de los adipocitos a diferenciarse y/o por una alta proporción de proliferación de estos precursores (Hermier *et al.*, 1989).

La hiperalimentación temprana, puede incrementar el número de células grasas pero su efecto es transitorio (Cartwright, 1986b). Ni la lipectomía ni la sobrealimentación alteran la hiperplasia de adipocitos, ni afectan permanentemente la hipertrofia de los adipocitos del cojín graso abdominal (Cartwright, 1987). La eficacia de los métodos que reducen el número de células grasas, es dependiente de la habilidad del tejido adiposo para reemplazar un número reducido de células, o por la hipertrofia de las células existentes. El volumen de tejido adiposo abdominal no es reemplazable después de una lipectomía parcial, ya sea por hipertrofia o hiperplasia en los pollos. Algunos reportes de otros laboratorios concluyen, que hay (Maurice *et al.*, 1983; Maurice y Winstead, 1984) y no hay (Maurice, 1982; Maurice y Whisenhunt, 1982) reemplazo compensatorio de grasa corporal seguida a una lipectomía parcial en pollos.

Mencionan March y Hansen (1977) que la multiplicación de los adipocitos, no puede considerarse que se estimula por la cantidad de lípidos disponibles para almacenar y que esta, ocurre aún a la sexta semana de edad en pollos. La restricción en la dieta, afecta a las células adiposas en el crecimiento del pollo de engorda, pero este efecto puede ser temporal (Cartwright *et al.*, 1986c). La hiperplasia de los adipocitos, no es la causa de la excesiva deposición de grasa en el pollo de engorda comercial (Cartwright, 1991). El número de adipocitos, está más altamente correlacionado al desarrollo de la masa corporal y el volumen de los adipocitos, es más altamente correlacionado a la composición corporal. Los investigadores deben ser cautelosos cuando extrapolan hallazgos de otras especies a los pollos. La investigación de la adiposidad en el crecimiento de los pollos, difiere de las investigaciones en otros animales, ya que los pollos son destinados a rastro antes de la

madurez. Por lo tanto, mucha de la información disponible sobre el desarrollo del tejido adiposo, es sólo relevante durante las primeras siete semanas de vida. El desarrollo del número de adipocitos abdominales en los pollos, está influenciado por el aumento del tamaño corporal. Ni el genotipo, sexo, edad, ni la composición corporal, son importantes en el número de adipocitos como lo es la masa corporal.

La idea original de usar una estrategia de restricción alimenticia temprana, se basó en que el grado de engrasamiento a una edad temprana, podría afectar la adiposidad a la madurez. Muchos de estos estudios, intentaron dilucidar si la nutrición en vida temprana, pudiese tener subsecuentes efectos sobre el desarrollo de las células grasas, basados en la hipótesis que la subnutrición temprana, podría causar supresión o retardo de la hiperplasia de los adipocitos (March y Hansen, 1977; Jones y Farell, 1992 a,b). El exceso de energía en la dieta, se dió como una pérdida de calor hasta que la hiperplasia del adipocito recomenzó, permitiendo al ave almacenar este exceso de energía como grasa (Jones y Farell, 1992b). El efecto de menor cantidad de grasa en la canal en el pollo de engorda "restringido-realimentado", es atribuido a la supresión o retardo en la proliferación de adipocitos, como un resultado de la restricción alimenticia (Ballan y March, 1979; Cartwright, 1991; Jones y Farell, 1992b). En pollos restringidos, la multiplicación de adipocitos avanza aunque las células sean pequeñas. En pollos restringidos y realimentados, la hiperplasia no ocurre tan rápida como la hipertrofia (March y Hansen, 1977).

Extremas restricciones alimenticias, reducen el volumen del adipocito y restricciones medias, afectan el número de adipocitos. El volumen del adipocito fue linealmente relacionado al tamaño del cojín graso abdominal. Es posible que bajo restricciones extremas, la hipertrofia e hiperplasia son afectadas, y en restricciones menos extremas sólo el número de células es afectado (Jones y Farell, 1989). La interacción entre el periodo de restricción alimenticia y su severidad, podría ser de crítica importancia, para su éxito sobre el permitir la compensación del peso corporal y disminuir la grasa corporal. Durante el periodo de restricción, el ave metaboliza energía almacenada, con la resultante pérdida de peso corporal por la disminución en el tamaño promedio de los adipocitos. Con una fase de realimentación, se activa primero la hiperplasia de los adipocitos, esto marca el inicio de la fase de compensación de la grasa corporal (Jones y Farrel, 1992b).

La alimentación con dietas bajas en energía o altas en proteína, limitaron la acumulación de tejido adiposo y aparentemente retardaron el tiempo en el cual el crecimiento por hiperplasia cesó, no alterando la celularidad del cojín graso abdominal a la madurez (Pfaff y Austic, 1976).

Una posibilidad para el control de la proliferación de adipocitos involucra la fisiología del fotoperíodo. La composición corporal de pollos y pavos son afectados por el fotoperíodo (Malone *et al*, 1980; Robbins *et al*, 1984). La base fisiológica para afectar cambios en el número de adipocitos por iluminación no es conocida (Cartwright, 1991). Aunque el peso del cojín graso abdominal, se redujo significativamente en pollos con restricción alimenticia en densidad energética, esto no fue significativo sobre el porcentaje del peso corporal tomado como base. El número de adipocitos no fue significativamente diferente,

pero sí el volumen de éstos comparado con el testigo. Se incrementó el número de adipocitos más no el tamaño, en pollos con incrementos de luz (4h), del día 14 al 35 de edad, iniciando con 6 horas luz y 18 horas de oscuridad, comparados con pollos con 23 horas luz y 1 hora de oscuridad hasta los 49 días; también se incrementó el 10% del peso del cojín graso abdominal (Newcombe *et al* , 1992)

1.5.8. HIPERTROFIA

La hipertrofia se refiere a un incremento en el tamaño de las células y, con tal cambio, un incremento las dimensiones del órgano. Así, el órgano hipertrofiado no tiene nuevas células, las existentes son más grandes. El tamaño incrementado de las células no es debido a un incremento por la entrada de fluido, llamado tumefacción celular o edema, sino a la síntesis de más componentes estructurales.

Aún cuando la hipertrofia e hiperplasia son procesos distintos, frecuentemente ambos ocurren juntos, y ellos pueden ser bien desencadenados por el mismo mecanismo (Robbins *et al* , 1994)

La selección genética afecta dramáticamente el crecimiento celular adiposo (Hood y Pym, 1982); sugiriendo los autores, que las diferencias en el cojín abdominal son más reflexivas al volumen medio del adipocito que al número total de adipocitos.

Hood y Allen (1977) encontraron que la adiposidad (peso del cojín graso abdominal), presentó correlación positiva con el volumen de la célula adiposa y no con el número celular. La relevancia del número de células adiposas en la determinación de la adiposidad es aún no entendida. El crecimiento celular del cojín graso abdominal, está caracterizado por hiperplasia e hipertrofia de células adiposas hasta las 14 semanas de edad, después del cual la hipertrofia de las células adiposas existentes, fue solamente responsable del incremento en la masa de éstos depósitos grasos. El porcentaje de la grasa corporal fue lineal y positivamente correlacionada con el peso del cojín graso abdominal. Los machos tuvieron un depósito más grande de grasa abdominal en comparación con las hembras (Hood, 1982; Hood y Pym, 1982). Aunque la hiperplasia de los adipocitos continúa hasta las 12 o 14 semanas de edad, la hipertrofia incrementa de forma importante con la edad y con el grado de engrasamiento (Leclercq, 1984).

La hipertrofia y no la hiperplasia de los adipocitos, se relacionó con el desarrollo y el mantenimiento del excesivo depósito de grasa abdominal en la estirpe Cobb al día 28 y 54 de edad. La adiposidad es un producto de las diferencias innatas en el sistema de regulación del tamaño del adipocito (Cartwright *et al* , 1988).

El desarrollo del tejido adiposo en pollos de engorda previo a la madurez sexual, ocurre como consecuencia de la hiperplasia e hipertrofia de los adipocitos. Antes de los 28 días de edad, incrementa la deposición de grasa principalmente asociada con las diferencias en el número de adipocitos, mientras que posterior a esta edad, la influencia primaria es debida a la hipertrofia de los adipocitos. La alimentación con dietas conteniendo una baja proporción

calorías/proteína, reduce la deposición de grasa al disminuir la hipertrofia de los adipocitos. Las diferencias en adiposidad entre estirpes de pollo de engorda, se deben primariamente a diferencias en el número de adipocitos hasta los 28 días de edad (Cherry *et al* , 1984)

El incremento en el tamaño de las células adiposas fue significativamente suprimido por la restricción alimenticia, pero este efecto fue muy transitorio (Zubair y Leeson, 1996). Similares resultados fueron reportados por March *et al* (1982), quienes observaron un efecto transitorio de la restricción alimenticia en el menor diámetro de los adipocitos

Años antes, March y Hansen (1977) observaron que la cantidad de DNA fue más grande en un tratamiento testigo alimentado a libre acceso con respecto al tratamiento restringido hasta las 4 semanas de edad; después de esto, a las 6 semanas no se encontraron diferencias grandes y la relación lípidos/DNA fue mayor en el tratamiento testigo con respecto al tratamiento restringido, denotando con la relación lípidos/DNA el tamaño de los adipocitos (hipertrofia)

La restricción temprana de alimento del día 6 al 12 de edad, resultó en más bajo porcentaje de grasa corporal al día 12 ($p < 0.05$), aunque al día 42 de edad la deposición más grande de grasa se debió a la hipertrofia de los adipocitos, resultando sin diferencia estadísticamente significativa con el tratamiento testigo. Los pollos de engorda sujetos a una restricción alimenticia seguida por una gradual realimentación, también mostraron más hipertrofia de adipocitos en respuesta; sin embargo, esta adaptación fue retardada y muy transitoria (March *et al* , 1982; Zubair y Leeson, 1993; 1996). Gordon y March (1979) contrario a esto, observaron que la restricción alimenticia suprime el crecimiento del adipocito y que el efecto sobre el tamaño celular es aún aparente cuando las aves tuvieron 42 días de edad. Tales diferencias sobre los efectos de la restricción de nutrientes temprana sobre el tamaño de la célula grasa, puede relacionarse al nivel y duración de la subnutrición (Zubair y Leeson, 1996). La gradual realimentación a libre acceso, no alteró la hipertrofia de los adipocitos ni se produjo una respuesta de crecimiento compensatorio durante la realimentación. La investigación en los métodos de menor engrasamiento de la canal continúan recibiendo atención debido a la necesidad de producir carne magra (Zubair y Leeson, 1996)

Aunque el crecimiento por hipertrofia ocurrió a través del desarrollo del cojín grasa abdominal, fue más pronunciado después de la semana 7, siendo esta deprimida por dietas de baja energía o alta proteína. Diferencias entre estirpes dentro de la adiposidad fueron atribuidas a diferencias en el número de adipocitos, mientras que diferencias en dietas (altas y bajas en proteína) estuvieron asociadas con el tamaño de la célula adiposa (Cherry *et al* , 1984)

Hay también una relación entre la hipertrofia estacional y atrofia del tejido adiposo en aves migrantes (George y Berger, 1966)

El desarrollo del tejido celular ha sido estudiado en el hombre (Hirsch y Knittle 1970), cerdo (Anderson y Kouffman, 1973), ganado (Hood y Allen, 1973), rata (Hirsch y Han,

1969) y ratón (Greenwood *et al*, 1970) En todas las especies, el tejido adiposo se desarrolló por crecimiento hiperplásico hasta uno o más periodos específicos, hasta que el desarrollo de los animales es alcanzado, después del cual, futuros incrementos en la adiposidad resultaron primariamente de la hipertrofia celular Algunos de estos estudios indican que el crecimiento hiperplásico del tejido adiposo, puede alterarse irreversiblemente, por un tratamiento de la dieta desde el destete hasta la madurez sexual (Pfaff y Austic, 1976).

1.5.9. CONTROL HORMONAL DE LA LIPÓLISIS

La función del tejido adiposo está adaptada a su capacidad de agrandarse y reducirse La acumulación de tejido adiposo resulta de la acumulación de triglicéridos en los adipocitos El control de la acumulación de lípidos dentro de las células depende sobre el balance entre síntesis (lipogénesis) y degradación (lipólisis) de triglicéridos dentro del cuerpo En las aves el hígado es el mejor sitio de lipogénesis aunque el tejido adiposo y la piel hacen poca contribución La lipólisis en el tejido graso es hormona-sensitiva principalmente al glucagón La movilización del triacilglicerol almacenado en las células grasas es catalizado por la sensibilidad a la hormona lipasa, con hidrólisis del triacilglicerol a ácidos grasos libres y glicerol

La adrenalina, la noradrenalina y los adenocorticoides estimulan la lipólisis en las aves sólo en muy altas concentraciones (Carlson *et al*, 1964; Langslow, 1972) Por el contrario, el glucagón manifiesta una acción muy potente sobre la lipólisis en pollos y patos (Kitabgi *et al*, 1976), debido a que degrada el AMP cíclico del adipocito, ya que los adipocitos de los pollos tienen una capacidad grande para la acumulación del AMP cíclico En el año 1978 Krug encontró que el glucagón intestinal no estimula la lipólisis en los pollos Esto cambia con los hallazgos de Leclercq en 1984, quien afirma que el glucagón es la hormona primaria que estimula la movilización de lípidos desde el tejido adiposo de pollos La insulina no tiene la habilidad para reducir la lipólisis en las aves (Langslow y Hales, 1971) Dos pequeños péptidos con actividad lipolítica han sido encontrados en el intestino de los pollos, lo que confirma el rol del intestino en la regulación de la lipólisis en las aves (Krug *et al*, 1976) Una tercera hormona pancreática se conoce que está involucrada en la lipólisis llamada, polipéptido pancreático aviar (Kimmel *et al*, 1968) Otra hormona que participa en el incremento de la lipólisis en pollos es la del crecimiento (Harvey *et al*, 1977) El control de la lipólisis en el tejido adiposo es muy complejo (Leclercq, 1984)

El glucagón es una potente hormona lipolítica en las aves Los factores que alteran la respuesta de los adipocitos al glucagón podrían modificar el balance entre la síntesis de triglicéridos y la lipólisis y así la proporción de deposición de grasa en el pollo de engorda En adición a la alteración en plasma de la proporción molar de insulina y glucagón y el incremento obligado de hormona de crecimiento en el hígado, la habilidad de la hormona triyodotironina (T3) y la hormona de crecimiento para actuar sinérgicamente para reducir la deposición de grasa en pollos de engorda, podría envolver la respuesta alterada de los adipocitos al efecto lipolítico del glucagón La hormona del crecimiento tiene efectos lipolíticos y antilipolíticos sobre el tejido adiposo aviar (Harden y Oscar, 1993)

Los adipocitos de los pollos pueden acumular más ácidos grasos no esterificados intracelularmente, porque ellos contienen más proteínas capaces de fijar los ácidos grasos. La actividad lipolítica incrementa durante la vida embrionaria y permanece constante después de la incubación. Esto podría explicarse por uno o dos de los siguientes mecanismos: un incremento en la capacidad de síntesis del AMP cíclico o una reducción de la actividad de la fosfodiesterasa (la enzima que cataboliza el exceso de AMP cíclico).

Ambos el número de adipocitos y el volumen medio de los adipocitos, están correlacionados con la concentración de hormona del crecimiento en pollos. Adicionalmente, los datos son consistentes con la acción lipolítica propuesta de la hormona de crecimiento. La hormona de crecimiento administrada en una periodicidad correcta o con otras hormonas, puede alterar la composición corporal.

La T3 y la hormona del crecimiento no actúan sinérgicamente para incrementar la lipólisis de los adipocitos del pollo de engorda (Harden y Oscar, 1993); tiempo atrás Cogburn (1991) reportó que T3 y la hormona de crecimiento actúan sinérgicamente para reducir el contenido de grasa corporal del pollo de engorda. La correlación negativa entre las concentraciones de la hormona de crecimiento y triyodotironina con el contenido de grasa abdominal entre líneas genéticas y sexo fue encontrada por Steward y Washburn (1983) y Leenstra *et al* (1991). La inyección diaria en el pollo de engorda de la hormona del crecimiento incrementa la deposición de grasa (Cogburn *et al*, 1989). Sin embargo, cuando la hormona del crecimiento es administrada combinada con suplementación en la dieta de triyodotironina, menos acumulación de grasa era observada que cuando T3 se dió sola (Cogburn, 1991). La triyodotironina mejora la lipólisis, incrementando la respuesta del glucagón y atenuando la inhibición de lipólisis por la somatostatina (Suniga y Oscar, 1994). La lipólisis de los adipocitos del pollo es inhibida por polipéptidos del páncreas y la somatostatina. El status de la tiroides, es un determinante importante de lipólisis de los adipocitos del pollo. El efecto de la edad sobre las hormonas tiroideas, fue de un incremento de tiroxina (T4) y disminución de T3 con la edad (Kühn *et al*, 1982; Leenstra *et al*, 1991). En general puede esperarse, que una alta relación T3/T4 (o altas concentraciones de T3 en la sangre) es benéfico para la deposición de proteína (Decuyper y Buyse, 1988).

Los beta agonistas han mostrado incrementar la deposición de proteína, sin cambiar la composición del músculo. El uso del cimaterol en el alimento (25 ppm) durante 4 a 16 semanas de edad, produjo una reducción en el tamaño celular y no en el número celular del tejido adiposo. El cimaterol es un agonista beta adrenérgico con propiedades químicas y farmacológicas similares a la adrenalina y noradrenalina. Su efecto sobre el tejido adiposo aviar es disminución del tamaño celular y estimulación de la lipólisis en los adipocitos (Merkley y Cartwright, 1989).

1.5.10. CONTROL HORMONAL DE LA LIPOGÉNESIS

En los pollos, a diferencia de la mayoría de los mamíferos, el hígado es el mayor sitio de síntesis de lípidos. La lipogénesis hepática en aves es dependiente de la composición y

régimen de la dieta. Aunque en condiciones alimenticias *ad libitum*, los niveles de grasa y proteína de la dieta influyen la síntesis de lípidos, la cantidad de carbohidratos consumidos por los pollos es un factor más importante en la regulación de lipogénesis (Hood y Pym, 1982). La lipogénesis hepática en pollos es inhibida por la alimentación con grasas ricas en ácidos grasos insaturados (Leveille *et al*, 1975; Donaldson, 1985). Incrementando el contenido de grasa insaturada en dietas formuladas isocalóricamente, disminuye el contenido de grasa abdominal en pollos de engorda (Alao y Balnave, 1984). La adiposidad del pollo de engorda ha sido reportado que se modifica por las fuentes de grasa (Griffiths *et al*, 1977b; Alao y Balnave, 1984).

La síntesis de ácidos grasos a partir de glucosa y acetato ocurre en bajos niveles en el tejido adiposo de las aves. Aunque la médula ósea ha sido sugerida como el sitio de lipogénesis, el hígado es reconocido como el principal órgano responsable de la síntesis de ácidos grasos en las aves. Así, los principales pasos en el control del crecimiento del tejido adiposo son: 1) lipogénesis hepática, 2) transporte de lípidos en la forma de lipoproteínas, y 3) la remoción de triglicéridos del plasma por los adipocitos (Leclercq, 1984).

Está bien establecido que la síntesis nueva de triglicéridos acontece primeramente por una ruta de 2 pasos, llamada síntesis de ácidos grasos (lipogénesis) y síntesis de triglicéridos a partir de ácidos grasos (esterificación de ácidos grasos) (Hasegawa *et al*, 1994b). La acetil-Co A carboxilasa es bien conocida como la enzima proporción-limitante para lipogénesis. El control hormonal de la lipólisis involucra distintas hormonas y parece ser muy complejo. El incremento de grasa en el tejido adiposo es principalmente debido a la lipogénesis hepática (Leclercq, 1984).

En el control de la lipogénesis hepática en mamíferos, la primera hormona asociada es la insulina, el rol de esta hormona en las aves es poco conocida. El efecto de la insulina sobre la síntesis de triglicéridos ha sido demostrado *in vivo*. Probablemente el balance entre la insulina y el glucagón es la mejor explicación del control de la lipogénesis en el hígado. Es conocido el efecto antilipogénico del glucagón en aves y mamíferos. La insulina y el glucagón no son las únicas hormonas que regulan la lipogénesis. Los glucocorticoides son conocidos como promotores de lipogénesis en aves y mamíferos (Leclercq, 1984).

La hormona de crecimiento inhibe la lipogénesis y estimula la lipólisis (Nir *et al*, 1987). En general, la hormona de crecimiento incrementa la deposición de proteína y reduce la lipogénesis (Scanes *et al*, 1984). Dentro de cada edad, las concentraciones de la hormona de crecimiento fueron inversamente relacionadas al peso corporal de la población (Burke y Marks, 1982; Scanes *et al*, 1983; Nir *et al*, 1987). En general, los pollos de 2 y 4 semanas mostraron más alta concentración de hormona de crecimiento que los pollos de 6 semanas, resultando también la concentración más alta en los pollos seleccionados genéticamente por mejor conversión alimenticia, que los seleccionados por mayor peso. En todas las edades los machos resultaron con mayor concentración de esta hormona con relación a las hembras (Jonson, 1988; Leenstra *et al*, 1991). En pollos de 6 semanas, las diferencias para la ganancia de peso entre líneas seleccionadas por conversión alimenticia con relación a las seleccionadas por ganancia de peso fueron muy pequeñas, pero las diferencias entre estas,

estuvieron basadas en el incremento de eficiencia por menor deposición de grasa en la seleccionada por conversión alimenticia. Esto debe indicar que el factor de crecimiento ligado a insulina, está más relacionado a la deposición de proteína que a la ganancia total de peso (Leenstra *et al*, 1991)

Las hormonas sexuales pueden también influir en la lipogénesis en las aves. Es conocido que en pollos, los estrógenos inducen un incremento en la grasa corporal. Este efecto de los estrógenos parcialmente explica el contenido más alto de grasa de las hembras. La madurez sexual propicia un nuevo control de lipogénesis, que interfiere con lo que opera en las aves sexualmente inmaduras. Esto parece ser lo mismo aplicable a la testosterona, porque las diferencias entre gallos de líneas magras o grasas, son menos pronunciadas cuando las aves son sexualmente maduras (Leclercq, 1984)

El NADPH producido por NADP-malato deshidrogenasa (enzima mállica) (E C 1 1 1 40), ha sido reportado como la mejor fuente de NADPH, el cual es requerido para la síntesis de ácidos grasos en el hígado del pollo. Está bien establecido que la generación de NADPH por la ruta de la pentosa deshidrogenasa, es muy baja en el hígado del pollo (Annison, 1971). Fosfatidil fosfohidrolasa, es bien conocido ser la enzima proporción-limitante para la esterificación de ácidos grasos a triglicéridos (Hasegawa *et al*, 1994b). Los resultados sugieren, por lo tanto, que la reducción de síntesis de triglicéridos a partir de ácidos grasos en el tejido adiposo de pollos ayunados, puede explicarse sobre la base de la reducción de la actividad de la Fosfatidil fosfohidrolasa.

Ciertos aminoácidos como metionina, lisina, glicina, triptófano y una mezcla de aminoácidos, tienen potencial para reducir la deposición de grasa corporal. La metionina es uno de los más estudiados para controlar la composición de la canal en pollos. Austic (1985) sugirió que los pollos provistos con una dieta deficiente en metionina, tiende a consumir más alimento y a tener más alta proporción de lipogénesis, que los que recibieron una dieta con adecuada metionina. Esto sugiere, que el consumo de energía influye en la lipogénesis y en la deposición de grasa, del mismo modo que el nivel de metionina de la dieta. Así, los efectos de los aminoácidos sobre la deposición de grasa no han sido claramente demostrados (Takahashi *et al*, 1994), ya que hay complicadas interacciones entre el contenido de proteína y/o energía y su consumo y balance de aminoácidos. Hay una gran discrepancia en el desempeño de pollos de engorda alimentados con una dieta baja en proteína suplementada con aminoácidos indispensables cristalinos. El grado de disminución de la grasa abdominal con la suplementación de metionina en una dieta con 20% de PC, no fue equivalente a una dieta con el 23% de PC. Esto indica que otros aminoácidos además de la metionina, o el nivel de PC, cuentan para la reducción del peso de grasa abdominal. La glicina tiene el potencial de reducir la grasa abdominal de la misma manera o más que la metionina (Summers y Leeson, 1985; Takahashi *et al*, 1994). La adición de ambos aminoácidos (metionina y glicina), podría ser más efectiva en causar una disminución en el peso de grasa abdominal, más que cada uno por separado.

Los aminoácidos azufrados han mostrado reducir la deposición de grasa en el pollo de engorda (Mendoca y Jensen, 1989; Moran, 1994; Takahashi *et al*, 1994) Bunchasak *et al*

(1996) encontraron más grasa corporal con una dieta con 17% PC que con 23% PC. Los triglicéridos en suero más bajos con 23% PC que con 17% PC, aún al incrementar el nivel de met+cist. El colesterol libre en el suero y en la pechuga no se afectó. Algunos autores reportaron que hay una correlación positiva entre el nivel del colesterol en el hígado y el nivel de proteína de la dieta (Yeh y Leveille, 1969, 1972). Es conocido que una diferencia de proteína resulta en un incremento del nivel de colesterol en el plasma en pollos (Leveille y Sauberlich, 1961). Pero parece ser sólo verdad, en casos donde la diferencia de proteína es demasiado severa para deprimir la proporción de crecimiento marcadamente (Bartov *et al*, 1974). El contenido de grasa abdominal en pollos parece afectarse más por el consumo de met+cist o proteína, que por el consumo de alimento o energía. El apropiado nivel de met+cist requiere más estudio. Es necesario investigar el efecto de metionina o cistina, sobre la transportación de lípidos desde el hígado vía circulación extrahepática a los tejidos, especialmente al tejido graso abdominal y músculo (Bunchasak *et al*, 1996).

La proporción de lipogénesis hepática y secreción al plasma de lipoproteínas ricas en triglicéridos en pollos de engorda de 6 a 7 semanas de edad, fue similar a la proporción total de deposición de grasa en estas aves, aunque aproximadamente 20% de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) se oxidó en CO₂ dentro de 8 horas. Sólo 6 a 7% de VLDL y portomicrones de triglicéridos fueron llevados hasta el cojín graso abdominal, pero ésta proporción del total del flujo de triglicéridos podría contar por 80-85% del total de ácidos grasos acumulados en ese depósito. La proporción de lipogénesis en el tejido adiposo fue mucho menor que la del hígado, pero esto podría contar por mucho al remanente de ácidos grasos. La lipogénesis desde acetato en cultivo de adipocitos de pollo, fue marcadamente inhibido por la adición de VLDL como una fuente exógena de ácidos grasos. Sin embargo, la lipogénesis del tejido adiposo no se incrementó *in vivo* por la reducción del flujo de lipoproteínas del plasma ni por selección genética, alimentación con una dieta alta en proteína o por intervención inmunológica. Los resultados confirman que la lipogénesis del tejido adiposo, hace sólo una pequeña contribución al crecimiento normal del tejido adiposo en pollos de engorda (Griffin *et al*, 1992b). Neal *et al* (1987) en estudios *in vitro* con hepatocitos aviares, reportaron que los receptores beta-adrenérgicos proveen un importante mecanismo para regular la lipogénesis.

En los pollos, los triglicéridos se sintetizan casi exclusivamente en el hígado, son transportados en la sangre y tomados principalmente por el tejido adiposo y el músculo. La disminución de triglicéridos en el tejido adiposo puede ocurrir debido a los siguientes factores:

- a) Una reducción del porcentaje de ácidos grasos tomados desde la sangre
- b) Un mayor porcentaje de ácidos grasos saliendo en sangre
- c) Una disminución de la concentración de triglicéridos en sangre
- d) Una reducción de la proporción de triglicéridos de nueva síntesis y/o la proporción mejorada de oxidación de ácidos grasos en el tejido
- e) La combinación de a y d

Plavnik y Hurwitz (1985), Plavnik *et al* (1986), Rosebrough *et al* (1986, 1988) y McMurtry *et al* (1988a) han mostrado que pollos de engorda sujetos a restricción

alimenticia temprana, utilizan su alimento más eficientemente, disminuyendo la capacidad lipogénica y acumulando menos grasa abdominal comparados con los alimentados a libre acceso; al parecer esto se debe a la supresión de las enzimas hepáticas para la lipogénesis durante el periodo de restricción. Al finalizar la restricción, se denota una hiperactividad de las enzimas hepáticas durante los primeros 10 días de realimentación y subsecuente supresión durante un periodo posterior (Rosebrough *et al* , 1986; McMurtry *et al* , 1988b). Porque la restricción alimenticia muestra una aparente alteración del desarrollo del tejido adiposo, varios parámetros bioquímicos asociados con el metabolismo de lípidos en aves pueden estar involucrados. La actividad enzimática, es definida como la cantidad de enzima resultante en la formación de un micromol de producto por minuto, bajo condiciones de ensayo a 25 °C (McMurtry *et al.*, 1988b)

1.5.11. EL CONTROL DEL TRANSPORTE DE LÍPIDOS

La grasa de la dieta es transportada desde el intestino del ave en la forma de portomicrones y ácidos grasos no esterificados, mientras que los ácidos grasos que son sintetizados en el hígado, son transportados a otros tejidos en la forma de VLDL. Los portomicrones y VLDL son hidrolizados en la circulación periférica por la lipoproteína lipasa (LPL) (E C 3 1 1 3) y los ácidos grasos liberados, son llevados dentro de los tejidos circundantes para ser oxidados o reesterificados. Las concentraciones de VLDL en el plasma incrementan después de comer o con alimentación forzada. Las concentraciones en el plasma de triglicéridos (VLDL + LDL) están correlacionadas con la grasa corporal (Griffin *et al* , 1982).

Los niveles altos en el plasma de VLDL o triglicéridos (el mayor componente de VLDL) están frecuentemente asociados con factores genéticos o nutricionales que inducen la excesiva lipogénesis hepática (Leclercq, 1984). Los triglicéridos son depositados en los adipocitos, donde forman gotas de lípidos característicamente distinguibles (Cartwright, 1991). Los quilomicrones y VLDL formas de estructura de micela, tienen un corazón interior consistente de ésteres de triacilglicerol y colesterol y un exterior de monoestrato de fosfolípidos, colesterol no esterificado y proteínas (Bradley y Gotto, 1978). La composición de ácidos grasos de triacilglicerol en quilomicrones y VLDL, podría cambiarse por la grasa de la dieta (Sato *et al* , 1999). La composición de los ácidos grasos de la dieta, influye no sólo en la composición de ácidos grasos en quilomicrones del plasma sino también en VLDL (Bouziane *et al* , 1994).

El paso obligatorio en el transporte de ácidos grasos de triglicéridos desde los quilomicrones circulantes y las VLDL hacia los tejidos, es la hidrólisis del triacilglicerol en partículas lipoproteicas por la enzima LPL (Nilsson-Ehle *et al* , 1980); este es el último estado en el control del aumento del tejido adiposo. Se ha visto *in vitro* (Borron *et al* , 1979) que la insulina estimula la actividad de la LPL en tejido adiposo de pollos y pavos. La actividad de la LPL no es un factor limitante en el crecimiento del tejido adiposo. La activación de LPL es probablemente más compleja, ya que algunas apoproteínas de las lipoproteínas plasmáticas pueden activar la LPL en el tejido adiposo. Según Butterwith (1989) la enzima lipoprotein lipasa regula el crecimiento del tejido adiposo en pollos de

engorda y aunque el cojín de grasa abdominal ha sido usado en numerosos estudios sobre el metabolismo del tejido adiposo, no es necesariamente representativo de otros depósitos, por ejemplo del cuello y piernas. En los pollos, la LPL ha sido identificada en una amplia gama de tejidos, tanto en superficies endoteliales capilares y en las células parenquimatosas del tejido adiposo, corazón, músculo, hígado y folículos ováricos (Bensadouri y Kompang, 1979; Pedersen y Schotz, 1980). Se ha demostrado que el incremento de la lipoprotein lipasa y la concentración en plasma de VLDL, está estrechamente relacionada al crecimiento de los depósitos de grasa en los pollos (Whitehead y Griffin, 1982; Griffin *et al* , 1987)

El análisis de grasa para fosfolípidos, colesterol (ambos lípidos de membrana) y ácidos grasos libres y triglicéridos (ambos lípidos de almacén) en el hígado y el tejido adiposo, indican que los lípidos de membrana estuvieron altos hasta la séptima semana de edad y de ahí comenzaron a declinar, siendo probablemente reemplazados por los triglicéridos. Los ácidos grasos, los principales componentes de los lípidos, son sintetizados por la enzima sintetasa de los ácidos grasos, la cual *in vitro*, sobre la lipogénesis en hígado y tejido adiposo, fue muy activada a la tercera semana de edad y declina en hígado su actividad específica después de esta edad. En el tejido adiposo, el pico de su actividad específica fue a la octava semana, aunque fue baja comparativamente a la cuarta semana (Sukhdev y Sukhvinder, 1988). La actividad de la sintetasa de ácidos grasos en el hígado de pollos, fue significativamente mayor en pollos alimentados con 17% de PC que con 23% de PC (Bunchasak *et al* , 1996)

Los pollos de engorda alimentados con ácidos grasos polinsaturados (n-3), durante 2 semanas a partir del día 14 de edad, redujeron la concentración de triglicéridos en plasma y la actividad hepática de la sintetasa de ácidos grasos. Los ácidos grasos polinsaturados (PUFA) n-3, han tenido considerable interés en el campo de la enfermedad cardiovascular del humano y pollos alimentados con n-3 ricos en PUFA, han mostrado un incremento de n-3 PUFA en la canal y la carne comestible del pollo de engorda (Hulan *et al* , 1989)

El tejido adiposo es la mayor reserva de energía en eucariotes mayores, almacenando triglicéridos en periodos de exceso de energía y movilizándolos durante su escasez, estos son sus propósitos primarios (Francine *et al* , 1998). Sin embargo, se sabe recientemente que los adipocitos secretan factores que se conoce juegan un papel en la respuesta inmunológica, enfermedades vasculares y regulación del apetito

Una proteína, adipina, se descubrió que es secretada por los adipocitos (Cook *et al* , 1985; 1987). El mensaje por adipina se observó más intenso entre las 4-6 semanas de edad, cuando el tejido adiposo incrementa en número de adipocitos y el volumen medio en una rápida proporción. Las proteínas relacionadas al sistema inmune producidas por adipocitos incluyen adipina, proteína de estimulación de la acilación, proteína adipocítica relacionada al complemento, factor α de la necrosis tumoral y factor inhibitorio de migración. Las proteínas relacionadas a la función vascular que son secretadas por adipocitos incluyen angiotensinógeno y plasminógeno activador inhibitorio tipo 1 (Francine *et al* , 1998)

La leptina, es una hormona que se fabrica y secreta por los adipocitos maduros y se fija a su receptor en el hipotálamo. Los estudios indican que la leptina puede funcionar en la regulación de la masa corporal grasa. La pérdida de almacenes de grasa disminuye los niveles de leptina e incrementan los niveles del neuropéptido “Y”; y esto conduce a incrementar el consumo de alimento. Contrariamente, la ganancia de peso incrementa los niveles de leptina permitiendo disminuir el consumo de alimento; la hormona estimulante de melanocitos es necesaria para ésta respuesta. Los niveles de leptina son elevados en animales obesos. Recientemente, el receptor de leptina ha sido detectado en tejidos periféricos. Esto sugiere roles adicionales para la leptina, incluyendo la modulación de la acción de la insulina en el hígado, producción de esteroides en el ovario y efectos directos sobre la esteroidogénesis adrenocortical. La leptina también tiene un rol en la fisiología reproductiva y está envuelta en el desarrollo del sistema hematopoyético e inmune (Francine *et al* , 1998)

Butterwith (1988) mencionan cuatro posibles métodos para manipular la grasa abdominal de la canal de las aves:

- 1) Seleccionar a las aves basándose en el contenido de grasa, usando valores de VLDL o actividad de la lipoprotein lipasa en el tejido adiposo
- 2) Usando un aditivo en el alimento, como B-agonista si está disponible o glucagón-agonista
- 3) Uso de método inmunológico como método de manipulación de grasa: anticuerpos citotóxicos o anti-ideotipos para inhibir o minimizar la acción hormonal sobre tejidos específicos
- 4) Producir animales transgénicos con características particulares requeridas. Esto involucra la expresión genética incrementada de una hormona en particular o manipulando el nivel de enzimas clave por ejemplo la lipoprotein lipasa

Leclercq (1988) manifestó que los pollos seleccionados por un alto contenido de grasa abdominal, mostraron concentraciones menores de glucosa y mayores de ácidos grasos libres en el plasma, en relación con los pollos seleccionados por bajo contenido de grasa abdominal. Durante la última década, la selección experimental permitió el desarrollo de líneas de aves de grasa baja y grasa alta, usando el peso del cojín grasa abdominal o las VLDL del plasma como criterio de selección (Karen-Zvi *et al* , 1990). La medida *in ovo* de la proporción de secreción de triglicéridos ricos en lipoproteínas en la circulación, es mucho más útil indicador de la importancia del metabolismo de lipoproteínas en el control de la deposición de grasa que, por ejemplo, una medida de lipogénesis hepática (Griffin *et al* , 1991). Los machos de la línea de progenitores del pollo de engorda, prácticamente pueden seleccionarse sobre la concentración de VLDL, como una medida de selección para el contenido de carne magra y mejora en la eficiencia alimenticia, sin embargo, esto puede variar por factores medio ambientales. Ahora se está usando la impresión digital del DNA, que promete proveer un significado de los genotipos característicos que no son afectados por la edad, sexo o dieta y que pueden estar asociados con un bajo porcentaje de grasa abdominal (Griffin *et al* , 1992a)

Al glucagón se le conoce por ser un agente intensamente adipocinético. En estudios donde se administró a pollos de engorda en forma prolongada esta hormona para ver si podría reducir el porcentaje de grasa abdominal, se observó que estimula la lipólisis en pollos de engorda inmediatamente después de su administración, pero al parecer no afecta la deposición de grasa abdominal, cuando era continuamente infundida durante 2 semanas (Brenes *et al.*, 1988)

La destrucción de adipocitos antes de que ellos puedan contribuir a la masa de tejido adiposo, es otro paso para el control de la composición corporal. Varios laboratorios están desarrollando anticuerpos para antígenos adipocito-específicos (Butterwith *et al.*, 1989; Killefer y Hu, 1990; Panton *et al.*, 1990; Wright y Asuman, 1990). El objetivo es introducir la producción de anticuerpos hacia adipocitos. Los anticuerpos reaccionan con el sistema inmune para matar el desarrollo de adipocitos antes de que alcancen la madurez. El número de células grasas y el potencial graso del animal es reducido. Estos esfuerzos han tenido éxito en otras especies, aun cuando el efecto podría ser transitorio en cojines adiposos susceptibles a inducir actividad hiperplásica. Un laboratorio (Butterwith *et al.*, 1989) ha descubierto un anticuerpo que reactiva el tejido adiposo del pollo. El anticuerpo para el antígeno de superficie de las células del pollo, no reacciona con los precursores de los adipocitos.

Está demostrado que la administración *in ovo* de anticuerpos monoclonales antiadipocitos (MAb) en el día 15 de embriogénesis, redujo la grasa abdominal de los pollos a los 42 días de edad sin afectar el crecimiento o peso de las aves (Wu *et al.*, 2000)

Las células del tejido adiposo, la fisiología animal y la composición corporal pueden alterarse por manipulación hormonal del embrión (Rozenboim *et al.*, 1989; 1990)

La reducción del tamaño medio del adipocito es un paso efectivo para reducir la grasa corporal. Esto puede inducirse con la hormona de crecimiento o hormona de crecimiento y prolactina (McCusker *et al.*, 1986). Se sugiere una relación entre las concentraciones en sangre de la hormona de crecimiento y el número y tamaño medio de adipocitos abdominales.

1.5.12. ASPECTOS COMPARATIVOS DEL METABOLISMO DE LÍPIDOS EN LAS ESPECIES AVIARES

1.5.12.1. DIGESTIÓN, ABSORCIÓN Y TRANSPORTE DE LÍPIDOS

El proceso de digestión y absorción en pollos es similar al de los mamíferos (Annison, 1971). Sin embargo el transporte de lípidos difiere entre aves y mamíferos, porque en los pollos la absorción de lípidos entra al sistema portal sanguíneo directamente como lipoproteínas de muy baja densidad, mientras en los mamíferos pasan a la linfa como quilomicrones; en los pollos las vellosidades no poseen un conducto lácteo central.

La digestión y absorción de los lípidos dependen de la presencia de sales biliares, de la lipasa pancreática, de colipasa y de la proteína ligadora de ácidos grasos

Aparentemente, la proteína ligadora está involucrada en el transporte de los ácidos grasos, a través de la membrana de los enterocitos y depende del sustrato (ácidos grasos) para aumentar su cantidad. Katongole y March (1980) mostraron que la concentración de esta proteína en el intestino de los pollitos recién nacidos es baja y aumenta, hasta que los animales tienen 5 semanas de edad.

Entre tanto, la secreción de sales biliares es la primera limitante en los procesos de digestión y absorción de los lípidos. Serafin y Nesheim (1970) sugieren que los pollitos recién nacidos, no consiguen aumentar su secreción de sales biliares de acuerdo a su demanda. Krogdahl (1985) menciona que la secreción de sales biliares aumenta 4 veces en el periodo de 2 a 15 días, cuando las aves reciben 12% de grasa de cerdo, alcanzando su mayor contenido, cuando las aves alcanzan la edad entre 15 y 23 días.

Tarvid (1992) observó que al día de nacimiento los pollos ya presentaban procarboxipeptidasa A y dipeptidasas activas en el lumen intestinal, sugiriendo que la presencia de las enzimas activas no depende solamente de la edad de las aves, sino también del inicio del proceso de alimentación con una dieta sólida.

Por otra parte, los pollitos también tienen una inmadura circulación enterohepática después de la eclosión, como lo mencionan Jeanson y Kellog (1992), donde indican que la ineficiencia de la circulación enterohepática es genética y no depende de la presencia de sustrato.

Escribano *et al* (1988) muestran que la actividad de la lipasa aumenta linealmente en los pollos de 16 días de edad. Aunado a esto, Krogdahl (1985) indica que la secreción de lipasa está influenciada por la presencia de lípidos en la dieta; y también verifica un aumento de 10 veces en los niveles de esta enzima entre los 2 a 56 días de edad, cuando se ofrece una dieta con un alto contenido de aceite; sin embargo, esto no se observa al ofrecer una dieta con bajo contenido del mismo.

Así, aparentemente las principales razones por las que debe darse una menor inclusión de lípidos en los primeros días de vida, son la reducida producción de la enzima lipasa y a la imposibilidad que los pollitos tienen de reabsorber sales biliares, a través de la circulación enterohepática.

Posiblemente por las razones anteriores, los pollos de engorda después de eclosionar no tienen la habilidad de digerir los lípidos provenientes de la dieta. Algunos ejemplos prácticos ya fueron presentados por algunos autores, como Renner y Hill (1960), que indican la capacidad que tienen los pollos de 2 a 8 semanas de edad, para aumentar su energía metabolizable y la de absorber cebo bovino; no ocurriendo lo mismo al utilizar grasa de cerdo. Sin embargo, Carew *et al.* (1972) identifican en pollos de 2 a 15 días de edad un aumento en la absorción cuando se agrega cebo bovino y aceite de maíz en su

dieta; y esto se corrobora en estudios realizados por Sell *et al.* (1986), donde observan que las digestibilidades del cebo bovino y de la mezcla de aceites vegetales fueron de 66.4% y 83.7% en pollos de 2 semanas de edad, y 90.8% y 96.5% respectivamente, en pollos de 8 semanas de edad

1.5.12.2. SITIOS DE LIPOGÉNESIS

La lipogénesis en los mamíferos ocurre en el hígado como en el tejido adiposo y generalmente éste último es el mayor tejido lipogénico. La síntesis de ácidos grasos ocurre casi totalmente en el tejido adiposo del cerdo (O'Hea y Leveille, 1969) y también el tejido adiposo es el mayor sitio de lipogénesis en los rumiantes. En contraste con la situación de los mamíferos domésticos y roedores de laboratorio, el hígado es el mayor sitio de lipogénesis en el hombre (Shrago *et al.*, 1971)

Aunque el tejido adiposo del pollo puede incorporar glucosa y acetato en ácidos grasos (O'Hea y Leveille, 1968), la proporción de lipogénesis es mucho mayor en el hígado (Goodridge, 1968a). El hígado ha mostrado ser el mayor sitio de lipogénesis en otras especies aviares incluyendo las palomas (Goodridge y Ball, 1967a), patos (Evans, 1972), pavos (Borron y Britton, 1977) y codorniz japonesa (Shapira *et al.*, 1978)

1.5.12.3. CAMBIOS PRE Y POST-NACIMIENTO EN LIPOGÉNESIS

En mamíferos la lipogénesis es activa en el hígado fetal, pero después del nacimiento disminuye rápidamente, presumiblemente por el alto contenido de grasa de la leche materna. Después del periodo de lactación, la lipogénesis a partir de fuentes de carbohidratos otra vez incrementa.

En las aves domésticas la situación ocurre al contrario, la lipogénesis durante el desarrollo embrionario es muy baja. A partir del nacimiento la dieta cambia de la dieta alta en grasa del embrión, a cereal en harina alta en carbohidratos, y la proporción de lipogénesis hepática incrementa rápidamente a partir del nacimiento y la alimentación (Goodridge, 1968a). Durante el periodo temprano post-nacimiento, las actividades específicas de las enzimas lipogénicas hepáticas también incrementan rápidamente. El incremento en las actividades específicas de ATP-citrato, acetil-CoA carboxilasa y sintetasa de ácidos grasos desde el nacimiento, ocurre antes que el alimento es provisto, mostrando que ellas son independientes de la alimentación, mientras que malato deshidrogenasa (descarboxilando NADP^+) no incrementa la actividad antes de que la alimentación comience.

El papel de las hormonas estimulando este incremento neonatal en la actividad de las enzimas hepáticas ha recibido una gran atención. La inducción del malato deshidrogenasa, acetil coenzima A carboxilasa y sintetasa de los ácidos grasos en aislamiento de hepatocitos de embrión por la hormona tiroidea además de insulina ha sido reportada (Goodridge, 1968a). Se ha observado una estimulación de la actividad de acetil-Co A carboxilasa por el glucagón de los hepatocitos de embriones de pollo. Se ha encontrado un incremento de la

sintetasa de ácidos grasos después de la administración de insulina, glucagón y AMP cíclico *in vivo*; sugiriéndose que el incremento de la actividad de la hormona fue por insulina, y que el glucagón y el AMP cíclico actuaron indirectamente por incremento de la cantidad de insulina circulante. Sin embargo el nivel de circulación de insulina en el embrión declina a partir del día 16 de incubación, y en el pollo recién nacido el propiltiouracil disminuye la actividad de la acetil-Co A carboxilasa, sugiriendo esto que la hormona tiroidea juega un gran papel más que la insulina, en la aparición de carboxilasa durante el periodo de incubación (Goodridge, 1968a)

1.5.12.4. EL PAPEL DE LA RUTA PENTOSA FOSFATO

La ruta de la pentosa es una importante fuente de NADPH en mamíferos y la actividad de esta ruta varía con la dieta y el estatus fisiológico del animal, pero en las especies avícolas ésta ruta es de muy poca importancia en proveer equivalentes reductores. Aunque la ruta pentosa fosfato es activa en el embrión del pollo, su actividad declina hacia el final del periodo de incubación y en el pollo recién nacido, su actividad es muy baja y no está correlacionado con la proporción de lipogénesis

1.5.12.5. LIPOGÉNESIS HEPÁTICA EN INANICIÓN Y REALIMENTACIÓN

En la inanición de la rata, marcadamente disminuye la lipólisis hepática y al realimentar se produce sobreproducción de lipogénesis y la actividad de las enzimas lipogénicas es mayor que en animales alimentados a libre acceso (Romsos y Leveille, 1974). Similarmente en aves la lipogénesis hepática se disminuye en la inanición e incrementa rápidamente sobre la realimentación, pero en el pollo (Goodridge, 1968b) y la codorniz japonesa (Shapira *et al*, 1979) la sobreproducción de la actividad de las enzimas lipogénicas hepáticas no se ha observado. Esto podría deberse, a la represión de la retroalimentación de la actividad de las enzimas por los lípidos sintetizados, que son transportados relativamente más despacio desde el hígado al tejido adiposo (Shapira *et al*, 1979)

1.5.12.6. GRASA DE LA DIETA Y LIPOGÉNESIS HEPÁTICA

La grasa de la dieta disminuye la lipogénesis hepática en la rata y en el ratón y más aún si la dieta contiene ácidos grasos polinsaturados que principalmente ácidos grasos saturados

En aves pocos estudios sobre esto se han realizado, pero similares resultados se han obtenido. La grasa de la dieta disminuye la biosíntesis de ácidos grasos hepáticos en el pollo maduro y en la gallina de postura y el aceite de girasol tiene un mayor efecto en disminuir la lipogénesis que el tripalmitoilglicerol o el sebo (Goodridge, 1968a)

1.5.12.7. HIPERLIPOGÉNESIS PREMIGRATORIA

La pre-acumulación de lípidos en aves migratorias puede contar con un 25% de incremento en el peso corporal, y antes de la migración una hiperlipogénesis en la que hay enorme aumento de la actividad lipogénica enzimática hepática. La prolactina tiene un

importante papel en inducir lipogénesis hepática y almacenamiento de grasa en las especies migratorias (Goodridge y Ball, 1967b; Meier *et al* , 1969)

1.5.12.8. EL PAPEL DE LAS HORMONAS PANCREÁTICAS EN EL CONTROL DEL METABOLISMO DE LÍPIDOS

En el tejido adiposo de la rata la insulina inhibe la lipólisis, mientras en el pollo la insulina no es antilipolítica (Heald *et al* , 1965) Además, el glucagón ha mostrado ser una hormona muy potente lipolítica en una amplia variedad de especies aviares La insulina potencializa la estimulación del glucagón para la lipólisis (Langslow y Hales, 1969), mientras que el tejido adiposo de la rata tiene un efecto antilipolítico sobre la lipólisis producida por el glucagón

En la rata la insulina estimula la lipogénesis, mientras en las aves el tejido adiposo es poco sensitivo o insensitivo a la acción de la insulina para la lipogénesis Esto puede relacionarse al hecho de que el tejido adiposo de las aves no es importante en la lipogénesis En mamíferos la lipogénesis hepática es también estimulada por la insulina (Goodridge, 1973) y estimula también la actividad lipogénica hepática en las aves, este efecto en aves es sólo visto con dosis relativamente grandes de insulina

1.6. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS

La digestión de las proteínas, como los demás nutrimentos, ocurre por la acción de procesos mecánicos, químicos y/o microbiológicos sobre los alimentos ingeridos

En el proceso de digestión la primera gran dificultad encontrada es que las aves tienen un intestino relativamente corto, acrecentando el hecho de que la velocidad de paso del alimento es relativamente rápida Así, cualquier complicación en el proceso de digestión puede causar una reducción de la digestibilidad de los aminoácidos, reduciendo como consecuencia el aprovechamiento de los mismos (Penz, 1993)

Nada ocurre en cuanto a digestión de las proteínas y la absorción de aminoácidos en el pico, ni en el esófago y buche de las aves Como en los mamíferos, es por la acción del ácido clorhídrico y de la pepsina que las proteínas comienzan a fraccionarse La digestión proteica en las aves no depende de la acción de las secreciones del proventrículo En el proventrículo de las aves ocurre la secreción de ácido clorhídrico y del pepsinógeno por las células pépticas y células principales (en las aves llamadas oxintopépticas) El pepsinógeno llega al lumen del proventrículo desactivado por acción del ácido clorhídrico y por moléculas de pepsina activadas anteriormente ocurre el rompimiento en una determinada porción de su molécula, transformándose en su forma activa, la pepsina En las aves, la digestión péptica ocurre preferentemente en la molleja El ácido clorhídrico promueve la ruptura de las ligaduras peptídicas indiscriminadamente, en cuanto que la pepsina, que es una endopeptidasa, rompe solamente las ligaduras peptídicas entre los aminoácidos leucina

y valina, tirosina y leucina, y entre los aminoácidos fenilalanina-fenilalanina y fenilalanina-tirosina (Penz, 1993)

Las proteínas, ya en proceso de digestión promovido por el jugo gástrico y por la acción mecánica ocurrida en la molleja, pasan al intestino delgado donde reciben las secreciones pancreáticas e intestinales. Las enzimas pancreáticas e intestinales tienen condiciones de promover la completa digestión de las proteínas. Para la digestión proteica la sustancia más importante de la secreción intestinal es la enteroquinasa. Esta enzima activa al tripsinógeno pancreático que llega inactivado al lumen del intestino, transformándose en tripsina (forma activa), al igual es responsable de la activación de las demás enzimas proteolíticas secretadas por el páncreas. Las enzimas del proventrículo de las aves y del páncreas actúan sobre las proteínas, transformándolas básicamente en oligopéptidos, los cuales serán transformados posteriormente por la acción de las enzimas intestinales en péptidos menores y aminoácidos, que serán absorbidos (Scott *et al.*, 1982)

En 1944 se propuso que los aminoácidos eran absorbidos por difusión y en 1951 se probó que eran absorbidos activamente. En 1975 se descubrió que hay por lo menos tres mecanismos de absorción para los diferentes aminoácidos, además de estos hay un mecanismo de absorción independiente para los péptidos. En 1966 se demostró que la velocidad de absorción depende del peso molecular de los aminoácidos. También se verificó que los aminoácidos que usan el mismo sistema de transporte pueden competir entre sí en la eficiencia de absorción. En 1984 se demostró que el ácido 2-hidroxi-4-metilo butanóico (ALIMET), hidroxianálogo de la metionina, es absorbido por difusión, no concordando con la absorción de los aminoácidos y péptidos (Penz, 1993)

Hudson y Levin (1968) y Pratt y Turner (1971) indican que los embriones son capaces de absorber aminoácidos por el intestino mismo, antes de eclosionar. Esta habilidad puede justificarse porque los pollitos recién nacidos no tienen problema para absorber aminoácidos. Nitsan *et al.* (1991) mencionan que los pollitos nacen con alguna reserva enzimática en el páncreas. Esta reserva tiende a decrecer en los primeros días después de la eclosión, pues la síntesis enzimática en esta fase es más lenta que los requerimientos de los pollitos, para que tengan una plena digestión proteica. Los autores verifican que las actividades específicas de las enzimas tripsina y quimotripsina pueden disminuir entre el día 5 o 6 después de la eclosión y después aumentar rápidamente, alcanzando los niveles máximos a los 10 días de edad. Estas observaciones fueron confirmadas por Nir *et al.* (1993). Por otra parte, Austic (1985) observa que aumentan las concentraciones de tripsina y quimotripsina, cuando los pollitos recibieron un nivel proteico por arriba de los valores normalmente agregados; y cuando reciben una dieta libre de proteína, ocurre una disminución en las actividades de dichas enzimas.

Tarvid (1992) verifica que el día de la eclosión, los pollitos ya presentan procarboxipeptidasa A y dipeptidasa activas en la luz intestinal. El autor sugiere que la presencia de las enzimas activas, no depende solamente de la edad de los pollitos, más bien depende del inicio del proceso de alimentación con dieta sólida.

El principal sitio de absorción de los aminoácidos en las aves es el íleon, no identificando mecanismos activos de absorción en duodeno, colon, ciegos y recto (Kan, 1975, citado por Penz, 1993) Actualmente existen varias referencias en la literatura que demuestran que los isómeros D y L de los aminoácidos son absorbidos activamente

Según Kan (1975) las aves poseen por lo menos 3 sistemas de transporte para los aminoácidos neutros: uno para glicina, otro para metionina y aminoácidos alifáticos, y un último para los demás aminoácidos

Estos sistemas son sodio-dependientes y aparentemente no son exclusivos Además de ellos, existe un mecanismo de transporte para aminoácidos básicos y posiblemente uno para aminoácidos ácidos Tasaki y Takahashi (1966) (citados por Bell y Freeman, 1971), demostraron que la velocidad de transporte de los L-aminoácidos no depende de sus pesos moleculares, y que los aminoácidos con radical "R" no polar, son rápidamente absorbidos; en tanto que los aminoácidos con radical "R" polar, son absorbidos más lentamente Los demás aminoácidos son absorbidos con velocidad intermedia Gibson y Wiseman en 1975 y Kan en el mismo año (citados por Penz, 1993), demostraron que los D-aminoácidos son absorbidos más lentamente que los L-aminoácidos, y los D-aminoácidos pueden inhibir o activar la absorción de los L-aminoácidos

La absorción de los péptidos tiene importante participación en el proceso de utilización de los aminoácidos por los animales Esta forma de absorción favorece el proceso, pues los péptidos son absorbidos por un mecanismo no competitivo al de los aminoácidos y también son más rápidamente absorbidos La hidrólisis final ocurre en la superficie intestinal o por peptidasas existentes en el citoplasma de las células epiteliales Son varios los sistemas de transporte de péptidos y ninguno es sodio-dependiente Los dipéptidos y los tripéptidos compiten entre sí para la absorción, y los péptidos que contienen D-aminoácidos son absorbidos más lentamente (Davenport, 1977)

El sistema de transporte de aminoácidos es sodio-dependiente y normalmente corresponde a la cinética para la actividad de las enzimas La única diferencia relevante es que el transporte no aumenta en forma lineal con el aumento de la concentración de aminoácidos, pero sí de forma hiperbólica Este transporte también tiene una velocidad máxima (V_{max}) definida para cada aminoácido Los aminoácidos absorbidos desde las células epiteliales son por difusión facilitada Como la salida de los aminoácidos de las células es más lenta que la entrada, normalmente ocurre una acumulación de ellos en éstas células (Penz, 1993)

1.7. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS

Según Moran (1985) el paso del alimento por el tracto digestivo de los pollitos recién nacidos, favorece el desarrollo de los enterocitos de las criptas, que gradualmente sustituyen a los enterocitos formados durante la fase embrionaria y que tienen como función prioritaria, la absorción de inmunoglobulinas, siendo estas las que estimulan el

desarrollo de las vellosidades y de la aparición de los enterocitos en las criptas. Estos enterocitos primordialmente posibilitan la síntesis de diferentes enzimas, como las carbohidrasas, capaces de digerir los glúcidos complejos.

Cuando esta sustitución ocurre en su totalidad, los pollos adquieren madurez en su sistema digestivo para digerir y absorber los glúcidos y los demás nutrientes. Como lo mencionan Marcahim y Kulka (1967), donde indican que la actividad de la alfa-amilasa es 500 veces mayor el día de la eclosión del pollito, que el día trece de la incubación; y también Moran (1985) afirma que la secreción de alfa-amilasa es substrato dependiente, siendo influenciada por la cantidad de almidón de la dieta.

Por otra parte, Dautlick y Strittmatter (1970) mencionan que las enzimas maltasa y sacarasa, adquieren su máxima actividad en pollitos de 4 días de edad.

Holdsworth y Wilson (1967) mencionan que el pico de transporte activo de glucosa en el intestino, ocurre cuando los pollitos tienen 3 días de edad, al mismo tiempo que ocurre la máxima capacidad de absorción de azúcar y también un gran aumento del volumen del intestino. Posteriormente, Shehata *et al* (1981) indican que en los primeros días de vida, la absorción de glucosa es predominantemente aeróbica y dependiente de sodio.

CAPÍTULO SEGUNDO

Hipótesis

Objetivos

Metas

Hipótesis

1. La modificación de la energía metabolizable (EM) y el porcentaje de proteína cruda (PC) en las tres fases de alimentación, formulando sobre la base de proteína total y proteína ideal, proporciona la mejor curva de crecimiento para el pollo de engorda macho y hembra, con la máxima deposición de proteína y la mínima deposición de grasa
2. Al obtener la mejor curva de crecimiento para el pollo de engorda por sexo, se obtiene el mejor rendimiento del pollo en canal con el mayor beneficio económico
3. Al consumir los pollos una dieta baja en grasa y alta en proteína durante sus primeros 7 días de edad (dieta preiniciador), obtienen mayor peso con menos acumulación de grasa abdominal al final de su vida productiva

4. Modificando la relación lisina total:proteína cruda (LT:PC) en las etapas de crecimiento y finalización en pollo de engorda macho, se encuentran los mejores parámetros productivos, eficiencias nutritivas, características químicas, rendimiento en canal y la mejor relación beneficio-coste
5. En dietas con diferente relación LT:PC en las fases alimenticias de crecimiento y finalización, y una dieta con restricción de tiempo de acceso al alimento, formuladas bajo el perfil de proteína ideal, aplicadas tanto a machos como a hembras, se denotan las variables zootécnicas, rendimiento en canal, perfil de lípidos en sangre, y la hiperplasia e hipertrofia del tejido graso abdominal, que mejor convengan para la producción del pollo de engorda

Objetivos

Objetivo General

En el presente estudio, se evaluaron curvas de crecimiento de pollos de engorda tanto en machos como en hembras, bajo diferentes programas nutricionales, para encontrar una explicación del crecimiento desde una aproximación alométrica, en la que la tasa fraccional de deposición de grasa y proteína son los elementos fundamentales de medición en pollos de engorda

Objetivos Específicos

- I. Evaluar curvas de crecimiento, formulando dietas bajo el concepto de proteína total y proteína ideal para pollos de engorda macho y hembra, verificando la validez de una dieta comercial utilizada como dieta testigo y encontrando la mejor relación beneficio/coste entre los diferentes tratamientos

2. Evaluar de una dieta de preiniciación con bajo contenido de extracto etéreo y alta proteína, proporcionada durante los primeros 7 días de edad, y su efecto sobre la ganancia de peso y acumulación de grasa en la canal al final del ciclo productivo
3. Determinar los cambios de la composición químico corporal en machos, modificando en la dieta la relación lisina total:proteína cruda en las fases de crecimiento y finalización
4. Evaluar los cambios en la composición químico corporal con tasas fraccionales de deposición de grasa y deposición de proteína
5. Determinar los cambios de la composición químico corporal y tasas fraccionales de deposición de proteína y grasa, con la determinación del perfil de lípidos en sangre y la hiperplasia e hipertrofia del tejido graso abdominal

Metas

1. Obtener las curvas de crecimiento con el menor grado de variación en pollos de engorda macho y hembra, alimentados con diferentes densidades nutritivas, que representen la máxima deposición de proteína y la mínima deposición de grasa
2. Identificar la dieta económicamente más apropiada, que aporte la mejor calidad de la canal en rastro

CAPÍTULO TERCERO

Materiales y Métodos Generales

3.1. PROCEDIMIENTO

El presente estudio de tesis se clasifica como prospectivo, comparativo, experimental y longitudinal. Para llevarlo a cabo se realizaron 5 experimentos para verificar las hipótesis y realizar cada uno de los objetivos planteados. En cada experimento se distribuyeron las aves mediante un diseño completamente al azar. Inicialmente se realizaron tres experimentos exploratorios, para analizar curvas de crecimiento para cada sexo, utilizando dietas bajo los conceptos de proteína total y proteína ideal, aumentando y disminuyendo el porcentaje de proteína cruda y de energía metabolizable, además del uso de una dieta de preiniciación; definiendo así, la dieta de iniciación más apropiada, posteriormente se midió la composición química corporal en pollos de engorda macho, y por último, la determinación de la dinámica de crecimiento de los adipocitos.

La fase experimental de los primeros 4 experimentos de la tesis, se realizó en una granja localizada en la región del bajío en México, cuya ubicación geográfica es 20° 44' 35" latitud norte y 100° 45' 13" latitud oeste, con una altitud de 1,794 msnm. Se presenta en la zona, un clima de tipo semicálido extremoso de acuerdo a Köeppen (modificado por



García, 1993), con una temperatura media anual de 19.7 °C. La precipitación pluvial media anual es de 694.8 mm.

La fase experimental del experimento 5 se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizada en Santiago Zapotitlán, delegación Iláhuac, Distrito Federal; cuya ubicación geográfica es 19° 17' latitud norte y 99° 00' 30'' latitud oeste, con una altitud de 2,250 msnm. Se presenta en la zona, un clima de tipo templado subhúmedo y bajo grado de humedad, de acuerdo a Köppen (modificado por García, 1993), con una temperatura media anual de 16 °C; el mes más frío es enero y mayo el más caluroso. La precipitación pluvial media anual es de 747 mm.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS AVES, INSTALACIONES Y MANEJO A UTILIZAR

Se utilizaron pollos de engorda machos y hembras de la estirpe Hybro para los primeros 4 experimentos, y para el último de la estirpe Ross, clínicamente sanos, con una clasificación de primera calidad y provenientes de una misma clave de reproductoras y de la misma planta incubadora, mantenidos en producción hasta los 49 días de edad.

En granja se procedió a realizar las maniobras de selección, conteo, pesaje e identificación individual mediante una banda numerada en el pliegue del ala, se asignaron aleatoriamente a un lote experimental, identificado al azar para cada tratamiento, alimento y agua se ofrecieron a libertad.

3.2.1. LOTE EXPERIMENTAL

Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta común a la avicultura comercial; para los primeros 4 experimentos, cada lote que se utilizó fue de 2.97 m de largo por 1.5 m de ancho, con una capacidad de 4.455 m², para alojar un total de 55 aves, teniendo una densidad de población de 12.3 aves/m²; la granja cuenta con piso de cemento y se colocó cama de paja de trigo con un grosor de 5 cm. Cada lote tuvo 2 comederos tipo tolva de 1.20 m de circunferencia, disponiendo de 4.3 cm de comedero por ave y con una capacidad de 10.5 kg, y 1 bebedero automático de campana tipo Plasson. La temperatura se proporcionó con 4 calentadores de gas con turbina y termostato marca "Airstream". de 60,000 BTU/hora, con capacidad para mantener una temperatura uniforme en toda el área.

Para el último experimento, los lotes estuvieron ubicados en una caseta común a la avicultura comercial, cada lote experimental tenía 2.45 x 1.35 m, alojando 33 aves en piso de cemento con una cama de viruta de madera, conteniendo un comedero tipo tolva y un bebedero automático de campana, con una circunferencia de 1.22 y 1.06 m respectivamente. La temperatura se proporcionó con 6 criadoras de gas.

Se mantuvo en toda el área, una temperatura inicial de 32 °C, y se redujo 2 °C por semana. Las casetas cuentan con muros laterales de 68 cm de altura y un espacio libre hasta el techo de 2.15 m, cubierto por malla de gallinero y en la parte superior por un faldón de

lona de 30 cm de ancho; cuenta con cabeceras cerradas y las cortinas laterales son de lona abatible mediante malacate

3.2.2. MANEJO

Las prácticas de manejo en general, se realizaron igual que las utilizadas en granjas de producción comercial

3.3. PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN

De acuerdo a los experimentos realizados y al tratamiento asignado, de manera general, durante toda la etapa productiva de las aves se utilizaron 4 programas de alimentación:

- 1 Preiniciador: alimento servido desde la recepción hasta el día 7 de edad.
- 2 Iniciador: alimento ofrecido desde la recepción o desde el día 8 (si se usa preiniciador) hasta el día 21 de edad
- 3 Crecimiento: alimento suministrado desde el día 22 hasta el día 35 de edad
- 4 Finalizador: alimento proporcionado desde el día 36 al día 49 de edad

Las aves se alimentaron a libre acceso (excepto en el experimento 5 para el tratamiento restringido), con diferentes dietas balanceadas con base a sorgo y pasta de soya en forma de harina. En cada experimento se describe la composición y el análisis calculado de las dietas

3.4. PROGRAMAS DE ILUMINACIÓN

Para los primeros 4 experimentos las aves tuvieron diferentes períodos de iluminación, siendo estos, los más comúnmente utilizados en las granjas de producción (Cuadro 8)

CUADRO 1 PERIODOS DE ILUMINACIÓN

DÍAS DE EDAD	HORAS TOTALES DE LUZ
1 – 7	23
8 – 21	12
22 – 28	14
29 – 42	16
43 a Rastro	23

Para el experimento 5, no se utilizó programa de iluminación artificial

3.5. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES ZOOTÉCNICAS

En cada uno de los experimentos se midió semanalmente (por periodo y en forma acumulada) peso corporal, ganancia diaria de peso, consumo de alimento/ave, conversión alimenticia comercial, conversión alimenticia corregida para mortalidad, porcentaje de

mortalidad total, porcentaje de mortalidad por ascitis, índice de productividad; además de variables explícitas en cada experimento.

3.6. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES EN RASTRO

Se evaluó en rastro al día 49, el rendimiento en canal para cada experimento por tratamiento, seleccionando aleatoriamente un tamaño de muestra descrito en cada experimento, midiendo el peso de la canal, grasa abdominal, piernas, muslos y pechuga; los pesos respectivos se utilizaron para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada 100g de canal. La grasa abdominal fue retirada y pesada antes de pesar la canal eviscerada; y ésta última, se pesó conteniendo cabeza y patas.

Las variables que se encuentran como porcentajes, se transformaron a arco seno raíz de y , para su posterior análisis estadístico, y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación.

3.7. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Todos los análisis y modelos a utilizar de las variables zootécnicas y en rastro, y mediciones específicas para cada experimento, son descritos en su apartado correspondiente.

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó un análisis de costos por tratamiento para cada experimento, tomando únicamente como costos variables, al costo por concepto de alimentación; siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total.

Se obtuvieron los ingresos brutos para cada tratamiento por experimento, tomando en cuenta el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja.

De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento por experimento.

3.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se apoyaron todos los resultados, en el análisis estadístico y económico de cada experimento, realizando cuadros donde se condensa la información más relevante, para facilitar su interpretación.

C A P Í T U L O C U A R T O

Experimentos 1, 2, 3, 4 y 5

Experimento 1

EVALUACIÓN DE NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA, Y LA INCLUSIÓN DE UNA DIETA PREINICIAL MEDIANTE CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL PARA POLLOS DE ENGORDA

RESUMEN

Debido al avance genético del pollo de engorda actual, se debe constatar su rendimiento con las dietas ahora disponibles. Para lo cual se evaluó una dieta comercial en pollos de engorda, aumentando y disminuyendo 1% de proteína cruda y 50 kcal/kg de energía metabolizable, y la inclusión de una dieta preinicial durante los primeros 7 días de edad, observando el efecto mediante curvas de crecimiento obtenidas a través del peso corporal; así como de variables zootécnicas, rendimiento en canal y de la relación beneficio/costo. Se utilizaron 660 pollos de engorda de un día de edad (330 machos y 330 hembras) de la línea Hybro y de la misma estirpe que fueron divididos en seis grupos por sexo de 55 aves cada uno. Estos grupos se distribuyeron aleatoriamente en 6 programas alimenticios: 1) Dieta testigo; 2) Dieta preiniciador desde 1 a 7 días y de 8 a 49 días dieta testigo; 3) Dieta testigo +1% de proteína cruda; 4) Dieta testigo -1% proteína cruda; 5) Dieta testigo +50 kcal/kg de energía metabolizable; y 6) Dieta testigo -50 kcal/kg energía metabolizable. Los pollos se alimentaron a libre acceso. Los resultados indican que las curvas de crecimiento están representadas ($R^2=0.996$) en un 93.56% con una tendencia lineal y un 4.61% con una tendencia cuadrática. Se observó que al aumentar o disminuir la proteína y energía, el peso corporal de los machos de los tratamientos preiniciador a los 7 días de edad y de -1% proteína cruda al día 21, superaron ($p<0.05$) al tratamiento testigo, perdiéndose este efecto al final del ciclo productivo. Los resultados de las variables zootécnicas indican que al utilizar dietas preiniciador y -1% proteína cruda en machos, se obtiene una mejor conversión alimenticia corregida para mortalidad con respecto al testigo, misma situación que se presenta en hembras al proporcionarles dietas preiniciador y más 1% de proteína cruda. Ningún tratamiento es mejor al tratamiento testigo para las mediciones de grasa, pechuga, piernas y muslos ($p>0.05$). La mejor relación beneficio-

costo para machos se obtuvo al proporcionar -1% proteína cruda, siendo 3.07 veces mayor su ingreso neto que al utilizar la dieta testigo; y en hembras, se presentó un mayor ingreso neto en los tratamientos preiniciador (23.6%), -1% proteína cruda (5.7%) y +1% proteína cruda (4.2%) con relación al testigo. Se concluye de acuerdo a las condiciones experimentales empleadas, que aumentar o disminuir la proteína y energía, modifica las curvas de crecimiento. Al disminuir 1% proteína cruda, mejora el coeficiente semanal de crecimiento en machos y hembras de la estirpe Hybro. El incluir una dieta de preiniciación en machos, aumenta el peso corporal a los 7 días. En la fase de iniciación disminuir 1% la proteína cruda en machos, beneficia el peso corporal al día 21 de edad. No mejora el contenido de grasa, pechuga, piernas y muslos, al aumentar o disminuir la proteína y energía, con referencia a una dieta testigo. Para machos aumentar o disminuir la proteína y energía, incrementa la relación beneficio/costo. En hembras, se mejora al incluir un preiniciador y al disminuir y aumentar 1% la proteína cruda con relación al testigo. Se recomienda hacer estudios con repeticiones por tratamiento, para comprobar estadísticamente la mejor conversión alimenticia corregida para mortalidad, obtenida al incluir un preiniciador y al disminuir 1% de proteína cruda en machos, y en hembras al incluir un preiniciador y al aumentar 1% la proteína cruda.

Palabras Clave: Pollo de engorda, Dietas, Curvas de crecimiento, Peso corporal, Rendimiento en canal

EVALUATION OF PROTEIN AND ENERGY LEVELS AND INCLUSION OF A PRE-INITIAL DIET USING GROWTH AND CARCASS YIELD CURVES FOR BROILER CHICKENS

ABSTRACT

Nowadays, due to the genetic evolution of broilers, their yield must be verified with the diets that are available now. With this purpose a broiler commercial diet was evaluated increasing and reducing 1% of the crude protein and 50 kcal/kg of the metabolizable energy levels and including a pre-initial diet for the first 7 days of age, observing their effects through growth curves obtained from body weight, as well as by assessing zootechnical variables, carcass yield, and cost/benefit relation. Six-hundred-sixty broiler chickens (330 males and 330 females), one day old, from a Hybro breed were used. Animals were divided in six groups according to sex, each group of 55 chickens. Groups were randomly assigned to six feedings programs: 1) Control diet, 2) Pre-initial diet from 1 to 7 days and from 8 to 49 days control diet, 3) Control diet +1% crude protein, 4) Control diet -1% crude protein, 5) Control diet +50 metabolizable energy kcal/kg, and 6) Control diet -50 metabolizable energy kcal/kg. Animals were fed *ad libitum*. Results indicate that the growth curves are well represented by the model ($R^2=0.996$) in 93.56% with a lineal tendency and 4.61% with a squared tendency. It was observed that increasing or decreasing protein and energy in males subjected to pre-initial treatment during the first 7 days of age and to -1% crude protein until day 21 improved their body weight ($p<0.05$) with respect to the control group. This effect was lost at the end of the productive cycles. Results from zootechnical variables indicate that the use of pre-initial diets and -1% crude protein in males yields a better feeding conversion corrected for mortality with respect to the control group. The same was found for females with pre-initial diet and +1% crude protein. Any treatment is not better than the control one for fat, breast, thighs and legs measurements ($p>0.05$). The best cost-benefit was obtained for males when providing -1% crude protein, the net income was 3.07 times higher than with the control diet. For females, the best net income was obtained with the pre-initial treatment (23.6%), -1% crude protein (5.7%), and +1% crude protein (4.2%) with respect to the control diet. According to the experimental conditions that were employed, it arrived at the conclusion that when increasing or reducing protein and energy, the growth curves were modified.

Reducing 1% of crude protein, improves the weekly growth coefficient in males and females of the Hybro breed. When a pre-initiation diet was included in males, their body weight increased at 7 days. When crude protein was reduced 1% in the initiation phase diet of males, the body weight was benefited at 21 days of age. The increase or reduction of protein and energy as compared to the control group does not improve the fat content, breast, drumstick or thighs. In males, the increment or reduction of protein and energy increases the cost/benefit relationship. In females, there is improvement when a pre-initiator is included and when reducing and increasing 1% of crude protein as compared to the control group. Studies with repetitions per treatment are recommended in order to statistically verify the improved feed conversion, corrected for mortality, that is obtained when a pre-initiator is included and when 1% crude protein is reduced in males and in females when a pre-initiator is included and crude protein is increased 1%.

Key words: Broiler chickens, Diets, Growth curves, Body weight, Carcass yield.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento es un proceso normal de incremento del tamaño de un organismo, como resultado de la acumulación de tejido semejante al original. Específicamente durante las primeras fases de vida del pollo de engorda, el crecimiento resulta del desarrollo de masa muscular y de órganos, principalmente del sistema digestivo; mientras que el crecimiento posterior a la madurez sexual es causado por la deposición de grasa. El crecimiento de las aves se puede valorar por medio de modelos matemáticos realizando curvas de crecimiento, que explican gráficamente el desarrollo de un animal a través del tiempo, para conocer el potencial de crecimiento del mismo con relación a la influencia que existe de diferentes factores (genéticos, nutricionales, de manejo y ambientales) sobre la eficiencia productiva del ave.

Los modelos matemáticos de curvas de crecimiento ofrecen un promedio para visualizar el patrón de crecimiento sobre el tiempo, además de predecir el peso esperado de un grupo de animales a una edad específica mediante ecuaciones. Existen varios modelos como los no lineales y de polinomios ortogonales que pueden usarse para condensar una serie de puntos sobre edad-peso, relativamente con pocos parámetros. Particularmente, los modelos no lineales como los de Gompertz y de Von Bertalanffy son aplicables en la especie aviar, ya que se asume que las aves alimentadas a libre acceso son capaces del máximo crecimiento [1]. Los modelos lineales utilizan técnicas de regresión lineal simple o múltiple, limitándose sólo a describir cortos intervalos de crecimiento [2].

La eficiencia de diferentes funciones de crecimiento puede evaluarse a través de coeficientes de determinación (R^2) [3]. En investigaciones realizadas [4] en pollo de engorda comercial en el Valle de México, se observó que el peso corporal a través del tiempo, muestra un comportamiento cuadrático para la ecuación de regresión en el periodo de iniciación ($R^2= 0.866$) y en el periodo completo de producción ($R^2= 0.708$); además se observó que el aporte genético es mayor en aves, cuando éstas son menores de 500g de peso vivo y el aporte nutricional se manifiesta más ampliamente, cuando sobrepasan los 500g de peso.

En años recientes, tomó énfasis en la industria avícola encontrar formas para incrementar la ganancia de peso. Grandes avances se han obtenido a través de la selección genética y del maximizar los regímenes nutricionales; sin embargo, así como se ha desarrollado el entendimiento de los mecanismos que controlan el crecimiento animal,

también existe un potencial más positivo para lograr cambios en el crecimiento, que pueden alcanzarse por la manipulación de los nutrimentos en la dieta y así, aumentar el crecimiento animal con el consecuente aumento de proteína animal, a expensas de la deposición de lípidos [5]

Uno de los procedimientos más comunes, es el incremento del número de dietas proporcionadas durante el desarrollo de los pollos. En la década de los setenta, se utilizaron básicamente dos dietas: una dieta inicial, para pollos de 1 a 28 días de edad; y otra final, para pollos de 29 a 56 días de edad. En la década de los ochenta, ya con la orientación del Consejo de Ciencias de los Estados Unidos de América [6], sugirieron tres dietas: una, para pollos de 1 a 21 días; otra para pollos de 22 a 42 días; y una última, para pollos de 43 a 56 días de edad [7]. Es práctica común en la industria avícola proporcionar diferentes dietas durante el periodo de crecimiento, típicamente reduciendo el contenido de proteína e incrementando el contenido de energía. El costo del alimento generalmente disminuye cuando el contenido de proteína se reduce, el tiempo óptimo para cambiar las dietas es de importancia económica [8]. En este momento se propone [9] a las empresas, la introducción de una dieta preinicial para pollos de 1 a 7 días de edad, esta última surgió con la intención de suministrar a los pollitos, un programa de alimentación adecuado, de mejor calidad y con un bajo nivel de energía metabolizable, por la baja digestión y absorción de grasa que se presenta en este periodo, pudiéndose mejorar el metabolismo de los nutrimentos.

El presente experimento se enfocó en conocer la validez de una dieta comercial para pollo de engorda, formulada a través del requerimiento de proteína total, evaluando cambios en sus niveles de proteína y de energía metabolizable; así como, la inclusión de una dieta preinicial, mediante la elaboración de curvas de crecimiento y sobre las variables zootécnicas, el rendimiento en canal y la relación beneficio/costo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 660 pollos de engorda de un día de edad (330 machos y 330 hembras) de la línea Hybro y de la misma estirpe, fueron identificados mediante una banda numerada en el pliegue del ala y asignados aleatoriamente a cada tratamiento, manteniéndolos hasta los 49 días de edad. Cada lote experimental fue en lotes de 2,97 x 1,5m, alojando 55 aves en piso de cemento con una cama de paja de trigo, conteniendo 2 comederos tipo tolva y 1

bebedero automático de campana, la circunferencia de los comederos y bebedero fue de 1 22 y 1 06m respectivamente. Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta común a la avicultura comercial; proporcionando calor 4 calentadores de gas con turbina y termostato con capacidad de 60,000 BTU/hora, manteniendo una temperatura inicial de 32 °C, siendo ésta reducida 2 °C por semana.

Los machos y hembras se criaron en lotes separados para cada tratamiento, referido éste a cada dieta, mediante un arreglo factorial 6x2, donde el primer factor fue el tipo de dieta utilizada y el segundo el sexo. Las dietas fueron: 1) Dieta comercial **testigo**; 2) Dieta **preiniciador** ofrecida desde la recepción hasta el día 7 de edad, y del día 8 al 49 consumieron la dieta testigo; 3) Dieta testigo más 1% de proteína cruda (**+1%PC**); 4) Dieta testigo menos 1% de proteína cruda (**-1%PC**); 5) Dieta testigo más 50 kcal/kg de energía metabolizable (**+50 kcal/kg EM**); y 6) Dieta testigo menos 50 kcal/kg de energía metabolizable (**-50 kcal/kg EM**). Los programas alimenticios fueron: iniciador (0 a 21 días), crecimiento (22 a 35 días) y finalizador (36 a 49 días).

Las aves se alimentaron a libre acceso con las diferentes dietas formuladas bajo el concepto de proteína total, usando ingredientes comunes a partir de sorgo y pasta de soya con una presentación en forma de harina. En el Cuadro 1, se muestra por sexo, la composición y el análisis calculado de la dieta testigo incluyendo la fase del preiniciador experimental; la dieta testigo reúne o excede las recomendaciones del NRC [6]. El programa de iluminación usado fue de 1 a 7 días 23h de luz total (natural + artificial), 8 a 21 días 12h, 22 a 28 días 14h, 29 a 42 días 16h y 43 a 49 días 23h de luz total.

Se estimaron los cambios del crecimiento de las aves de acuerdo al peso corporal, las variables zootécnicas, el rendimiento en canal y la relación beneficio-costo en función de dieta y sexo. Las medidas de la variabilidad se dividieron en: **1) Curvas de crecimiento:** registrando el peso para cada una de las aves, desde su arribo a la granja y a cada semana de edad. **2) Peso corporal:** se obtuvieron los valores medios semanales para cada tratamiento y se compararon con el grupo testigo. **3) Variables zootécnicas:** por lote se midieron semanalmente los consumos de alimento, proteína y energía; las conversiones alimenticia comercial y alimenticia corregida para mortalidad; las eficiencias alimenticia, proteínica y energética, el índice de producción, y la mortalidad total y por síndrome ascítico; la mortalidad se registró cuando ocurrió y a todas las aves muertas se les realizó la necropsia para determinar la causa de muerte. **4) Rendimiento en canal:** se evaluó en

rastros al día 49, seleccionando aleatoriamente un tamaño de muestra de 15 aves por tratamiento; midiendo el peso de la canal, grasa abdominal, piernas, muslos y pechuga; los pesos respectivos se utilizaron para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada 100 g de canal; la canal eviscerada se pesó conteniendo cabeza y patas **5) Relación beneficio/costo:** a través de un análisis económico se obtuvo la relación beneficio/costo para cada tratamiento por sexo [10]

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo al cual se le atribuye el total de la variación del peso corporal por pollo fue el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + IIS_{(ij)k} + \delta_{(ijk)} + P_l + TP_{il} + SP_{jl} + TSP_{ijl} + \mathcal{E}_{(ijkl)m}$$

donde: y_{ijklm} representa la m -ésima respuesta aleatoria de peso corporal, asociada a la l -ésima semana, al k -ésimo individuo, al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 6$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j = \text{macho o hembra}$; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; $IIS_{(ij)k}$ es el k -ésimo individuo dentro del j -ésimo sexo y el i -ésimo tratamiento; $\delta_{(ijk)}$ representa el error de restricción $NID(0, \sigma^2 \delta)$; P_l es el efecto de la l -ésima semana $0 \leq l \leq 7$; TP es la interacción del i -ésimo tratamiento con la l -ésima semana; SP es la interacción del j -ésimo sexo con la l -ésima semana; TSP es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo con la l -ésima semana; $\mathcal{E}_{(ijkl)m}$ representa al error aleatorio $NID(0, \sigma^2)$

Las variables zootécnicas medidas a través del tiempo para cada tratamiento y por sexo, se analizaron estadísticamente buscando un modelo a través de un análisis de regresión [11] que mejor los represente, decidiendo el mejor ajuste por el coeficiente de determinación (R^2) más alto; todo esto mediante el paquete estadístico computacional SAS [12]. Los pesos individuales y los datos del rendimiento en canal se analizaron estadísticamente de acuerdo a los modelos lineales generales (GLM) de procedimientos SAS

Al presentarse diferencias significativas entre tratamientos para el peso corporal y para el rendimiento en canal, las medias fueron comparadas mediante el procedimiento de SAS Student-Newman-Keuls ($\alpha=0.05$), para obtener las diferencias entre el grupo testigo contra cada uno de los tratamientos experimentales. El lote experimental fue la unidad

experimental, los principales efectos de dieta, sexo y semana se examinaron; así como, sus correspondiente interacciones, tomando como término error al cuadrado medio. Para el análisis del rendimiento en canal, se incluyó como covariable el peso de la canal por incidir en el modelo. En las variables que se encuentran como porcentajes, se usó la transformación: arcoseno raíz de y , para su posterior análisis estadístico y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 49 días, en: **1) Curvas de crecimiento**, los pesos individuales obtenidos durante las 7 semanas de producción para cada tratamiento, se observó que conforme avanza el tiempo la variación de peso para cada tratamiento aumenta, siendo esto por estar estrechamente influenciado el peso de cada semana por el peso de la semana anterior. Es de considerar, que al observar una gran variación de las mediciones por no presentar independencia, fue necesario realizar una transformación matemática a la variable peso, obteniendo que la transformación a logaritmo natural es la que presentó un mejor efecto para disminuir esta variación, que se comprobó por la distribución gráfica que presentaron los residuales. Se encontró que la curva de crecimiento está bien representada mediante el modelo asignado al obtener un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.996$), explicando el 93.56% una tendencia lineal y un 4.61% una tendencia cuadrática. Lo cual concuerda con los resultados observados por Soto *et al* [4], quienes encontraron un comportamiento cuadrático para la ecuación de peso corporal para el periodo completo de producción con una $R^2=0.7080$. En el Cuadro 1 (Anexo 1), se observa que resultaron con diferencias estadísticas ($p<0.01$) los efectos principales de tratamiento, sexo y semana, así como para las interacciones tratamiento por semana, sexo por semana y tratamiento por sexo por semana. Con relación a los tratamientos, en general presentaron coeficientes de determinación altos, señalando el buen ajuste de la curva de crecimiento. Específicamente, al comparar el tratamiento testigo con el tratamiento preiniciador, éste no fue mejor, ya que sus coeficientes para la variable semana en machos (0.980) y hembras (0.957), resultaron más bajos que los del testigo (1.004 y 0.965) (Cuadro 2, Anexo 1). Para los tratamientos donde se aumentó o disminuyó el 1%PC con respecto al grupo testigo, el tratamiento que resultó con el mayor crecimiento para ambos sexos fue la dieta formulada con -1%PC, donde machos y

hembras resultaron con coeficientes 1 009 y 0 976 respectivamente. Esto se corrobora con el valor del punto de inflexión de la curva, que resultó ser el más bajo para machos (7 53) y para hembras (7 75); indicando con esto, que es el tratamiento donde las aves alcanzan más rápidamente su pico de crecimiento con una mejor ganancia de peso que el grupo testigo, con una diferencia de 5 84% para machos y 2% para hembras. No resultando así, al aumentar 1%PC, ya que resulta menor con respecto al tratamiento testigo. Con relación a los tratamientos de más y menos 50 kcal/kg EM, el tratamiento testigo resulta mejor que ambos tratamientos en promedio con una diferencia de 3 13% para machos y un 4 36% para hembras. Hancock *et al* [13] reportaron que la edad a la cual las hembras y los machos de diferentes estirpes alcanzan el punto de inflexión, difieren aproximadamente en 2 días, y que las hembras llegan a este punto de inflexión en la curva de crecimiento antes que los machos; lo cual no concuerda con los resultados en este experimento. Además mencionan que es interesante notar que la edad a la cual este punto se alcanzó, está íntimamente ligado a la edad en la cual los pollos se llevaron al rastro; en México con la estirpe utilizada, la edad al rastro ocurre antes de lo que resulta en el punto de inflexión. Knízatová *et al* [14] observaron que el punto de inflexión para pollos de engorda hembras de la estirpe White Cornish y White Plymouth Rock fue de 47 7 días, edad muy diferente a la encontrada en este experimento en hembras de la estirpe Hybro (56 5 días), esto debido a la velocidad de crecimiento para cada estirpe.

2) Peso corporal, en los valores promedio de peso inicial para machos y hembras, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$). En machos (Cuadro 2), el tratamiento preiniciador superó ($p < 0.05$) al tratamiento testigo en un 7 4% a los 7 días, al día 21 los valores para los tratamientos +1%PC y -50 kcal/kg EM fueron menores ($p < 0.05$) al testigo, superándolo ($p < 0.05$) el tratamiento -1%PC con una diferencia del 21%, situación que se pierde al día 35, donde resulta con valor inferior al tratamiento testigo ($p < 0.05$) junto con los tratamientos +1%PC y +50 kcal/kg EM, a los 49 días estos dos últimos tratamientos tuvieron la misma tendencia; esto posiblemente se puede atribuir al gasto energético que se produce al metabolizar estos incrementos de proteína y energía. Para hembras, el tratamiento preiniciador y testigo no fueron diferentes ($p > 0.05$) al día 7; al día 21 los tratamientos +1%PC y -50 kcal/kg EM resultaron inferiores ($p < 0.05$) al tratamiento testigo; y en el día 49 no se encontró diferencia significativa entre tratamientos para este sexo, indicando que el aumentar o disminuir proteína y energía en las proporciones experimentadas no mejora el peso corporal final.

3)

VARIABLES ZOOTÉCNICAS, a través de las semanas se observó un efecto cuadrático, seleccionado por el mayor coeficiente de determinación con respecto a un efecto lineal para las variables consumo de: alimento (Cuadro 3, Anexo 1), proteína (Cuadro 4, Anexo 1) y energía (Cuadro 5, Anexo 1); para las conversiones alimenticias: comercial (Cuadro 6, Anexo 1), y corregida para mortalidad (Cuadro 7, Anexo 1); para las eficiencias: alimenticia (Cuadro 8, Anexo 1), proteínica (Cuadro 9, Anexo 1) y energética (Cuadro 10, Anexo 1); y ninguna tendencia para la mortalidad total (Cuadro 11, Anexo 1), mortalidad por síndrome ascítico (Cuadro 12, Anexo 1) y para el índice de producción (Cuadro 13, Anexo 1) Dentro del **consumo de alimento**, en general los machos superaron en promedio semanal acumulado a las hembras en un 19.4%. En los machos, el tratamiento testigo consumió la mayor cantidad de alimento, superando a los tratamientos: -50 kcal/kg EM con un 4.8%, preiniciador 5.6%, +50 kcal/kg EM en 11.8%, +1%PC 17.4% y al de -1%PC con 18.9%; lo que indica que al proporcionar menos nutrientes, no aumenta el consumo; ocurriendo lo contrario para las hembras, donde el tratamiento testigo fue superado por los tratamientos: -1%PC con un 1.3%, -50 kcal/kg EM con 7.3%, reflejando también un mayor consumo la inclusión de +50 kcal/kg EM en 12.7%; siendo inferiores al testigo, los consumos acumulados de los tratamientos: preiniciador con 4.8% y +1%PC con 5.4% (Cuadro 3, Anexo 1) Dentro de los resultados obtenidos en la **conversión alimenticia comercial** semanal acumulada, se observa que en machos, los tratamientos de +50 kcal/kg EM, +1%PC, preiniciador y -1%PC tuvieron mejor conversión con respecto al testigo con una diferencia de 2.0%, 4.8%, 1.2% y 12.1% respectivamente; observándose peor conversión semanal con el tratamiento -50 kcal/kg EM con 0.12%. En las hembras resultan con mejor conversión los tratamientos +1%PC con una diferencia del 3% y preiniciador con 4.3%, reflejando influencia al aumentar 1% de proteína; siendo peor la conversión para los tratamientos -1%PC con 1.7%, -50 kcal/kg EM con 8.0% y +50 kcal/kg EM con una diferencia mayor (8.5%) (Cuadro 6, Anexo 1) En la **conversión alimenticia corregida para mortalidad**, en los machos se observa que los tratamientos -1% de PC, preiniciador y -50 kcal/kg EM obtienen mejor conversión que el tratamiento testigo con una diferencia del 7.4, 1.6% y 0.05% respectivamente; y con peor conversión los tratamientos +50 kcal/kg EM con 1.4% y +1%PC con 2.4%. Dentro de las hembras para este tipo de conversión, los resultados corroboran los obtenidos en la conversión alimenticia comercial (Cuadro 7, Anexo 1) Los

resultados para la **eficiencia alimenticia**, indican en machos que al disminuir 50kcal/kg EM empeora la eficiencia en un 0.14%; mejorando ésta, en los tratamientos restantes. En hembras, el tratamiento testigo se ve superado al aumentar 1%PC con 3.1% y por el preiniciador 4.5%; obteniendo resultados inferiores al disminuir 1%PC con 1.7%, y al aumentar o disminuir 50 kcal/kg EM, resultando con peor eficiencia en 7.8% y 7.4% respectivamente (Cuadro 8, Anexo 1). Con relación a la **eficiencia proteínica**, para machos el tratamiento testigo resulta igual que al aumentar 1%PC, siendo superado por los tratamientos restantes, excepto por el tratamiento -50 kcal/kg EM; para las hembras, el testigo es superado al disminuir 1%PC con 4.03%, pero al aumentar este 1%PC en preiniciador si refleja mejor eficiencia con 4.8%; sin embargo, el aumentar 1%PC en todo el ciclo productivo, disminuye la eficiencia proteínica en 2.0% con respecto al testigo; en cuanto aumentar o disminuir 50 kcal/kg EM no mejora la eficiencia proteínica (Cuadro 9, Anexo 1). En la **eficiencia energética**, en machos al aumentar 50 kcal/kg EM mejora en un 0.76% con relación al testigo, y al disminuir 50 kcal/kg EM mejora en un 1.54%; aumentar o disminuir 1%PC mejora la eficiencia energética en un 5.38% y 13.8% respectivamente, situación que sucede también con el preiniciador en un 1.54%. Los resultados para hembras dentro de esta eficiencia, superan al testigo al aumentar 1%PC durante todo el ciclo productivo y con la aplicación de una dieta preinicial. Jackson *et al* [15] encontraron que la eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, se afectó ($p < 0.01$) por sus respectivos niveles de inclusión, situación no observada en este experimento en machos ni en hembras (Cuadro 10, Anexo 1). **La mortalidad total**, presentada en hembras fue en promedio de 10.3% y en machos del 22.12%; siendo ambas muy altas, atribuible a que fue una parvada criada en un invierno muy frío; siendo mayor en machos debido al síndrome ascítico. En cuanto a los tratamientos, los machos presentaron la mayor mortalidad en el tratamiento testigo (29.1%), seguido por los tratamientos -50 kcal/kg EM (27.3%), preiniciación (23.6%), +50 kcal/kg EM (21.8%), +1%PC (16.4%) y -1%PC (14.6%); no observando con esto, aumento de mortalidad al incrementar o disminuir la densidad de la dieta en las proporciones experimentadas. Para las hembras, el tratamiento testigo resultó con 9.1% de mortalidad, lo cual fue superado al aumentar o disminuir 50 kcal/kg EM ambos con 18.2%; siendo inferior la mortalidad al aumentar (7.3%) o disminuir (5.5%) el 1% de proteína cruda, y para la inclusión de una dieta preinicial (3.6%) (Cuadro 11, Anexo 1). En la **mortalidad por síndrome ascítico**,

el mayor porcentaje acumulado para machos ocurrió en el tratamiento preiniciador con 18.2%, superando al testigo que resultó con igual mortalidad que el tratamiento con -50 kcal/kg EM (16.4%), siendo inferior a éstos, el valor que se tiene al aumentar 50 kcal/kg EM (14.6%) y al disminuir 1%PC (12.7%), destacando con menor mortalidad la obtenida por el tratamiento +1%PC (5.5%) En las hembras, al aumentar o disminuir 50 kcal/kg EM se observó una mayor mortalidad (5.5%) que el tratamiento testigo (3.6%), que resulta con igual porcentaje al disminuir 1%PC; sin embargo al aumentar 1%PC y con preiniciador, se obtuvo un menor porcentaje de mortalidad (1.8%) (Cuadro 12, Anexo 1)

El índice de producción, para los machos fue menor en el tratamiento de -50 kcal/kg EM (índice = 128) con relación al tratamiento testigo (131), siendo éste último superado por los tratamientos: +50 kcal/kg EM (134), preiniciador (137), +1%PC (145) y -1%PC (171); observándose una influencia directa de la mortalidad total sobre este índice En las hembras, el tratamiento testigo (161) fue superado por los tratamientos -1%PC (164), +1%PC (165) y al incluir un preiniciador (178), resultando inferior el índice al disminuir (134) o aumentar (139) 50 kcal/kg EM (Cuadro 13, Anexo 1)

4) Para el Rendimiento en canal, en el análisis de varianza para las mediciones en rastro (Cuadro 14, Anexo 1), la variable tratamiento presentó diferencia ($p < 0.10$) con relación a piernas, la variable sexo resultó con diferencia ($p < 0.01$) con relación a grasa, pechuga y piernas; la interacción tratamiento por sexo resultó diferente ($p < 0.05$) sólo para grasa En los valores medios (g pieza/100g canal) de las mediciones en rastro (Cuadro 3) resultaron diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento testigo, para grasa medida en machos, el tratamiento +50 kcal/kg EM siendo mayor en un 23% y para hembras el tratamiento -1%PC resultando mayor en un 25.5%; y para piernas, los tratamientos preiniciador y +50 kcal/kg EM siendo menores los rendimientos con 7.4% y 7% respectivamente Los gramos de pechuga/100g peso canal, fue significativamente más grande en hembras que en machos, contrario a reportes previos [16][17] Ishibashi [18] y Ohta y Ishibashi [19] mencionan que el exceso de aminoácidos *per se* o fuentes de proteína, sino que también disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos; comprobándose esto en este estudio Pesti y Fletcher [20], Cabel y Waldroup [21] encontraron que los niveles más altos en proteína con respecto al testigo, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia; coincidiendo con los resultados de este experimento para machos y hembras; además

obtuvieron menos contenido de grasa abdominal, no se observó esto en este experimento Jackson *et al* [15], Kubena *et al* [22] y Waldroup *et al* [23] observaron que la grasa abdominal fue mayor ($p < 0.05$), al aumentar la energía de la dieta cuando fue expresada como porcentaje del peso corporal o sobre la base de peso absoluto; lo cual concuerda sólo para los machos en este estudio; con respecto a esto, Fisher (1984) y Leenstra (1986) indican que uno de los factores principales que afecta el engrasamiento del pollo de engorda, es la concentración de la proteína de la dieta o más precisamente la proporción energía:proteína (E:P). Los pollos alimentados con mayor relación E:P, tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción. En este experimento, al disminuir la proteína o aumentar la energía, se aumenta la relación E:P, resultando con mayor grasa ($p < 0.05$) las hembras al disminuir la proteína, y los machos al aumentar la energía con respecto a los tratamientos restantes. Fisher [24], Leenstra [25] y Bartov [26] reportaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos, circunstancia también observada en este estudio. Brenes *et al* [27] observaron que alimentando con alta proteína durante la primera semana, incrementó la grasa abdominal en un experimento, pero en otro no se afectó; lo cual en este experimento resultó en incremento, pero sin presentar diferencia estadísticamente significativa. Fancher y Jensen [28] reportaron que ni la proteína ni el contenido de energía en dietas utilizadas durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad. Hargis y Creger [29] informaron que al aumentar la proteína en dietas isocalóricas observaron una disminución de 30% de grasa abdominal, situación que en este experimento se observa en machos y en hembras, pero en menor porcentaje 3.3 y 0.3% respectivamente.

5) En la Relación beneficio/costo para machos (Cuadro 15, Anexo 1), el grupo testigo fue superado por todos los tratamientos; el tratamiento que resultó con el mayor ingreso neto y la mayor relación beneficio/costo fue el de -1%PC, siendo 3.07 veces mayor su ingreso neto que el tratamiento testigo; resultando éste también superado por +1%PC, preiniciador, -50 kcal/kg EM y +50 kcal/kg EM con una diferencia porcentual para la relación beneficio/costo de 4.26, 1.67, 0.56 y 0.37 respectivamente. Para hembras (Cuadro 16, Anexo 1), los tratamientos preiniciador, -1%PC y +1%PC presentaron un mayor ingreso neto que el tratamiento testigo, con una diferencia porcentual de 23.6, 5.7 y 4.2 respectivamente.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

- 1 Al aumentar o disminuir la proteína y energía en las proporciones experimentadas, modifica las curvas de crecimiento. Al disminuir 1% de proteína cruda, mejora el coeficiente semanal de crecimiento en machos y hembras de la estirpe Hybro.
- 2 El incluir una dieta de preiniciación en machos, aumenta el peso corporal a los 7 días. En la fase de iniciación disminuir 1% la proteína cruda en machos, beneficia el peso corporal al día 21 de edad.
- 3 No mejora el contenido de grasa, pechuga, piernas y muslos, al aumentar o disminuir la proteína y energía, con referencia a una dieta testigo.
- 4 Para machos aumentar o disminuir la proteína y energía, incrementa la relación beneficio/costo. En hembras, se mejora al incluir un preiniciador y al disminuir y aumentar 1% de proteína cruda con relación al testigo.
- 5 Se recomienda hacer estudios con repeticiones por tratamiento, para comprobar estadísticamente la mejor conversión alimenticia corregida para mortalidad, obtenida al incluir un preiniciador y al disminuir 1% la proteína cruda en machos, y en hembras al incluir un preiniciador y al aumentar 1% de proteína cruda.

REFERENCIAS Y NOTAS

- 1 **Ren-Yu, T. y A.B. Walter**, 1981. Growth patterns of body and abdominal fat weights in male broiler chickens. *Poult Sci* 60:1001-1106.
- 2 **Denise, R.S.K. y J.S. Brinks**, 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *J Anim Sci* 61 (6):1431-1440.
- 3 **Brah, G.S., J.S. Sandhu, y M.L. Chaudhary**, 1994. Analysis of growth curve and distribution statistics for body weights of indigenous guinea fowl. *Indian J Poult Sci* 29:115-121.
- 4 **Soto, R.L., G.E. Ávila, y P.C.G. Vásquez**, 1996. Estudio retrospectivo de algunas características del pollo de engorda comercial en el valle de México. *Téc Pecu Méx* 34 (1):1-11.
- 5 **Murtry, McJ.P., I. Rosebrough, I. Plavnik, y A.L. Cartwright**, 1988. Influence of early plane of nutrition on enzyme systems and subsequent tissue deposition. In: Biomechanics regulating growth and development. G. L. Steffens and I. S. Reumsey, ed.

Beltsville Symposium on Agricultural Research Klumer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands 1988b;12:329-341

6 **National Research Council**, 1994 Nutrient Requirements of domestic Animals Nutrient Requirements of Poultry 10th rev ed Natl Acad Sci , Washington, D C

7 **Penz, A.M.Jr. y J. Luiz**, 1998 South American reflections on standard requirements *Departamento de Zootecnia*; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre; Rs, Brazil: 776

8 **Saleh, E.A., S.E. Watkins, y P.W. Waldroup**, 1997 Changing time of feeding starter, grower, and finisher diets for broilers 2 Birds grown to 2.2 kg *J Appl Poult Res* 6: 64-73

9 **Penz, A.M.Jr. y V. Luiz**, 1996 Nutrición de los pollos de engorda en la primera semana de edad *Departamento de Zootecnia*; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre; Rs, Brazil; 776

10 Se realizó un análisis de costos por tratamiento, tomando únicamente como costos variables, el costo por concepto de alimentación; siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo del número de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total Para obtener los ingresos brutos para cada tratamiento, se tomaron en cuenta: el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento

11 **Steel, R.G.D. y J.H. Torrie**, 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos 2a Ed : *Edit McGraw-Hill/Interamericana*; México; pp 622

12 **SAS Institute**, 1988 SAS/STATTM User s Guide SAS Institute, Inc , Cary, NC

13 **Hancock, C.E., G.D. Bradford, G.C. Emmans, y R.M. Gous**, 1995 The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens *Br Poult Sci* 36:247-264

14 **Knížetová, J.H., J. Hyánek, L. Hyánková, y P. Belíček**, 1995 Comparative study of growth curves in poultry *Genet Sel Evol* 27:365-375

15 **Jackson, S., J.D. Summers, y S. Leeson**, 1982 Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization *Poult Sci* 61:2224-2231

- 16 **Plavnik, I. Y S. Hurwitz**, 1985 The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age *Poult Sci* 64:348-355
- 17 **Plavnik, I. Y S. Hurwitz**, 1988 Early feed restriction in chicks: effect of age, duration, and sex *Poult Sci* 67:384-390
- 18 **Ishibashi, T.**, 1990 Amino acid requirement of poultry *Jpn Poult Sci* 27:1-15
- 19 **Ohta, Y. Y I. Ishibashi**, 1994 Dietary levels and ratio of methionine and cystine for maximum performance of broilers *Jpn Poult Sci* 31:369-380
- 20 **Pesti, G.M. y D.L. Fletcher**, 1984 The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases *Br Poult Sci* 25:415-423
- 21 **Cabel, M.C. y P.W. Waldroup**, 1991 Effect of dietary protein level and length of feeding on performance and abdominal fat content of broiler chickens *Poult Sci* 70:1550-1558
- 22 **Kubena, L.F., T.C. Chen, J.W. Reaton, y F.N. Reece**, 1974 Factors influencing the quality of abdominal fat in broilers 3 Dietary energy levels *Poult Sci* 53:974-978
- 23 **Waldroup, P.W., R.J. Mitchel, J.R. Payne, y Z.B. Johnson**, 1976 Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content *Poult Sci* 55:130-145
- 24 **Fisher, C.**, 1984 Fat deposition in broilers, in: Wiseman J (Ed) Fats in animal nutrition Pages 437-470 (London Butterworths Press)
- 25 **Leenstra, F. R.**, 1986 Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chicks —A review *World's Poult Sci J* 42:12-25
- 26 **Bartov, I.**, 1987 Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age *Br Poult Sci* 28:507-518
- 27 **Brenes, A., K. Takashashi, y L.S. Jensen**, 1983 Effect of early nutrition on abdominal fat in broilers *Poult Sci* 62:1389
- 28 **Fancher, I. B. y L.S. Jensen**, 1986 Effects of early nutrition alterations upon market age broiler performance *Poult Sci* 65 (Suppl 1):167
- 29 **Hargis, P.H. y C.R. Creger**, 1980 Effects of varying dietary protein and energy levels on growth rate and body fat of broilers *Poult Sci* 59:1499-1504

CUADRO 1 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA BALANCEADA TESTIGO POR SEXO INCLUYENDO FASE DE PREINICIADOR EXPERIMENTAL

INGREDIENTES	PREINICIADOR 0 a 7 días		INICIADOR 0 a 21 días		CRECIMIENTO 22 a 35 días		FINALIZADOR 36 a 49 días	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
	% DE LA DIETA							
Sorgo (8% PC)	55.027	60.537	65.227	68.934	63.352	70.184		
Harina de soya (47% PC)	38.697	24.292	17.301	14.497	21.379	13.166		
Gluten de maiz (62.0% PC)		7.000	7.000	7.000	3.023	7.000		
Harina de carne (48% PC)	2.938	5.000	6.897	6.941	6.270	5.952		
Aceite de soya		0.883	1.731	1.128	4.190	1.861		
Ortofosfato de calcio (20/21)	1.046	0.490						
Carbonato de calcio (38%)	0.999	0.577	0.327	0.332	0.250	0.390		
Sal	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200		
Cloruro de colina (60%)	0.167	0.167	0.167	0.167	0.117	0.117		
Bicarbonato de sodio	0.439	0.164	0.079	0.078	0.109	0.125		
L-Lisina HCl		0.276	0.340	0.320	0.150	0.321		
DL-Metionina	0.227	0.154	0.146	0.163	0.195	0.098		
Premezcla vitamínica ^A	0.100	0.100	0.080	0.080	0.080	0.080		
Premezcla mineral ^B	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100		
Salinomicina sódica	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050		
BMD ^C	0.050	0.050						
3-Nitro (20%)	0.035	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025		
Surmax (112.5/colistin)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020		
Pigmento amarillo (11g/kg)			0.345	0.345	0.723	0.364		
Carophyl rojo					0.005	0.005		
Total	100	100	100	100	100	100		
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS								
EM (kcal/kg)	2800	3000	3100	3100	3200	3150		
Proteína Cruda, %	24	23	21	20	20	19		
Calcio, %	0.90	0.90	0.88	0.88	0.80	0.80		
Fósforo Disponible, %	0.47	0.47	0.45	0.45	0.42	0.42		
Sodio, %	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Lisina, %	1.32	1.25	1.15	1.06	1.06	1.00		
Metionina + Cistina, %	0.95	0.90	0.83	0.82	0.78	0.73		
^A Premezcla vitamínica por kg de dieta: vitamina A, 8,800 UI; colecalciferol, 2,500 UI; vitamina E, 15 UI; vitamina B ₁₂ , 0.020 mg; riboflavina, 5.5 mg; niacina, 36 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; menadiona, 2.0 mg; ácido fólico, 1.0 mg; tiamina, 2.0 mg; piridoxina, 2.2 mg; biotina, 0.050 mg; etoxiquin, 125 mg ^B Premezcla mineral por kg de dieta: Mn, 110 mg; Zn, 55 mg; Fe, 60 mg; Cu, 12 mg; I, 1.0 mg; Se, 0.3 mg ^C BMD = Bacitracina metil discalcalato.								

CUADRO 2 VALORES ACUMULADOS DE PESO CORPORAL (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 6 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS						
SEMANA	TESTIGO	PREINICIADOR	+1% PC	-1% PC	+50 kcal/kg EM	-50 kcal/kg EM
MACHOS						
0	41 a	42 a	42 a	43 a	42 a	43 a
1	94 a	101 b	100 a	103 b	94 a	94 a
2	239 a	238 a	219 b	248 a	226 a	223 b
3	492 a	480 a	433 b	595 b	468 a	459 b
4	852 a	801 b	776 b	800 b	758 b	778 b
5	1173 a	1130 a	1086 b	1090 b	1063 b	1115 a
6	1660 a	1605 a	1460 b	1585 a	1500 b	1570 b
7	2164 a	2074 a	1937 b	2070 a	1976 b	2061 a
HEMBRAS						
0	41 a	41 a	40 a	41 a	41 a	42 a
1	97 a	98 a	94 a	102 a	98 a	90 b
2	233 a	228 a	210 b	240 a	228 a	210 b
3	461 a	451 a	410 b	471 a	466 a	420 b
4	737 a	728 a	698 b	757 a	745 a	695 b
5	1043 a	1024 a	1023 a	1048 a	1060 a	996 a
6	1465 a	1445 a	1443 a	1468 a	1501 a	1416 a
7	1840 a	1831 a	1795 a	1833 a	1913 a	1829 a

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) con respecto al grupo testigo.

**CUADRO 3 VALORES MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g)
DE LAS MEDICIONES EN RASTRO PARA MACHO Y HEMBRA DE
LOS 6 TRATAMIENTOS**

TRATAMIENTO	GRASA	PECHUGA	PIERNAS	MUSLOS
MACHOS				
Testigo	2.40	26.55	14.13	15.29
Preiniciador	2.48	27.19	13.09 *	14.72
+ 1% PC	2.32	25.58	14.17	15.36
- 1% PC	2.08	26.04	13.72	15.31
+ 50 kcal/kg EM	2.96 *	25.59	13.14 *	14.91
- 50 kcal/kg EM	2.65	26.26	13.42	14.84
HEMBRAS				
Testigo	3.06	27.40	12.89	14.76
Preiniciador	3.19	27.25	12.63	15.36
+ 1% PC	3.05	28.19	12.59	14.71
- 1% PC	3.84 *	27.97	12.70	14.91
+ 50 kcal/kg EM	3.20	28.53	12.32	14.96
- 50 kcal/kg EM	3.60	28.53	12.62	14.72

* Presenta diferencia ($P < 0.05$) con el grupo testigo

Experimento 2

EVALUACIÓN DE DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL MEDIANTE CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL

RESUMEN

En teoría el concepto de proteína ideal parece bastante adecuado, pero en formulaciones prácticas no se ha constatado su validez experimentalmente. Debido a esto, bajo el concepto de proteína ideal y mediante curvas de crecimiento, peso corporal, variables zootécnicas, rendimiento en canal y relación beneficio/costo, se evaluaron dietas con aumento y disminución de 1% de proteína cruda y 50 kcal/kg de energía metabolizable, así como la inclusión de una dieta preinicial. Se utilizaron 660 pollitos de un día de edad (330 machos y 330 hembras) de la misma estirpe de la línea Hybro y distribuidos en 6 grupos por sexo de 55 aves cada uno. Los grupos se distribuyeron aleatoriamente en 6 programas alimenticios: 1) Dieta testigo; 2) Dieta preiniciador de 1 a 7 días, y de 8 a 49 días la dieta testigo; 3) Dieta testigo +1% de proteína cruda; 4) Dieta testigo -1% proteína cruda; 5) Dieta +50 kcal/kg de energía metabolizable; y 6) Dieta -50 kcal/kg energía metabolizable; proporcionadas a libre acceso durante los 49 días de producción. Los resultados indican que las curvas de crecimiento están representadas ($R^2=0.997$) por un modelo en un 93.14% con una tendencia lineal y un 5.76% con una tendencia cuadrática. Para el peso corporal, sólo en hembras se observó diferencia ($p<0.05$) entre el tratamiento -1% proteína cruda y el testigo al día 21 de edad, siendo superior en un 10.86%, perdiéndose esta diferencia al paso del tiempo. En machos todos los tratamientos excepto el tratamiento +50 kcal/kg energía metabolizable, fueron mejores que el testigo con relación a: conversión alimenticia comercial, índice de producción y para las eficiencias alimenticia, proteínica y energética. En hembras, todos los tratamientos superaron al testigo para: conversión alimenticia comercial, índice de producción y para las eficiencias alimenticia y energética; y sólo para la eficiencia proteínica el tratamiento más 1% de proteína cruda no lo superó. El rendimiento de pechuga, con respecto al tratamiento testigo, en machos fue mayor para los tratamientos +50 kcal/kg de energía metabolizable (5.66%; $p<0.10$) y +1%

de proteína cruda (6.76%; $p < 0.05$); y en hembras fue superado por el preiniciador (5.22%; $p < 0.10$), +1% proteína cruda (5.79%; $p < 0.05$), -50 kcal/kg energía metabolizable (8.04%; $p < 0.01$) y +50 kcal/kg energía metabolizable (8.15%; $p < 0.01$). Para grasa, en las hembras se encontró que resultaron inferiores al grupo testigo los tratamientos +1% proteína cruda (6.39%; $p < 0.05$) y +50 kcal/kg de energía metabolizable (13.76%; $p < 0.05$), y superior el tratamiento -1% proteína cruda (10.56%; $p < 0.05$). Se concluye de acuerdo a las condiciones experimentales empleadas, que al aumentar o disminuir la proteína y energía bajo el concepto de proteína ideal, se modifica el comportamiento de las curvas de crecimiento. **En machos**, disminuir o aumentar 1% de proteína cruda y al aumentar 50 kcal/kg de energía metabolizable con respecto a la dieta testigo, mejora los coeficientes de crecimiento semanal, pero no así el peso corporal. El Aumentar 1% de proteína cruda y 50 kcal/kg de energía metabolizable mejora el rendimiento de pechuga. Aumentar o disminuir 1% la proteína cruda, utilizar una dieta preiniciación y al disminuir 50 kcal/kg la energía metabolizable aumenta el retorno económico. **Para las hembras**, disminuir 1% de proteína cruda mejora el peso corporal al día 21 de edad. Al aumentar o disminuir 50 kcal/kg de energía metabolizable, aumentar 1% la proteína cruda y con una dieta de preiniciación mejora el rendimiento de pechuga. Al disminuir 50 kcal/kg de energía metabolizable afecta el rendimiento de piernas. El disminuir 1% de proteína cruda aumenta la cantidad de grasa abdominal, y al aumentar 1% la proteína cruda o 50 kcal/kg la energía metabolizable se disminuye. Al formular sobre la base de proteína ideal, todos los tratamientos son más eficientes económicamente que el tratamiento testigo.

Palabras Clave: Pollo de engorda, Proteína ideal, Curvas de crecimiento, Peso corporal, Rendimiento en canal

EVALUATION OF DIETS FOR BROILER CHICKENS, FORMULATED UNDER THE IDEAL PROTEIN CONCEPT, THROUGH GROWTH CURVES AND CARCASS YIELD

ABSTRACT

Theoretically, the ideal protein concept seems adequate enough, but in real life formulas its validity has not been verified by experimentation. In view of the above, under the ideal protein concept and through growth curves, body weight, zootechnical variables, carcass yield, and cost/benefit relation, diets with increases or decreases of 1% crude protein and 50 kcal/kg of metabolizable energy were used, besides including an pre-initial diet. Six-hundred-sixty broiler chickens (330 males and 330 females), one day old, from a Hybro breed were used. Animals were divided in six groups per sex, each group of 55 chickens. Groups were randomly assigned to six feedings programs: 1) Control diet, 2) Pre-initial diet from 1 to 7 days and from 8 to 49 days control diet, 3) Control diet +1% crude protein, 4) Control diet -1% crude protein, 5) Control diet +50 metabolizable energy kcal/kg, and 6) Control diet -50 metabolizable energy kcal/kg. Animals were fed *ad libitum* for the 49 days of production. Results indicate that the growth curves are represented by a model ($R^2=0.997$) in 93.14% with a lineal tendency and 5.76% with a squared tendency. For body weight, only females revealed a difference ($p<0.05$) between -1% crude protein treatment and the control diet at day 21, being higher in 10.86%, although the difference was lost along time. For males, all treatments, except +50 metabolizable energy kcal/kg, were better than the control in regard to commercial feeding conversion, production index, and for nutrient, proteic and energetic efficiencies. In females, all treatments surpassed the control diet for: commercial feeding conversion, production index and for nutrient and energetic efficiencies; except for proteic efficiency only the +1% crude protein was not better than the control. Breast yield, with respect to controls, was higher for males with +50 metabolizable energy kcal/kg (5.66%; $p<0.10$) and +1% crude protein (6.76%; $p<0.05$) treatments. For females, breast yield was improved with the pre-initial (5.22%; $p<0.10$), +1% crude protein (5.79%; $p<0.05$), -50 metabolizable energy kcal/kg (8.04%; $p<0.01$), and +50 metabolizable energy kcal/kg (8.15%, $p<0.01$) diets. Regarding fat, it was found that females had lower yields with

treatments +1% crude protein (6.39%, $p < 0.05$) and +50 metabolizable energy kcal/kg (13.76%; $p < 0.05$) than controls; whereas the fat yield was higher with treatment -1% crude protein (10.56%; $p < 0.05$). In the used experimental conditions used, when increasing or decreasing the protein and energy proportion under the ideal protein concept, the behavior of the growth curves is modified. **In males**, a 1% reduction or increment of crude protein and the increase of metabolizable energy by 50 kcal/kg as compared to the control diet, improves the weekly growth coefficients, but not the body weight. Regarding breast yield, this is better than in the control group when increasing 1% crude protein, as well as an increased energy with the 50 kcal/kg of metabolizable energy. Economic returns are increased when 1% crude protein is increased or reduced, a pre-initiation diet is used and metabolizable energy is reduced by 50 kcal/kg. **For females**, a reduction of 1% crude protein improves the body weight by the 21st day of age. The breast yield was higher with the increase or decrease in 50 metabolizable energy kcal/kg, the increase of 1% crude protein and the pre-initial group. The reduction of metabolizable energy by 50 kcal/kg affects the drumstick yield. A greater amount of fat was obtained by -1% crude protein and less amount of fat when increasing 1% crude protein or 50 metabolizable energy kcal/kg. When formulas are based on ideal protein, all treatments are economically more efficient than the control treatment.

Key words: Broiler chickens, Ideal protein, Growth curves, Body weight, Carcass yield.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Durante muchos años, las formulaciones de raciones para aves se basaron en el concepto de proteína bruta (cantidad de N x 6.25), que proporcionaban dietas con contenido de aminoácidos por encima de las exigencias reales de los animales, lo cual no se manifestaba en la eficiencia alimenticia. Se ha publicado interacción significativa entre proteína cruda (PC) por sexo, concluyendo [1][2] que existen diferencias por sexo en los requerimientos de PC. El desarrollo de los aminoácidos sintéticos posibilitó una nueva perspectiva en cuanto al uso de la proteína; así las dietas, se formularon con niveles de aminoácidos más próximos a las necesidades de los animales. La propuesta de usar aminoácidos sintéticos, favorece la disminución en los costos de producción, en función de la reducción del nivel de proteína bruta en las dietas [3][4]; además de producir un aumento en la eficiencia de utilización de la proteína, hecho que aprovecha al máximo el uso de aminoácidos para la síntesis proteínica y el mínimo como fuente de energía y por último, ofrece disminuir los efectos negativos del exceso de nitrógeno excretado y con esto, la disminución de la contaminación ambiental [5].

El término de proteína ideal no es novedoso, ya que desde 1946 había sido descrito y se encuentra ampliamente difundido; pero a la vez es poco preciso, debido a la variación que existe en algunos ingredientes, sobre todo los de origen animal o subproductos y de las necesidades del ave de acuerdo a su edad y/o sexo [6].

Para ser ideal, la proteína o la combinación de proteínas no debe poseer aminoácidos en exceso o deficitarios. Así mismo, los aminoácidos deben estar presentes en la dieta, exactamente en los niveles exigidos para la manutención y para la máxima deposición de proteína. Por lo tanto, una proteína ideal no existe en la práctica, por lo que se debe aproximar al máximo los niveles de aminoácidos con las exigencias de las aves en las diferentes fases de producción, minimizando así, el exceso de aminoácidos en las dietas [7].

En teoría, el concepto de proteína ideal suena bastante adecuado, pero existen serias limitaciones cuando se intenta aplicarlo en formulaciones prácticas, y posiblemente por ello su utilización de una manera correcta, no se ha llevado a cabo ampliamente. Antes de proceder a implantar en forma comercial un programa de alimentación con proteína ideal, es necesario tener la información confiable de los valores de digestibilidad que se

integrarían a la matriz de la formulación y la proporción que se incluirá, con respecto al aminoácido de referencia que generalmente es la lisina [8]

Las ventajas de la proteína ideal radican principalmente, en que una vez establecidos los valores de digestibilidad de los aminoácidos, se podrá reducir el contenido de proteína cruda de la dieta, sin afectar la productividad de las parvadas y mejorar el rendimiento de la canal [3] En diferentes investigaciones se ha demostrado que las aves modifican su comportamiento productivo debido a la calidad de la proteína utilizada y al balance de los aminoácidos en la dieta [9][10][11][12]

Las estirpes que se utilizan en la actualidad han sido sujetas a programas de selección, claramente dirigidos en busca de un mayor crecimiento en el menor tiempo posible, modificando así la fisiología de las aves y dando origen a animales más exigentes en sus necesidades nutricionales, incluyendo algunos aminoácidos esenciales que son limitantes en su crecimiento, como es el caso de metionina y lisina [13] Se ha mencionado que el mayor énfasis en los programas de crianza comercial había sido sobre la selección por crecimiento. Sin embargo, actualmente la atención está enfocada para la selección por la eficiencia alimenticia y ésta podría estar acompañada por una reducción en el contenido de grasa corporal [14]

El presente experimento está enfocado a evaluar el nivel de proteína y energía de una dieta comercial y la inclusión de una dieta preinicial en pollos de engorda, formuladas a través del requerimiento de proteína ideal, mediante curvas de crecimiento, variables zootécnicas, rendimiento en canal y su relación beneficio-costeo

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 660 pollos de engorda de un día de edad (330 machos y 330 hembras) de la línea Hybro y de la misma estirpe, siendo identificados mediante una banda numerada en el pliegue del ala y asignados aleatoriamente a un lote experimental para cada tratamiento, y mantenidos en producción hasta los 49 días de edad. Cada lote experimental fue de 2,97 x 1,5m, alojando 55 aves en piso de cemento con una cama de paja de trigo, conteniendo 2 comederos tipo tolva y 1 bebedero automático de campana; la circunferencia de los comederos y bebedero fue de 1,22 y 1,06m respectivamente. Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta común a la avicultura comercial, proporcionando calor

4 calentadores de gas con turbina y termostato con capacidad de 60,000 BTU/hora, manteniendo una temperatura inicial de 32 °C siendo reducida 2 °C por semana

Los machos y hembras se criaron en lotes separados para cada tratamiento, mediante un arreglo factorial 6x2, donde el primer factor fue el tipo de dieta utilizada y el segundo el sexo. Las dietas fueron: 1) Dieta comercial **testigo**; 2) Dieta **preiniciador**, ofrecida desde la recepción hasta el día 7 de edad. Del día 8 al 49, consumieron la dieta testigo; 3) Dieta testigo más 1% de proteína cruda (**+1%PC**); 4) Dieta testigo menos 1% de Proteína cruda (**-1%PC**); 5) Dieta testigo más 50 kcal/kg de energía metabolizable (**+50 kcal/kg EM**); y 6) Dieta testigo menos 50 kcal/kg de energía metabolizable (**-50 kcal/kg EM**). Los programas alimenticios fueron iniciador (0 a 21 días), crecimiento (22 a 35 días) y finalizador (36 a 49 días)

Las aves se alimentaron a libre acceso con las diferentes dietas formuladas bajo el concepto proteína ideal, usando ingredientes comunes a partir de sorgo y pasta de soya en forma de harina. El Cuadro 1 muestra por sexo, la composición y el análisis calculado de la dieta testigo, incluyendo la fase del preiniciador experimental; la dieta testigo reúne o excede las recomendaciones del NRC [15]. El programa de iluminación usado fue de 1 a 7 días 23h de luz total (natural + artificial), 8 a 21 días 12h, 22 a 28 días 14h, 29 a 42 días 16h y 43 a 49 días 23h de luz total

Se estimaron los cambios en el crecimiento, variables zootécnicas, rendimiento en canal y relación beneficio-costo en función de dieta y sexo. Las medidas de la variabilidad se dividieron en: **1) Curvas de crecimiento**, donde se registró el peso para cada semana por ave, incluyendo su peso inicial; **2) Peso corporal**, se obtuvieron los valores medios semanales de las aves para cada tratamiento y se compararon con el grupo testigo; **3) Variables zootécnicas**, se midieron por lote semanalmente los consumos de: alimento, proteína y energía; las conversiones alimenticia comercial y alimenticia corregida para mortalidad; las eficiencias alimenticia, proteínica y energética; el índice de producción, y la mortalidad total y por síndrome ascítico; a todas las aves muertas se les realizó la necropsia para determinar la causa de muerte; **4) Rendimiento en canal**, se evaluó en rastro al día 49, seleccionando aleatoriamente un tamaño de muestra de 15 aves por tratamiento, midiendo el peso de la canal, grasa abdominal, piernas, muslos y pechuga; los pesos respectivos se utilizaron para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada

100g de canal La grasa abdominal fue retirada y pesada antes de pesar la canal eviscerada; y ésta última, se pesó conteniendo cabeza y patas. **5) Relación beneficio/costo**, a través de un análisis económico se obtuvo la relación beneficio/costo para cada tratamiento por sexo [16]

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo al cual se le atribuye el total de la variación del peso corporal por pollo fue el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + IIS_{(ij)k} + \delta_{(ijk)} + P_l + IP_{il} + SP_{jl} + TSP_{ijl} + \mathcal{E}_{(ijkl)m}$$

donde: y_{ijklm} representa la m -ésima respuesta aleatoria de peso corporal, asociada a la l -ésima semana, al k -ésimo individuo, al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 6$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j = \text{macho o hembra}$; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; $IIS_{(ij)k}$ es el k -ésimo individuo dentro del j -ésimo sexo y el i -ésimo tratamiento; $\delta_{(ijk)}$ representa el error de restricción NID $(0, \sigma^2 \delta)$; P_l es el efecto de la l -ésima semana $0 \leq l \leq 7$; IP es la interacción del i -ésimo tratamiento con la l -ésima semana; SP es la interacción del j -ésimo sexo con la l -ésima semana; TSP es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo con la l -ésima semana; $\mathcal{E}_{(ijkl)m}$ representa al error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$

Las variables zootécnicas medidas a través del tiempo para cada tratamiento y por sexo, se analizaron estadísticamente buscando un modelo a través de un análisis de regresión [17] que mejor los represente, decidiendo el mejor ajuste por el coeficiente de determinación (R^2) más alto; todo esto mediante el paquete estadístico computacional SAS [18] Los pesos individuales y los datos del rendimiento en canal se analizaron estadísticamente de acuerdo a los modelos lineales generales (GLM) de procedimientos SAS

Al presentarse diferencias significativas entre tratamientos para el peso corporal y para el rendimiento en canal, las medias se compararon mediante el procedimiento de SAS Student-Newman-Keuls ($\alpha=0.05$), para obtener las diferencias entre el grupo testigo contra cada uno de los tratamientos experimentales. El lote experimental fue la unidad experimental, los principales efectos de dieta, sexo y semana fueron examinados; así como,

sus correspondiente interacciones, tomando como término error al cuadrado medio. Para el análisis del rendimiento en canal, se incluyó como covariable el peso de la canal por incidir en el modelo. En las variables que se encuentran como porcentajes, se usó la transformación: arcoseno raíz de y , para su posterior análisis estadístico y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 49 días, para: **1) Curvas de crecimiento**, al graficar los pesos individuales obtenidos en las 7 semanas para cada tratamiento, se observó que conforme avanza el tiempo la variación de peso para cada tratamiento aumenta, siendo esto, por estar estrechamente influenciado el peso de cada semana por el peso de la semana anterior, no presentando independencia las mediciones, por lo cual fue necesario realizar una transformación matemática a la variable peso, obteniendo que la transformación a logaritmo natural disminuye esta variación. Se encontró que la curva de crecimiento está bien representada mediante el modelo asignado, al obtener un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.997$), explicando el 93.14% una tendencia lineal y un 5.76% una tendencia cuadrática. Lo cual concuerda con los resultados observados por Soto *et al* [13], quienes encontraron un comportamiento cuadrático para la ecuación de peso corporal para el periodo completo de producción con una $R^2= 0.7080$. En el Cuadro 1 (Anexo 2), se observa que resultan con diferencias estadísticas ($p<0.01$) para los efectos principales sexo y semana, así como para las interacciones tratamiento por semana, sexo por semana, tratamiento por sexo por semana y con diferencia $p<0.05$ la interacción tratamiento por sexo. Los machos presentaron puntos de inflexión en la curva de crecimiento más altos que las hembras, al aumentar y disminuir proteína y energía metabolizable, indicando con esto, que las hembras desarrollan su potencial de crecimiento más rápido aunque su coeficiente semanal sea menor, no cumpliéndose esto último para la dieta preiniciador, donde las hembras presentan un coeficiente mayor (1.033) que los machos (1.020) (Cuadro 2, Anexo 2). En los machos, los coeficientes semanales de las dietas +50 kcal/kg EM (1.060), -1%PC (1.058) y +1%PC (1.040) superaron al de la dieta testigo (1.036); y las dietas -1%PC (7.45) y +50 kcal/kg EM (7.57) presentaron los puntos de inflexión más bajos que la dieta testigo (7.62). En el caso de las hembras, los tratamientos que resultaron

con el coeficiente semanal más alto con relación al tratamiento testigo fueron los de +50 kcal/kg EM (1 034), preiniciador (1 033), +1%PC (1 031) y el de -1%PC (1 030); además de que todos ellos, obtuvieron también un punto de inflexión más bajo con respecto a los machos; lo cual concuerda con lo reportado por Hancock *et al.* [19] quienes mencionan que las hembras alcanzan este punto de inflexión en la curva de crecimiento antes que los machos y que las hembras y los machos difieren aproximadamente por 2 días. Además mencionan que es interesante notar que la edad a la cual este punto se alcanzó, está íntimamente ligado a la edad en la cual los pollos de engorda fueron usualmente al rastro; esto aquí sí fue observado, denotándose que, el punto de inflexión para todos los tratamientos, indica que al presentar un punto máximo de potencial genético desarrollado bajo las mismas condiciones experimentales y de estirpe, además del efecto de la dieta, tiene implicaciones prácticas para decidir la edad a rastro. Knízatová *et al.* [20] observaron que el punto de inflexión para pollos de engorda hembras de la estirpe White Cornish y White Plymouth Rock fue de 47 7 días. edad muy diferente a la observada en este estudio en hembras de la estirpe Hybro (52 2 días), esto debido a la velocidad de crecimiento para cada estirpe.

2) En el Peso corporal, no se encontraron diferencias ($p>0.05$) en los valores promedio para el peso inicial de machos y hembras. Para machos (Cuadro 2), el tratamiento preiniciador no superó al testigo a los 7 días, indicando con esto que no se justifica su inclusión en el programa alimenticio, debido a su mayor costo; al día 21 el valor para el tratamiento de -50 kcal/kg EM fue menor ($p<0.05$) al testigo, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en el resto de los tratamientos con relación al grupo testigo; y a partir del día 35 hasta el final del experimento, ningún tratamiento presentó diferencias ($p>0.05$) con relación al testigo; es decir, que al aumentar o disminuir la energía y la proteína en las proporciones experimentadas, no se logra un beneficio en el ciclo productivo. Para hembras, los valores de los tratamientos de preiniciador, +/- 1% PC y +50 kcal/kg EM fueron menores ($p<0.05$) al tratamiento testigo al día 7; al día 21 el tratamiento -1%PC resultó superior con relación al testigo en un 10 86% ($p<0.05$); al día 35 el mismo tratamiento resultó menor con 6% y diferente ($p<0.05$) al testigo; y finalizando con 4 64% inferior ($p=0.055$).

3) En las Variables zootécnicas, a través de las semanas se observó una tendencia cuadrática para las variables consumo de: alimento (Cuadro 3, Anexo 2), proteína (Cuadro 4, Anexo 2) y energía (Cuadro 5, Anexo 2); para

las conversiones: alimenticia comercial (Cuadro 6, Anexo 2) y para la alimenticia corregida por mortalidad (Cuadro 7, Anexo 2); para las eficiencias: alimenticia (Cuadro 8, Anexo 2), proteínica (Cuadro 9, Anexo 2) y energética (Cuadro 10, Anexo 2); y ninguna tendencia para la mortalidad total (Cuadro 11, Anexo 2), mortalidad por síndrome ascítico (Cuadro 12, Anexo 2) y para el índice de producción (Cuadro 13, Anexo 2) Específicamente para el **consumo de alimento**, los machos superaron en un 13.77% en promedio semanal acumulado a las hembras. Dentro de los machos el tratamiento de +50 kcal/kg EM consumió la mayor cantidad de alimento, no obteniendo beneficio en peso corporal al final del experimento, seguido por el testigo con un porcentaje menor de 8.33 y con respecto a éste, le siguieron en forma descendente los porcentajes de -1%PC con menos 0.86, +1%PC con menos 2.81, -50 kcal/kg EM con menos 3.16 y el preiniciador con el más bajo del 5.04; que aun y consumiendo menos alimento, los pollos de los tratamientos + y - 1%PC resultan con mejor peso corporal al final del experimento. Dentro de las hembras, el mayor consumo semanal acumulado lo obtuvo el tratamiento testigo, que finaliza con el mayor peso corporal, seguido por los porcentajes menores de los tratamientos -50 kcal/kg EM con menos 3.64, preiniciador con menos 5.03, +50 kcal/kg EM con menos 5.12, +1%PC con menos 5.22 y el más bajo de 7.72 para el de -1%PC (Cuadro 3, Anexo 2). En machos, se observó mejor **conversión alimenticia comercial** semanal acumulada con respecto al grupo testigo, los tratamientos de +1%PC (5.16%), -1%PC (2.5%), -50 kcal/kg EM (1.46%) y preiniciador (0.83%); observando la peor conversión semanal para el tratamiento de +50 kcal/kg EM (6.57%). En las hembras, el testigo fue superado por todos los tratamientos: +1%PC (3.6%), -1%PC (3.18%), -50 kcal/kg EM (3.18%), +50 kcal/kg EM (2.93%) y preiniciador (1.13%) (Cuadro 6, Anexo 2). Pesti y Fletcher [21] también observaron mejor conversión alimenticia con un nivel de PC más alto con ausencia de una respuesta en el crecimiento. Cabel y Waldroup [22] encontraron que en dietas con niveles de PC por debajo de 19% reducen su conversión alimenticia, situación que concuerda en este experimento al disminuir 1%PC. Para la **conversión alimenticia corregida para mortalidad**, resultó con mejor conversión semanal con respecto al grupo testigo los machos de los tratamientos de +1%PC con una diferencia del 3.53%, -1%PC con 2.82% y +50 kcal/kg EM con 0.11%; observándose la peor conversión en el tratamiento de -50 kcal/kg EM (0.43%) y preiniciador (1.79%). En las hembras,

resultaron con mejor conversión que el grupo testigo los tratamientos de +1%PC con 3 72%, +50 kcal/kg EM con 3 40%, -1%PC con 1 36% y el de -50 kcal/kg EM con 1 36%; y la peor conversión se obtuvo en el tratamiento del preiniciador con 0 68% (Cuadro 7, Anexo 2) Con relación a los resultados que se presentan para las **eficiencias: alimenticia, proteínica y energética**, en general se observa que en machos, sólo en el tratamiento de +50 kcal/kg EM se obtuvieron las peores eficiencias con respecto al tratamiento testigo; es decir en la **eficiencia alimenticia** resultaron con mejores valores los tratamientos de +1%PC (5 43%), -1%PC (2 57%), -50 kcal/kg EM (1 44%), y preiniciador (0 84%) Para la **eficiencia proteínica**, los tratamientos que superaron al testigo fueron -1% PC (7 6%), -50 kcal/kg EM (1 15%), preiniciador (0 76%) y el de +1%PC (0 38%); y para la **eficiencia energética**, fueron mejores los tratamientos de +1%PC (5 5%), -50 Kcal/kg EM (3 1%), -1%PC (2 45%) y el preiniciador (0 61%); esto nos indica que los machos no mejoran la eficiencia energética con un aumento de energía; y sí mejoran la eficiencia proteínica al aumentar o disminuir en 1% la proteína cruda En las hembras, se observa que el tratamiento testigo presenta la peor eficiencia **alimenticia y energética** con respecto a los demás tratamientos; es decir que en la **eficiencia alimenticia**, lo superaron los tratamientos +1%PC en un 3 7%, -1%PC en 3 3%, -50 kcal/kg EM en 3 29%, +50 kcal/kg EM con 3% y el preiniciador en un 1 15%; y en la **eficiencia energética** resultaron mejores, el de -50 kcal/kg EM con un 4 9%, +1%PC con 3 68%, -1%PC en 3 06% y con igual porcentaje los tratamientos +50 kcal/kg EM y preiniciador con 1 23% No presentándose lo mismo en la **eficiencia proteínica**, ya que sólo el tratamiento de +1%PC resultó con peor eficiencia que el grupo testigo con una diferencia menor de 1 48%, sucediendo lo contrario con los tratamientos de -1%PC con una diferencia de 9 26%, -50 kcal/kg EM con 3 3%, +50 kcal/kg EM con 2 96% y en el de preiniciador con 1 1% (Cuadros 8, 9 y 10, Anexo 2): resultando al contrario de los machos, las hembras son más eficientes al aumento de energía, pero no al de proteína Jackson *et al* [23] encontraron que la eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, fue significativamente ($p < 0.01$) afectada por sus respectivos niveles de inclusión, situación no observada en este experimento en machos ni en hembras Velu y Baker [24] indican que aumenta la utilización de energía, al aumentar la energía de la dieta; siendo esto acorde a los hallazgos de esta investigación, sólo en las hembras; y mencionan además

que al contrario, aumenta la utilización de energía al aumentar la proteína de la dieta, resultando en este experimento lo mismo. Dentro de la **mortalidad total**, se observó que los machos presentaron una mortalidad mayor (8.59%) con respecto a las hembras (3.94%). Específicamente en machos, la mayor mortalidad total se presentó en el tratamiento de +50 kcal/kg EM en un 19.3%, seguido por los tratamientos: testigo con 8.93%, -1%PC con 7.27%, -50 kcal/kg EM con 7.02%, +1%PC con 5.45% y el de preiniciador con 3.57%. En hembras, la mayor mortalidad total se presentó en el grupo testigo y en el tratamiento de +1%PC con 7.27%, seguidos por los tratamientos de +50 kcal/kg EM con 5.45%, preiniciador y -50 kcal/kg EM con 1.82%, y no se presentó mortalidad para el tratamiento de -1%PC (Cuadro 11, Anexo 2). Dentro de la **mortalidad por síndrome ascítico**, los machos en general presentaron una mayor mortalidad del 3.29% con respecto a las hembras con el 1.51%. El orden del porcentaje acumulado de mortalidad por síndrome ascítico de mayor a menor para los tratamientos a la séptima semana, fue para machos: -1%PC (7.27%), +1%PC (5.45%), -50 kcal/kg EM (3.51%), testigo (1.79%), +50 kcal/kg EM (1.75%) y preiniciador que no presentó mortalidad por esta causa; y para las hembras: +50 kcal/kg EM (5.45%), +1%PC y testigo (1.82%), y sin mortalidad los tratamientos de preiniciador, -1%PC y -50 kcal/kg EM (Cuadro 12, Anexo 2); los resultados indican, que las hembras son más susceptibles a la muerte causada por este síndrome al aumentar la densidad nutritiva de la dieta. **En el índice de producción**, para los machos el tratamiento de +50 kcal/kg EM (199) obtuvo un menor índice de producción con relación al tratamiento testigo (233), siendo éste último superado por los tratamientos de -50 kcal/kg EM (238), preiniciador (239), -1%PC (248) y el de +1%PC (262). En las hembras, todos los tratamientos superaron al testigo (211), +1%PC con 215, el preiniciador y +50 kcal/kg EM con 217, -1%PC con 225 y el de -50 kcal/kg EM con 230 (Cuadro 13, Anexo 2). **4) El Rendimiento en canal**, de acuerdo al análisis estadístico para las mediciones en rastro (Cuadro 14, Anexo 2), se indica que la variable tratamiento presentó diferencia para grasa ($p < 0.05$) y pechuga ($p < 0.01$); para la variable sexo se observa diferencia para grasa, pechuga y piernas ($p < 0.01$) y sin diferencia estadística para la interacción tratamiento por sexo. En los valores medios de las mediciones en rastro para machos (Cuadro 3), sólo para pechuga los tratamientos que resultaron mayores y diferentes al testigo fueron +50 kcal/kg EM (5.66%; $p < 0.10$) y +1%PC (6.76%; $p < 0.05$).

Para hembras, en grasa el tratamiento de -1% PC resultó mayor (10.56%) y diferente ($p < 0.05$) con respecto al tratamiento testigo; siendo menores y diferentes ($p < 0.05$) los tratamientos +1%PC (6.39%) y +50 kcal/kg EM (13.76%); para pechuga resultaron más eficientes y diferentes al testigo los tratamientos preiniciador (5.22%; $p < 0.10$), +1%PC (5.79%; $p < 0.05$), -50 kcal/kg EM (8.03%; $p < 0.01$) y +50 kcal/kg EM (8.15%; $p < 0.01$); y para piernas resultó inferior y diferente al testigo el tratamiento -50 kcal/kg EM (5.02%; $p < 0.10$) Ishibashi [25] así como Ohta y Ishibashi [26] reportan que el exceso de aminoácidos en la dieta no sólo causa desperdicio de aminoácidos *per se* o fuentes de proteína, sino que también disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos; situación que no ocurre al formular bajo el concepto de proteína ideal debido al balance de aminoácidos Cabel y Waldroup [22] mencionan que los niveles más altos en proteína que el testigo, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia y menos contenido de grasa abdominal ($p < 0.05$) Además, señalan que al disminuir la PC se produce más grasa abdominal ($p < 0.05$), todo esto concuerda con los resultados aquí obtenidos Kubena *et al* [27] y Waldroup *et al* [28] encontraron que la grasa abdominal aumentó ($p < 0.01$) al incrementar la energía de la dieta, cuando fue expresada como porcentaje del peso canal o sobre la base de peso absoluto, situación que no concuerda con los resultados aquí obtenidos, ya que en las hembras al aumentar 50 kcal/kg EM, disminuye ($p < 0.05$) el contenido de grasa abdominal Fisher [29] y Leenstra [30] indicaron que los pollos alimentados con mayor relación E:P tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción En este experimento, resultan con mayor grasa ($p < 0.05$) las hembras al disminuir la proteína, pero al aumentar la energía, obtienen la menor cantidad de grasa abdominal con respecto a los tratamientos restantes Fisher [29], Leenstra [30] y Bartov [31] informaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos; circunstancia también observada en este estudio Brenes *et al* [32] observaron que alimentando con alta proteína durante la primera semana, incrementó la grasa abdominal en un experimento pero en otro no se afectó; lo cual en este experimento resultó en incremento, pero sin presentar diferencia estadísticamente significativa. Hargis y Creger [33] publicaron que al aumentar la proteína en dietas isocalóricas, observaron una disminución de 30% de grasa abdominal; situación que en este experimento se observa en machos y en hembras, pero en menor porcentaje 7.0

y 6.39% respectivamente. Lo anterior puede deberse a que al aumentar la proteína, se produce un gasto energético mayor para metabolizarla, con el consecuente menor depósito de energía. El peso de la pechuga (gramos de pechuga/100g peso canal), resultó significativamente más grande en las hembras que en machos; contrario a reportes previos [34][35], pero acorde a lo reportado por Pinchasov y Jensen [36].

5) En la Relación beneficio/costo para machos (Cuadro 15, Anexo 2), los tratamientos de +1%PC, -1%PC, -50 kcal/kg EM y preiniciador resultaron con mayor ingreso neto y mejor relación beneficio/costo con respecto al testigo, con una diferencia porcentual para el ingreso neto de 19.68, 18.19, 7.85 y 4.45 respectivamente. En las hembras (Cuadro 16, Anexo 2), todos los tratamientos resultaron económicamente mejores que el testigo; con una diferencia porcentual de: -50 kcal/kg EM con 20.25, -1%PC con 17.74, preiniciador con 5.48, +50 kcal/kg EM con 1.7 y +1%PC en un 1.1%; lo que nos indica que al formular en base a proteína ideal, los niveles de energía y proteína deben bajarse para obtener el mayor retorno económico.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

- 1 Al aumentar o disminuir las proporciones experimentales de proteína y energía bajo el concepto de proteína ideal, se modifica el comportamiento de las curvas de crecimiento.
- 2 **En machos**, al disminuir o aumentar 1% de proteína cruda y al aumentar 50 kcal/kg de energía metabolizable con respecto a la dieta testigo, mejora los coeficientes de crecimiento semanal, pero no así el peso corporal. Al aumentar 1% la proteína cruda y 50 kcal/kg de energía metabolizable se mejora el rendimiento de pechuga. El aumentar o disminuir 1% de proteína cruda, utilizar una dieta preiniciación y al disminuir 50 kcal/kg EM aumenta el retorno económico.
- 3 **Para las hembras**, al disminuir 1% de proteína cruda mejora el peso corporal al día 21 de edad. Al aumentar o disminuir 50 kcal/kg de energía metabolizable, aumentar 1% de proteína cruda y con una dieta de preiniciación mejora el rendimiento de pechuga. Al disminuir 50 kcal/kg de energía metabolizable afecta el rendimiento de piernas. El disminuir 1% la proteína cruda aumenta la cantidad de grasa abdominal, y al aumentar 1% de proteína cruda o 50 kcal/kg de energía metabolizable se disminuye. Al formular sobre la base de proteína ideal, todos los tratamientos son más eficientes.

económicamente que el tratamiento testigo

REFERENCIAS Y NOTAS

- 1 **Moran, E.T.Jr.**, 1973 Protein needs of the male and female broiler chicken Pages 19-24 in Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, University of Maryland, Collage Park, Md
- 2 **Jackson, S., J.D. Summers, y S. Leeson**, 1982 Effect of dietary protein and energy on broiler performance and production costs *Poult Sci* 61:2232-2240
- 3 **Parsons, C.M.**, 1991 Amino acid digestibilities for poultry: feedstuff evaluation and requirements Fermex Technical Reviewal No 1 pp 15
- 4 **Moran, E.T.Jr., X. Chen, y P.J. Blake**, 1993 Comparison of broiler strain crosses developed in the US and UK using corn and wheat based feeds: live performance and processing of males for nine piece cuts *J. Appl. Poult Res* 2:26
- 5 **Penz, A.M.Jr. y J. Luiz**, 1996 South American reflections on standard requirements *Departamento de Zootecnia; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre; Rs, Brazil; 776*
- 6 **Parsons, C.M. y D.H. Baker**, 1994 Simposium Internacional de Producción de No-rumiantes IN: Análisis de la XXXI reunión Anual de la Sociedad Brasileña de Zootecnia pp 119
- 7 **Fernandez, S.R., Y. Zhang, y C.M. Parsons**, 1995 Dietary formulation with cottonseed meal on total amino acid versus a digestible amino acid basis *Poult Sci* 74:1168-1179
- 8 **Fernandez, S.R. y C.M. Parsons**, 1996 Bioavailability of the digestible lysine and valine in cottonseed and soybean meals for chicks *Poult Sci* 75:216-223
- 9 **Bezares, S.A. y G.E. Ávila**, 1974 Efecto de la adición de gallinaza a dietas de pollo en crecimiento *Téc Pecu Méx* 11:27
- 10 **Ojeda, O.M.A., G.E. Ávila, y A. Casarín**, 1978 Efectos de diferentes niveles de proteína en dietas para pollos de engorda *Téc Pec. Méx* 34:39-48
- 11 **Flores, C.E. y G.E. Ávila**, 1982 Efecto de la suplementación de aminoácidos sintéticos en dietas de sorgo pasta de soya bajas en proteína para pollos en crecimiento *Téc Pecu Méx* 8 (Supl):41

12 **Rojas, R.E., G.E. Ávila, y A.J. Tirado**, 1985 El valor nutritivo de la harina de canola en el comportamiento del pollo de engorda y gallinas de postura *Téc Pecu Méx* 49:135

13 **Soto, R.L., G.E. Ávila, y P.C.G. Vásquez**, 1996 Estudio retrospectivo de algunas características del pollo de engorda comercial en el valle de México *Téc Pecu Méx* 34 (1):1-11

14 **Griffin, H.D., N.D. Cameron, y G. Bulfield**, 1992 Breeding and transgenesis as means of decreasing adiposity in farm animal species: practice and promise *Proc Nutr Soc* 51:441-446

15 **National Research Council**, 1994 Nutrient Requirements of domestic Animals Nutrient Requirements of Poultry 10th rev ed Natl Acad Sci, Washington, D C

16 Se realizó un análisis de costos por tratamiento, tomando unicamente como costos variables, el costo por concepto de alimentación; siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo del número de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total. Para obtener los ingresos brutos para cada tratamiento, se tomaron en cuenta: el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja. De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento

17 **Steel, R.G.D. y J.H. Torrie**, 1992 Bioestadística: Principios y procedimientos 2a Ed ; *Edit McGraw-Hill/Interamericana*; México; pp 622.

18 **SAS Institute**, 1988 SAS/STATTM User s Guide SAS Institute, Inc , Cary, NC

19 **Hancock, C.E., G.D. Bradford, G.C. Emmans, y R.M. Gous**, 1995 The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens *Br Poult Sci* 36:247-264

20 **Knízetová, J.H., J. Hyánek, L. Hyánková, y P. Belícek**, 1995. Comparative study of growth curves in poultry *Genet Sel Evol* 27:365-375

21 **Pesti, G.M. y D.L. Fletcher**, 1984 The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases *Br Poult Sci* 25:415-423

22 **Cabel, M.C. y P.W. Waldroup**, 1991 Effect of dietary protein level and length of

feeding on performance and abdominal fat content of broiler chickens. *Poult Sci* 70:1550-1558

23 **Jackson, S., J.D. Summers, y S. Leeson**, 1982b Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization *Poult Sci*. 61:2224-2231.

24 **Velu, J. G. y D.H. Baker**, 1974. Body composition and protein utilization of chicks fed graded levels of fat *Poult Sci* 53:1831-1838

25 **Ishibashi, T.**, 1990. Amino acid requirement of poultry *Jpn Poult Sci* 27:1-15

26 **Ohta, Y. y T. Ishibashi**, 1994 Dietary levels and ratio of methionine and cystine for maximum performance of broilers *Jpn Poult Sci* 31:369-380

27 **Kubena, L.F., T.C. Chen, J.W. Reaton, y F.N. Reece**, 1974 Factors influencing the quality of abdominal fat in broilers 3 Dietary energy levels *Poult Sci* 53:974-978

28 **Waldroup, P.W., R.J. Mitchel, J.R. Payne, y Z.B. Johnson**, 1976 Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content *Poult Sci* 55:130-145

29 **Fisher, C.**, 1984 Fat deposition in broilers, in: Wiseman J (Ed) Fats in animal nutrition Pages 437-470 (London Butterworths Press)

30 **Leenstra, F. R.**, 1986 Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chicks —A review. *World's Poult. Sci J* 42:12-25.

31 **Bartov, I.**, 1987 Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age *Br Poult Sci* 28:507-518

32 **Brenes, A., K. Takashashi, y L.S. Jensen**, 1983 Effect of early nutrition on abdominal fat in broilers *Poult Sci* 62:1389

33 **Hargis, P.H. y C.R. Creger**, 1980 Effects of varying dietary protein and energy levels on growth rate and body fat of broilers *Poult. Sci.* 59:1499-1504

34 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1985 The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age *Poult Sci* 64:348-355

35 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1988 Early feed restriction in chicks: effect of age, duration, and sex *Poult Sci* 67:384-390

36 **Pinchasov, Y. y L.S. Jensen**, 1989 Comparison of physical and chemical means of feed restriction in broiler chicks *Poult Sci* 68:61-69

**CUADRO 1 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA BALANCEADA TESTIGO
POR SEXO INCLUYENDO FASE DE PREINICIADOR EXPERIMENTAL**

INGREDIENTES	PREINICIADOR	INICIADOR	CRECIMIENTO		FINALIZADOR	
	0 a 7 días	0 a 21 días	22 a 35 días		36 a 49 días	
	Macho Hembra	Macho Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
% DE LA DIETA						
Sorgo (8% PC)	55.023	60.730	64.801	66.300	62.291	69.551
Harina de soya (47% PC)	38.754	24.259	18.360	20.093	23.295	14.754
Gluten de maiz (62.0% PC)		7.000	6.587	3.474	2.047	6.218
Harina de carne (48% PC)	2.883	5.000	6.465	6.455	5.831	5.513
Aceite de soya		0.821	1.873	2.092	4.557	2.083
Ortofosfato de calcio (20/21)	1.059	0.490				
Carbonato de calcio (38%)	1.007	0.577	0.434	0.425	0.250	0.495
Sal	0.250	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Cloruro de colina (60%)	0.167	0.167	0.167	0.167	0.117	0.117
Bicarbonato de sodio	0.370	0.164	0.099	0.100	0.129	0.145
L-Lisina HCl	0.0031	0.264	0.246	0.207	0.150	0.220
DL-Metionina	0.224	0.050	0.148	0.187	0.205	0.102
L-Treonina		0.019	0.030	0.061	0.050	0.0089
Premezcla vitaminica ^A	0.100	0.100	0.080	0.080	0.080	0.080
Premezcla mineral ^B	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Salinomicina sódica	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
BMD ^C	0.050	0.050				
3-Nitro (20%)	0.035	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Surmax (112.5/colistin)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
Pigmento amarillo (11g/kg)			0.345	0.345	0.723	0.364
Carophyl rojo					0.005	0.005
Total	100	100	100	100	100	100
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS						
EM (kcal/kg)	2800	3000	3100	3100	3200	3150
Proteína Cruda, %	24	23	21	20	20	19
Calcio, %	1.00	0.90	0.88	0.88	0.80	0.80
Fósforo Disponible, %	0.50	0.47	0.43	0.43	0.40	0.38
Sodio, %	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina Total, %	1.33	1.24	1.09	1.08	1.09	0.95
Lisina Digestible, %	1.17	1.10	0.96	0.95	0.96	0.83
Metionina Total, %	0.59	0.44	0.51	0.51	0.52	0.43
Metionina Digestible, %	0.55	0.40	0.47	0.47	0.48	0.39
Metionina + Cistina Total, %	0.95	0.80	0.83	0.82	0.82	0.73
Metionina + Cistina Dig., %	0.84	0.68	0.72	0.71	0.72	0.63
Treonina Total, %	0.92	0.86	0.79	0.79	0.79	0.69
Treonina Digestible, %	0.79	0.74	0.67	0.67	0.67	0.58
Arginina Total, %	1.62	1.34	1.19	1.19	1.24	1.04
Arginina Digestible, %	1.45	1.19	1.04	1.04	1.09	0.90

^A Premezcla vitaminica por kg de dieta: vitamina A, 8,800 UI; colecalciferol, 2,500 UI; vitamina E, 15 UI; vitamina B₁₂, 0.020 mg; riboflavina, 5.5 mg; niacina, 36 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; menadiona, 2.0 mg; ácido fólico, 1.0 mg; tiamina, 2.0 mg; piridoxina, 2.2 mg; biotina, 0.050 mg; etoxiquin, 125 mg

^B Premezcla mineral por kg de dieta: Mn, 110 mg; Zn, 55 mg; Fe, 60 mg; Cu, 12 mg; I, 1.0 mg; Se, 0.3 mg

^C BMD = Bacitracina metil discalilato.

CUADRO 2 VALORES ACUMULADOS DE PESO CORPORAL (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA Y PARA LOS 6 TRATAMIENTOS

SEMANA	TRATAMIENTOS					
	TESTIGO	PREINICIADOR	+ 1% PC	- 1% PC	+ 50 kcal/kg EM	- 50 kcal/kg EM
MACHOS						
0	44 a	44 a	45 a	43 a	43 a	43 a
1	125 a	122 a	123 a	127 a	121 a	119 a
2	287 a	270 b	291 a	296 a	295 a	268 b
3	591 a	573 a	602 a	613 a	604 a	551 b
4	932 a	882 b	951 a	953 a	960 a	894 a
5	1435 a	1406 a	1493 a	1468 a	1435 a	1386 a
6	1958 a	1917 a	2055 a	1991 a	2038 a	1895 a
7	2410 a	2308 a	2470 a	2450 a	2466 a	2368 a
HEMBRAS						
0	43 a	45 a	43 a	44 a	44 a	43 a
1	133 a	123 b	118 b	117 b	121 b	136 a
2	266 a	279 a	276 a	265 a	287 b	267 a
3	543 a	546 a	539 a	602 b	556 a	534 a
4	892 a	912 a	879 a	861 a	899 a	890 a
5	1354 a	1370 a	1341 a	1273 b	1319 a	1308 a
6	1822 a	1802 a	1771 a	1756 a	1773 a	1791 a
7	2174 a	2089 a ¹	2138 a	2073 a ²	2125 a	2164 a

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) con respecto al grupo testigo.

¹P=0.064

²P=0.055

**CUADRO 3 VALORES MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g)
DE LAS MEDICIONES EN RASTRO PARA MACHO Y HEMBRA DE
LOS 6 TRATAMIENTOS**

TRATAMIENTO	GRASA	PECHUGA	PIERNAS	MUSLOS
MACHOS				
Testigo	3.00	25.60	13.81	15.23
Preiniciador	3.31	26.83	14.16	14.70
+ 1% PC	2.79	27.33 *	13.88	14.88
- 1% PC	3.35	26.01	14.10	14.71
+ 50 kcal/kg EM	3.29	27.05 ‡	13.66	14.80
- 50 kcal/kg EM	3.12	26.69	13.91	15.52
HEMBRAS				
Testigo	4.07	26.25	13.75	14.82
Preiniciador	4.14	27.62 ‡	13.19	15.18
+ 1% PC	3.81 *	27.77 *	13.19	14.85
- 1% PC	4.50 *	27.01	13.44	14.62
+ 50 kcal/kg EM	3.51 *	28.39 †	13.42	14.51
- 50 kcal/kg EM	4.36	28.36 †	13.06 ‡	14.94

† Presenta diferencia (P<0.01) con el grupo testigo

* Presenta diferencia (P<0.05) con el grupo testigo

‡ Presenta diferencia (P<0.10) con el grupo testigo

Experimento 3

DIETAS DE INICIACIÓN EN BASE A PROTEÍNA IDEAL EVALUADAS POR CURVAS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CANAL EN POLLOS DE ENGORDA

RESUMEN

A fin de desarrollar todo su potencial genético, a los pollos se les debe proporcionar una formulación óptima de nutrimentos en su primera etapa de alimentación. Por lo cual, el objetivo de este experimento fue evaluar dietas de iniciación para pollos de engorda, modificando niveles de proteína cruda y energía metabolizable bajo el concepto de proteína ideal, mediante la estimación de curvas de crecimiento y mediciones de peso corporal, variables zootécnicas, rendimiento en canal y relación beneficio/costo. Se utilizaron 660 pollos de engorda de un día de edad (330 machos y 330 hembras) de la línea Hybro. de la misma estirpe y divididos en seis grupos de 55 aves por sexo. Los grupos se distribuyeron aleatoriamente en 6 programas alimenticios: 1) Dieta comercial testigo; 2) Dieta testigo -1% proteína cruda; 3) Dieta testigo +50 kcal/kg energía metabolizable; 4) Dieta testigo -1% proteína cruda y +50 kcal/kg energía metabolizable; 5) Dieta testigo -1% proteína cruda y -50 kcal/kg energía metabolizable; y 6) Dieta testigo +50 kcal/kg energía metabolizable y +1% proteína cruda. Las dietas sólo se proporcionaron durante la etapa de iniciación (0-21 días) y durante las etapas de crecimiento y finalización se aplicó la dieta testigo para todos los tratamientos. El alimento se ofreció a libre acceso. Los resultados indican, que mediante un modelo se representa bien ($R^2=0.997$) la curva de crecimiento del pollo de engorda, con una tendencia lineal (88.86%) y cuadrática (5.64%). Dentro de los coeficientes semanales para machos, las dietas 6 (1.095), 5 (1.078), 3 (1.068) y 4 (1.067) superan a la dieta testigo (1.062); y para las hembras sólo la dieta 6 (1.077) superó al testigo (1.058). En machos, se obtuvo a la tercera semana un mayor peso corporal con la dieta 6 con 6.71% con relación al testigo ($p<0.05$), manteniéndose esta diferencia estadística hasta el final del experimento; y para hembras, las dietas 4 y 5 fueron diferentes entre ellas pero inferiores al testigo ($p<0.05$) al final del periodo de iniciación; finalizando

sin diferencia estadísticamente significativa al final del ciclo productivo entre todas las dietas y el testigo. Dentro de las variables zootécnicas, indican al tratamiento testigo con el menor consumo de alimento tanto en machos como en hembras; resultando para los machos sólo la dieta 6 superior al testigo en las conversiones alimenticias comercial (2.41%) y corregida por mortalidad (2.85%), y para las eficiencias alimenticia (2.46%), proteínica (2.55%) y energética (2.34%); siendo el valor del tratamiento testigo para la eficiencia energética igual a la dieta 4: para las hembras, las dietas 3 y 6 superaron al testigo en las eficiencias alimenticia (1.60%), proteínica (1.71%) y energética (1.70%). En el índice de producción tanto en machos como en hembras, se superó al tratamiento testigo por la dieta 6. En machos para las mediciones en rastro de pechuga, el tratamiento testigo fue superado por la dieta 2 (7.5%; $p < 0.01$); y para piernas, por la dieta 3 (8.6; $p < 0.05$). En hembras, sólo se encontró diferencia ($p < 0.05$) en el peso de la pechuga, donde el testigo superó a la dieta 3 (6%). Económicamente sólo la dieta 6 superó a la dieta testigo tanto para machos como para hembras. Se concluye de acuerdo a las condiciones experimentales empleadas y a la formulación de dietas en la fase de iniciación bajo el concepto de proteína ideal, que en machos con niveles nutricionales de 24% de proteína cruda y 3050 kcal/kg de energía metabolizable, se tienen beneficios en el peso corporal, en las conversiones comercial y corregida para mortalidad, en las eficiencias alimenticia, proteínica y energética, y en el índice de producción, que se mantienen durante todo el ciclo productivo. El rendimiento de pechuga en machos, se favorece al disminuir 1% la proteína cruda y el de piernas, al aumentar 50 kcal/kg de energía metabolizable. En hembras el aumentar la energía 50 kcal/kg de energía metabolizable afecta el rendimiento de pechuga. Se obtienen mejores resultados económicos con niveles nutricionales en la fase de iniciación de 24% de proteína cruda y 3050 kcal/kg de energía metabolizable para machos y hembras de pollos de engorda.

Palabras Clave: Pollo de engorda, Proteína ideal, Curvas de crecimiento, Peso corporal, Rendimiento en canal

INITIATION DIETS BASED ON IDEAL PROTEIN EVALUATED THROUGH GROWTH CURVES AND CARCASS YIELD IN BROILER CHICKEN

ABSTRACT

In order to develop all their genetic potential, broilers should be given an optimal nutritional formula during the first feeding stage. Therefore, the objective of this experiment was to evaluate initiation diets for broiler chickens modifying the level of crude protein and metabolizable energy that were used under the ideal protein concept by estimating the growth curves, measuring body weight, and assessing zootechnical variables, carcass yield, and cost/benefit relation. Six-hundred-sixty broiler chickens (330 males and 330 females), one day old, from a Hybro breed, divided in 6 groups per sex of 55 birds each, were used. Groups were randomly assigned to 6 feeding programs: 1) Commercial control diet, 2) Control diet -1% crude protein, 3) Control diet +50 metabolizable energy kcal/kg, 4) Control diet -1% crude protein and +50 metabolizable energy kcal/kg, 5) Control diet -1% crude protein and -50 metabolizable energy kcal/kg, and 6) Control diet +50 metabolizable energy kcal/kg and +1% crude protein. Diets were provided only during starter stage (0–21 days); and during growing and finishing stages the control diet were applied for all treatments. The food was offered *ad libitum*. Diets were formulated with respect to the control diet, provided until day 21, and then the control diet until day 49, with food *ad libitum*. Results indicate, that through a model ($R^2=0.997$) the growth curve of the broiler chicken is well represented, with a lineal (88.86%) and a square (5.64%) tendency. Within the weekly coefficients for males, diets 6 (1.095), 5 (1.078), 3 (1.068), and 4 (1.067) surpass the control diet (1.062). For females, only diet 6 (1.077) surpassed the control (1.058). In males, during the third weeks a higher body weight was obtained with diet 6 with 6.71% with respect to the control ($p<0.05$), maintaining this statistical difference until the end of the study. For females, diets 4 and 5 were different, but lower to the control ($p<0.05$) at the end of the initiation period, but ending the productive cycle without any statistically significant difference between the treatment diets and the control diet. Zootechnical variables indicate that the control groups (both males and females) consumed less feed; resulting, for males, only diet 6 superior than

the control in regard to commercial feeding conversion (2.41%) and that corrected for mortality (2.85%), as well as for feeding (2.46%), proteic (2.55) and energetic (2.34%) efficiencies, being the control diet value for energetic efficiency equal to that of diet 4. For females, diets 3 and 6 surpassed the control diets in feeding (1.60%), proteic (1.71%) and energetic (1.70%) efficiencies. Regarding the production index, the control diet was surpassed by diet 6 in both males and females. In males, breast slaughterhouse measurements were better for diet 2 (7.5%; $p < 0.01$), and for legs by diet 3 (8.6%; $p < 0.05$). For females, differences ($p < 0.05$) were found only in breast weight in which the control surpassed diet 3 (6%). Economically, only diet 6 surpassed the control diet for both males and females. Based on the experimental conditions used and the diet formulation during the initiation phase under the ideal protein concept, it is concluded that, in males with nutritional levels of 24% crude protein and 3050 metabolizable energy kcal/kg, benefits can be obtained in their body weight, in commercial and corrected for mortality conversions, in feeding, proteic and energetic efficiencies, and in the production index, which are maintained throughout the reproductive cycle. Breast yield in males is favored by reducing 1% crude protein and that of legs by increasing 50 metabolizable energy kcal/kg. In females, increasing the energy in 50 metabolizable energy kcal/kg affects the breast yield. Better economic results are obtained with nutritional levels of 24% crude protein and 3050 metabolizable energy kcal/kg at the initiation stage for both male and female broiler chickens.

Key words: Broiler chickens, Ideal protein, Growth curves, Body weight, Carcass yield

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A fin de alcanzar su potencial genético de crecimiento, las aves recién nacidas, sufren un cambio en su metabolismo de energía y la dinámica de nutrimentos, inmediatamente después de eclosionar; la presencia de yema residual puede ser suficiente para la supervivencia, pero no para un crecimiento óptimo [1][2] Este cambio a la nutrición oral, debe ser oportuno y adecuado para proporcionar los nutrimentos necesarios para el crecimiento rápido de los órganos, incluyendo el sistema gastrointestinal [3][4]

Los pollos de engorda en la etapa inicial, tienen necesidades nutricionales distintas, que deben ser cubiertas por ingredientes específicos, debido a la dificultad que tienen de digerir y absorber ciertos nutrimentos y por el rápido potencial de desarrollo en los primeros días de vida; además de la gran dificultad de garantizar la supervivencia en condiciones de temperatura inadecuada. Todas estas alteraciones se tornan más limitantes, a medida que los pollos son más precoces, con mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia. Por lo tanto, las pérdidas en el desarrollo inicial de los pollos de engorda son más importantes actualmente, de lo que fueron en el pasado. Aunado a lo anterior, también es de considerar el efecto de las características anatómo-fisiológicas del aparato digestivo en los pollos durante los primeros días de vida; ya que determinan la digestibilidad de los nutrimentos en esta fase, de manera que los nutriólogos formulen nuevas estrategias para nutrir mejor a los pollos en este periodo [5]

La formulación de dietas diferentes para hembras y machos, posibilita la adición de niveles más altos de nutrimentos para machos y más bajos para hembras. Actualmente, las empresas que no diferencian las raciones y trabajan con valores medios de los requerimientos, sobrestiman las dietas para hembras, no teniendo respuesta para niveles nutricionales adicionales [6][7]. Para los machos, los niveles quedan debajo de los requeridos, lo que perjudica la calidad de la producción. En otros casos, los nutricionistas consideran los niveles nutricionales en función de los requerimientos de los machos. Esta actitud favorece la productividad de los machos, pero representa una pérdida para las hembras, ya que al no poder utilizar el exceso de aminoácidos disponibles, terminan por catabolizarlos. Esto provoca un aumento en el costo de la ración sin retorno y puede promover la producción de animales con un mayor porcentaje de grasa en la canal [8][9][10]

Es importante entender que los requerimientos nutricionales tienen como base, la suma de las necesidades de los animales para manutención y producción. Las necesidades de producción, dependen del potencial genético de la línea y del sexo; como en el caso de las hembras que tienen un menor potencial para crecimiento de tejido magro, y por eso necesitan de menor cantidad de energía y de proteína en la dieta [11]

Un aspecto importante en los primeros días de vida de los pollitos, es identificar una dieta que los estimule a consumir mayor cantidad de alimento posible, debido a que la mayoría de las enzimas que regulan la digestión de los ingredientes de la ración, son sustrato dependiente al consumo de alimento. Por lo que, entre más rápido y mayor cantidad de alimento reciban los pollitos, más rápidamente serán aptos para digerir y absorber los nutrientes. Esto se corroboró por Baranyiová (1972), al observar reducciones substanciales en el crecimiento temprano del tracto intestinal, hígado y páncreas, debido al retraso de incluso un día o dos en el suministro de alimento y agua, de manera que repercutió negativamente en la digestión y absorción de nutrientes proporcionados en el alimento [12]

El presente experimento está enfocado a evaluar dietas de iniciación en pollos de engorda, formuladas a través del requerimiento de proteína ideal, con modificación de los niveles de proteína y energía metabolizable, mediante curvas de crecimiento, rendimiento en canal, variables zootécnicas y relación beneficio-costeo

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 660 pollos de engorda de un día de edad (330 machos y 330 hembras), de la línea Hybro y de la misma estirpe que fueron identificados mediante una banda numerada en el pliegue del ala y asignados aleatoriamente a un lote experimental para cada tratamiento y mantenidos hasta los 49 días de edad. Cada lote experimental fue de 2.97 x 1.5m, alojando 55 aves en piso de cemento con una cama de paja de trigo, conteniendo 2 comederos tipo tolva y 1 bebedero automático de campana, con una circunferencia de 1.22 y 1.06m respectivamente. Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta similar a las utilizadas en la avicultura comercial, proporcionando calor 4 calentadores de gas con turbina y termostato con capacidad de 60,000 BTU/hora, manteniendo una temperatura inicial de 32 °C disminuyendo 2 °C por semana.

Los machos y hembras, se criaron en lotes separados para cada dieta (consideradas como tratamientos), mediante un arreglo factorial 6x2, donde el primer factor fue el tipo de dieta utilizada y el segundo, el sexo. Las dietas fueron: 1) Dieta testigo (**T1**); 2) Dieta testigo -1%PC (**T2**); 3) Dieta testigo +50 kcal/kg EM (**T3**); 4) Dieta testigo -1%PC y +50 kcal/kg EM (**T4**); 5) Dieta testigo -1%PC y -50 Kcal/kg EM (**T5**); y 6) Dieta testigo +50 kcal/kg EM y +1%PC (**T6**). Las dietas se proporcionaron sólo para la etapa de iniciación, en las etapas de crecimiento y finalización se aplicó la dieta testigo a todos los tratamientos. Los programas alimenticios fueron: iniciador (0 a 21 días), crecimiento (22 a 35 días) y finalizador (36 a 49 días).

Las aves se alimentaron a libre acceso con las diferentes dietas a base de sorgo y pasta de soya, formuladas bajo el concepto proteína ideal, con una presentación en forma de harina. El Cuadro 1, muestra por sexo la composición y el análisis calculado de la dieta balanceada testigo, la cual reúne o excede las recomendaciones del NRC [13]. El programa de iluminación usado fue de 23h de luz total (natural + artificial) durante los primeros 7 días de edad, del día 8 al 21 con 12h, del día 22 al 28 con 14h, del 29 al 42 con 16h y del día 43 al 49 con 23h de luz total.

Las variables a medir se dividieron en: **1) Curvas de crecimiento:** se registró el peso de cada ave desde su arribo a la granja y así mismo cada semana; **2) Peso corporal:** se obtuvieron los valores medios semanales de las aves para cada tratamiento, se compararon con el tratamiento testigo y se realizaron comparaciones planeadas; **3) Variables zootécnicas:** se midieron por lote semanalmente, los consumos de: alimento, proteína y energía; las conversiones: alimenticia comercial y alimenticia corregida para mortalidad; las eficiencias: alimenticia, proteínica y energética; índice de producción, mortalidad total y mortalidad por síndrome ascítico; a todas las aves muertas se les realizó la necropsia para determinar la causa de muerte; **4) Rendimiento en canal:** a los 49 días de edad se realizaron las mediciones en rastro, seleccionando aleatoriamente 15 aves por tratamiento, para lo cual se obtuvieron los pesos de la canal, grasa abdominal, piernas, muslos y pechuga; utilizándose para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada 100g de canal. Específicamente la grasa abdominal, fue retirada y pesada antes de pesar la canal eviscerada que contenía cabeza y patas. **5) Relación beneficio/costo:** a través de un análisis económico se obtuvo la relación beneficio/costo para cada tratamiento por sexo.

[14]

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo al cual se le atribuye el total de la variación del peso corporal por pollo fue el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + ITS_{(ij)k} + \delta_{(ijk)} + P_l + TP_{il} + SP_{jl} + TSP_{ijl} + \mathcal{E}_{(ijkl)m}$$

donde: y_{ijklm} representa la m -ésima respuesta aleatoria de peso corporal, asociada a la l -ésima semana, al k -ésimo individuo, al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 6$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j =$ macho o hembra; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; $ITS_{(ij)k}$ es el k -ésimo individuo dentro del j -ésimo sexo y el i -ésimo tratamiento; $\delta_{(ijk)}$ representa el error de restricción $NID(0, \sigma^2 \delta)$; P_l es el efecto de la l -ésima semana $0 \leq l \leq 7$; TP es la interacción del i -ésimo tratamiento con la l -ésima semana; SP es la interacción del j -ésimo sexo con la l -ésima semana; TSP es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo con la l -ésima semana; $\mathcal{E}_{(ijkl)m}$ representa al error aleatorio $NID(0, \sigma^2)$

Las variables zootécnicas medidas a través del tiempo para cada tratamiento y por sexo, se analizaron estadísticamente buscando un modelo a través de un análisis de regresión [15] que mejor los represente, decidiendo el mejor ajuste por el coeficiente de determinación (R^2) más alto; todo esto mediante el paquete estadístico computacional SAS [16]. Los pesos individuales y los datos del rendimiento en canal se analizaron estadísticamente de acuerdo a los modelos lineales generales (GLM) de procedimientos SAS.

Al presentarse diferencias significativas entre tratamientos para el peso corporal y para el rendimiento en canal, las medias se compararon mediante el procedimiento de SAS Student-Newman-Keuls ($\alpha=0.05$), para obtener las diferencias entre el tratamiento testigo contra cada uno de los tratamientos experimentales. El lote experimental fue la unidad experimental, los principales efectos de dieta, sexo y semana fueron examinados; así como, sus correspondientes interacciones, tomando como término error al cuadrado medio. Para el análisis del rendimiento en canal, se incluyó como covariable el peso de la canal por incidir en el modelo. En las variables que se encuentran como porcentajes, se usó

la transformación: arcoseno raíz de y , para su posterior análisis estadístico y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 49 días de producción de las aves, se obtuvieron los siguientes resultados: **1) Las Curvas de crecimiento**, al realizar la transformación de los datos obtenidos de la variable peso a logaritmo natural, se observó la disminución de la variación de los pesos individuales; encontrando que la curva de crecimiento está bien representada mediante el modelo asignado al obtener un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.997$), explica el 88.86% de tendencia lineal y un 5.64% de tendencia cuadrática. Lo cual concuerda con los resultados observados por Soto *et al* [17], quienes encontraron un comportamiento cuadrático para la ecuación de peso corporal para el periodo completo de producción con una $R^2= 0.7080$. En el Cuadro 1 (Anexo 3), se observa que resultaron con diferencias estadísticas ($p<0.01$) para los efectos de sexo y semana; así como, para las interacciones tratamiento por semana, sexo por semana y tratamiento por sexo por semana; y con diferencia $p<0.10$ para el efecto principal tratamiento (dieta). En machos, al comparar el coeficiente semanal (Cuadro 2, Anexo 3), cuatro tratamientos superaron al tratamiento testigo (1.062): T6 (1.095), T5 (1.078), T3 (1.068) y T4 (1.067); resultando inferior el valor para el T2 (1.057). En cuanto a los puntos de inflexión, la dieta testigo resultó con el valor más alto (7.70), indicando con esto, que los machos alcanzan su máximo crecimiento a los 53.9 días de edad; lo contrario a lo que sucedió con el T6 (7.40), alcanzando los machos su máximo crecimiento a los 51.8 días. Para las hembras, sólo el T6 (1.077) superó en coeficiente semanal a la dieta testigo (1.058), encontrándose que en el T5 las hembras presentan el valor más alto de punto de inflexión (7.60), alcanzando su máximo crecimiento a los 53.2 días de edad, en contraste con el menor punto de inflexión que se presentó con el T6 (7.18) que obtuvieron su máximo crecimiento a los 50.26 días. Por lo que, se observa que el T6 tanto en machos como en hembras, es la más eficiente para que se obtenga en menos tiempo el máximo crecimiento. Hancock *et al* [18] mencionan que la edad a la cual las hembras y los machos de diferentes estirpes alcanzan el punto de inflexión difieren aproximadamente por 2 días, las hembras alcanzan este punto de inflexión en la curva de crecimiento antes que los machos. Es interesante que la edad a la

cual este punto se alcanzó está íntimamente ligado a la edad en la cual los pollos de engorda fueron al rastro: los resultados aquí obtenidos concuerdan con esto. En lo referente a que las hembras alcanzan más rápidamente el punto de inflexión, esto no ocurre en el T5. Knízatová *et al* [19] observaron que el punto de inflexión para pollos de engorda hembras de la estirpe White Cornish y White Plymouth Rock fue de 47.7 días, edad diferente a la observada en este estudio en hembras de la estirpe Hybro (51.3 días), esto debido a la velocidad de crecimiento para cada estirpe.

2) Para el Peso corporal, en los valores promedio de peso inicial para machos y hembras, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$). Para machos (Cuadro 2), a la primera semana todos los tratamientos superaron ($p < 0.05$) a la dieta testigo, a la segunda semana sólo los T3, T5 y T6 conservaron esta diferencia ($p < 0.05$): con una diferencia porcentual de 7.35, 6.98 y 6.62 con respecto al testigo; siendo que el T6 fue el único que superó al testigo en la tercera semana con 6.71% ($p < 0.05$), continuando ésta diferencia hasta el final del ciclo productivo. Para las comparaciones planeadas en machos, bajar la proteína (1%PC) comparada con incremento y disminución de energía (50 kcal/kg EM) disminuyendo la proteína en ambas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Entre el T3 y el T4 se observó diferencia ($p < 0.05$) sólo en la primera y en la segunda semana, denotando que ante un aumento de energía en ambas dietas, se pierde peso en una de ellas, al disminuir la proteína, perdiéndose esta diferencia a la tercera semana; y ante el consumo de un alimento igual a partir del día 22 de edad, no se presentan diferencias ($p > 0.05$) de peso. Entre el T3 y T6 la diferencia ($p < 0.05$) se observó desde la cuarta hasta la séptima semana, denotando que ante un aumento de energía y proteína, aún y cuando en las dos primeras semanas no se observaron diferencias, el efecto de la dieta puede ser apenas detectado ($p < 0.10$) a la tercera semana, para ser claro a la cuarta semana y de ahí mantenerse. En las hembras, el T4 con 5.44% y el T5 con 11.44% resultan inferiores ($p < 0.05$) al testigo a la tercera semana, perdiéndose esta diferencia a la cuarta semana ya con el consumo de la misma dieta. Para las comparaciones planeadas, entre el T2 y el T5 se observó diferencia ($p < 0.05$) en la primera semana y en la tercera ($p < 0.01$) al disminuir la energía; entre el T3 y T4 se observó diferencia $p < 0.10$ en la segunda y cuarta semana, y $p < 0.05$ en la tercera semana al disminuir la proteína. Lo anterior en hembras denota, que en la etapa de iniciación disminuir la proteína, combinada ya sea con aumento o disminución de energía, provoca

disminución ($p < 0.05$) de peso a la tercera semana; pero al ofrecer un alimento igual a partir de la cuarta semana, no se mantiene esta reducción de peso a través de las semanas.

3) En las Variables zootécnicas, a través de las semanas se observó una tendencia cuadrática para las variables de consumo: de alimento (Cuadro 3, Anexo 3), proteína (Cuadro 4, Anexo 3) y energía (Cuadro 5, Anexo 3); para las conversiones: alimenticia comercial (Cuadro 6, Anexo 3) y para la corregida por mortalidad (Cuadro 7, Anexo 3); para las eficiencias: alimenticias (Cuadro 8, Anexo 3), proteínica (Cuadro 9, Anexo 3) y energética (Cuadro 10, Anexo 3); y ninguna tendencia para la mortalidad total (Cuadro 11, Anexo 3) y mortalidad por síndrome ascítico (Cuadro 12, Anexo 3) y para el índice de producción (Cuadro 13, Anexo 3). Para el **consumo de alimento**, los machos superaron en un 20.15% en promedio semanal acumulado a las hembras. Dentro de los machos, el tratamiento testigo consumió la menor cantidad de alimento, seguido por el T4 con mayor consumo (0.27%), T2 (0.33%), T3 (2.14%), T5 (2.28%) y por el T6 (3.41%). En las hembras también el tratamiento testigo consumió la menor cantidad de alimento, seguido por el T5 (1.01%), T4 (1.56%), T3 (1.97%), T6 (2.77%) y el T2 (8.23%) (Cuadro 3, Anexo 3). En machos la **conversión alimenticia comercial** semanal acumulada resulta mejor en el T6 con respecto al testigo con una diferencia de 2.41%; obteniendo peores conversiones el T4 con una diferencia de 0.33%, T2 con 1.75%, y los T3 y T5 con 2.08%. Para las hembras, resultan con mejor conversión semanal acumulada los T3 y T6 al compararlas con la dieta testigo con 1.6 y 1.55% respectivamente; resultando con peor conversión el T5 con una diferencia menor de 0.72%, T4 con 2.33% y el T2 con 10.54% (Cuadro 6, Anexo 3). Para la **conversión alimenticia corregida para mortalidad**, los resultados obtenidos en machos se corroboran con los obtenidos en la conversión alimenticia comercial: dentro de las hembras, sólo cambia el orden de las mejores dietas con relación al testigo, siendo mejor la conversión del T6 con 1.94% y en segundo lugar el T3 con 1.83% (Cuadro 7, Anexo 3). Para los machos, la **eficiencia alimenticia** y la **eficiencia proteínica**, resultan superiores con el T6 que las del testigo en un 2.5%; siendo menos eficientes el T4 con una diferencia de 0.32%, y el T2 con 1.77%; resultando con igual valor para cada eficiencia, los tratamientos 3 y 5 con 2.11% (Cuadro 8 y 9, Anexo 3). Para la **eficiencia energética** es por igual superior el T6 con 2.34%, presentando el mismo valor el tratamiento testigo y el T4 e inferiores a éstos, los tratamientos 2, 3 y 5 con una

diferencia menor de 1 75% (Cuadro 10, Anexo 3) Para las hembras en la **eficiencia alimenticia** el grupo testigo es superado por los tratamientos 3 (1 60%) y 6 (1 59%), siendo inferiores los tratamientos 5 (0 74%), 4 (2 27%) y 2 (9 54%); la **eficiencia proteínica y eficiencia energética**, resultan con igual valor para los tratamientos 3 y 6 que superan al testigo en 1 70%, siendo inferiores para éstas eficiencias, los valores de los tratamientos 5 (0 57%), 4 (2 27%) y 2 (9 66%) Jackson *et al.* [20] encontraron que la eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, fue significativamente ($p < 0.01$) afectada por sus respectivos niveles de inclusión; situación observada en este experimento en machos y en hembras, sólo para la eficiencia proteínica Velu y Baker [21] encontraron que aumenta la utilización de energía, al incrementar la energía de la dieta; siendo esto acorde a los hallazgos de este experimento sólo en las hembras Además, mencionan que al contrario, la utilización de energía es mayor al tener más proteína en la dieta; resultando en este experimento lo mismo **La mortalidad total** para hembras en promedio, resultó con 4 85%, siendo superior 60% del total promedio para machos (3 03%); la mortalidad en machos fue mayor en el T3 con 7 27% y en los tratamientos 4 y 5 con 3 64%, obteniendo menor mortalidad en el T6 y en el testigo con 1 82%, y sin mortalidad el T2 En hembras, fue mayor al testigo (1 82%) los tratamientos 3 y 4 con 7 27%, seguido con 5 45% por el T6, y con un porcentaje menor de 3 64% en los tratamientos 2 y 5 (Cuadro 11, Anexo 3) Dentro de la **mortalidad por síndrome ascítico**, ninguna dieta presentó mortalidad por este tipo para ambos sexos durante todo el ciclo productivo (Cuadro 12, Anexo 3) **El índice de producción** para los machos, fue mayor en el T6 (289) con relación al tratamiento testigo (266), siendo éste último superior a al T2 (263), T4 (261), T5 (257) y el T3 (247) En hembras el tratamiento testigo (225) fue superado por el T6 (230); siendo inferiores el T3 (223), T5 (220), T4 (206) y con el peor índice en el T2 (195) (Cuadro 13, Anexo 3) **4) En el Rendimiento en canal**, se observó para las mediciones en rastro (Cuadro 14, Anexo 3), que la variable tratamiento no presentó diferencia estadísticamente significativa, la variable sexo resultó con diferencia para grasa ($p < 0.01$), piernas ($p < 0.01$) y muslos ($p < 0.10$), y la interacción tratamiento por sexo presentó diferencia ($p < 0.10$) sólo para pechuga. Fisher [22], Leenstra [23] y Bartov [24] reportaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos; circunstancia también denotada en este estudio En los valores medios de machos (Cuadro 3) para pechuga,

todos los tratamientos superaron al testigo, pero sólo el T2 resultó con diferencia estadística ($p < 0.01$), siendo superior al testigo en un 7.5%; para piernas únicamente el T3 superó al testigo (8.56%; $p < 0.05$). Para las hembras, sólo para pechuga se observó diferencia ($p < 0.05$) dentro del rendimiento en canal, obteniendo el T3 una diferencia ($p < 0.05$) menor al testigo del 6%. Pesti y Fletcher [25] y Cabel y Waldroup [26] mencionan que los niveles más altos en proteína que el testigo en dietas isocalóricas, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia y menos contenido de grasa abdominal ($p < 0.05$); en este experimento, en el T6 donde se aumenta la proteína y la energía en conjunto, resulta en mejor conversión alimenticia: además de incrementarse el peso corporal final, no observando diferencias en cuanto a grasa abdominal. Además, mencionan que al disminuir la PC, se produce más grasa abdominal ($p < 0.05$); no siendo observado esto, aún con el aumento de energía, pero hay que tomar en cuenta que las dietas empleadas en este estudio, sólo se utilizaron en la fase de iniciación. Kubena *et al* [27] y Waldroup *et al* [28] encontraron que la grasa abdominal, aumentó ($p < 0.01$) al tener mayor energía la dieta, cuando fue expresada como porcentaje del peso canal o sobre la base de peso absoluto; situación que no concuerda con los resultados aquí obtenidos, ya que en machos y hembras, al aumentar 50 kcal/kg EM en la fase de iniciación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos. Fisher [29] y Leenstra [30] indicaron que los pollos alimentados con mayor relación E:P, tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción; situación que no se ve reflejada en este experimento, siendo los resultados aquí presentados acordes a lo reportado por Bartov [31] que menciona que ni la concentración de grasa ni la proporción E:P en dietas proporcionadas hasta el día 14, tuvieron un efecto de engrasamiento en pollo de engorda a las 7 semanas de edad. El factor que afecta consistentemente y significativamente al engrasamiento es la proporción E:P en dietas alimentadas hacia el final del periodo de crecimiento. Plavnik y Hurwitz [32][33] encontraron que los gramos de pechuga/100g peso canal resultaron significativamente más grande en los machos con respecto a las hembras; en este experimento, esto concuerda para los tratamientos, al bajar 1% la PC y al aumentar 50 kcal/kg EM, pero resulta lo opuesto en los tratamientos restantes, estando esto último acorde a las investigaciones de Pinchasov y Jensen [34]. Fancher y Jensen [35] señalan que ni la proteína ni el contenido

de energía en dietas alimentando durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad; en este experimento, se observó que al modificarse durante la fase de iniciación la proteína (disminuyendo 1%PC) y aumentando la energía, se mejora ($p<0.05$) el rendimiento en machos de la pechuga en el primer caso y de las piernas en el segundo, siendo menor ($p<0.05$) el rendimiento en pechuga en las hembras al aumentar la energía **5) En la Relación beneficio/costo**, para machos (Cuadro 15, Anexo 3) sólo el T6 resultó con mayor ingreso neto y mejor relación beneficio/costo con respecto al testigo con una diferencia del 12.01%; siendo inferiores los tratamientos 2 (1.5%), 4 (3.23%), 5 (4.51%) y 3 (12.56%) Para hembras (Cuadro 16, Anexo 3), de igual forma el tratamiento testigo fue superado por el T6 (1.5%); y resultando inferiores al mismo, los tratamientos 3 (1.69%), 5 (2.12%), 4 (12.32%) y 2 (19.45%)

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

- 1 Los cambios en los niveles de proteína y energía en una dieta de iniciación formulada bajo el concepto de proteína ideal, modifican las curvas de crecimiento que están bien representadas por un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.991$), en machos y hembras de pollos de engorda de la línea Hybro
- 2 A través de la formulación de dietas para machos bajo el concepto de proteína ideal, con niveles nutricionales de 24% de proteína cruda y 3050 kcal/kg de energía metabolizable, comparado con niveles de 23% de proteína cruda y 3000 kcal/kg de energía metabolizable en la fase de iniciación, se obtienen mejores beneficios del peso corporal, conversión alimenticia comercial, conversión corregida por mortalidad, eficiencia alimenticia, eficiencia proteínica, eficiencia energética y en el índice de producción durante todo el ciclo productivo
- 3 En machos, al disminuir la proteína en la proporción experimentada se incrementa el rendimiento de pechuga, y al aumentar la energía mejora el rendimiento de piernas
- 4 Se obtienen mejores resultados económicos con niveles nutricionales en la fase de iniciación de 24% de proteína cruda y 3050 Kcal/kg de energía metabolizable tanto para machos como para hembras, al compararse con una dieta con niveles de 23% de proteína cruda y 3000 kcal/kg de energía metabolizable

REFERENCIAS Y NOTAS

- 1 **Moran, E.T.**, 1989. Effects of posthatch glucose on poults fed and fasted during yolk sac depletion *Poult Sci* 62:1141-1147
- 2 **Pinchasov, Y. y Y. Noy**, 1993 Comparison of post-hatch holding time and subsequent early performance of broiler chicks and turkey poults *Br Poult Sci* 34:111-120
- 3 **Moran, E.T.**, 1990 Effects of egg weight, glucose administration at hatch and delayed access to feed and water on the poult at 2 weeks of age *Poult Sci* 69:1718-1723
- 4 **Nitzan, Z., E.A. Dunnington, y P.B. Siegel**, 1993 Organ growth and digestive enzymes levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight *Poult Sci* 70:2040-2048
- 5 **Penz, A.M.Jr. y V. Luiz**, 1996 Nutrición de los pollos de engorda en la primera semana de edad *Departamento de Zootecnia; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre: Rs, Brazil; 776*
- 6 **Han, Y. y D.H. Baker**, 1993 Effects of sex, heat stress, body weight and genetic strain on the lysine requirement of broiler chicks *Poult Sci* 72:701-708
- 7 **Jackson, S., J.D. Summers, y S. Leeson**, 1982 Effect of dietary protein and energy on broiler performance and production costs *Poult Sci* 61:2232-2240
- 8 **Penz, A.M.Jr. y J. Luiz**, 1996 South American reflections on standard requirements. *Departamento de Zootecnia; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre: Rs, Brazil; 776*
- 9 **Saleh, E.A., S.E. Watkins, y P.W. Waldroup**, 1997 Changing time of feeding starter, grower, and finisher diets for broilers 2 Birds grown to 2.2 kg *J Appl Poult Res* 6: 64-73
- 10 **Murtry, McJ.P., I. Rosebrough, I. Plavnik, y A.L. Cartwright**, 1988 Influence of early plane of nutrition on enzyme systems and subsequent tissue deposition In: Biomechanics regulating growth and development G L Steffens and T S Reumsey, ed Beltsville Symposium on Agricultural Research Klumer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands 1988b;12:329-341
- 11 **Lesson, S., J.D. Summers, y L.J. Caston**, 1991 Diet dilution and compensatory growth in broilers *Poult Sci* 70:867.

12 **Baranyová, E.**, 1972 Influence of deutectomy, food intake and fasting on the digestive tract dimensions in chickens after hatching *Act Vet Byno* 41:373-384

13 **National Research Council**, 1994 Nutrient Requirements of domestic Animals Nutrient Requirements of Poultry 10th rev ed Natl Acad Sci, Washington, D C

14. Se realizó un análisis de costos por tratamiento, tomando únicamente como costos variables el costo por concepto de alimentación: siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo del número de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total Para obtener los ingresos brutos para cada tratamiento, se tomaron en cuenta: el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento

15 **Steel, R.G.D. y J.H. Torrie**, 1992 Bioestadística: Principios y procedimientos 2a Ed; *Edut McGraw-Hill/Interamericana*; México; pp 622

16 **SAS Institute**, 1988 SAS/STATTM User s Guide SAS Institute, Inc, Cary, NC

17 **Soto, R.L., G.E. Ávila, y P.C.G. Vásquez**, 1996 Estudio retrospectivo de algunas características del pollo de engorda comercial en el valle de México *Téc Pecu Méx* 34 (1):1-11

18 **Hancock, C.E., G.D. Bradford, G.C. Emmans, y R.M. Gous**, 1995 The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens *Br Poult Sci* 36:247-264

19 **Knízetová, J.H., J. Hyánek, L. Hyánková, y P. Belícek**, 1995 Comparative study of growth curves in poultry *Genet Sel Evol* 27:365-375

20 **Jackson, S., J.D. Summers, y S. Leeson**, 1982b Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization *Poult Sci* 61:2224-2231

21 **Velu, J.G. y D.H. Baker**, 1974 Body composition and protein utilization of chicks fed graded levels of fat *Poult Sci* 53:1831-1838

22 **Fisher, C.**, 1984 Fat deposition in broilers, in: Wiseman J (Ed) Fats in animal nutrition Pages 437-470 (London Butterworths Press)

23 **Leenstra, F.R.**, 1986 Effect of age, sex, genotype and environment on fat

deposition in broiler chicks. —A review *World's Poult Sci J* 42:12-25

24 **Bartov, I.**, 1987 Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age *Br Poult Sci* 28:507-518

25 **Pesti, G.M. y D.L. Fletcher**, 1984 The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases *Br Poult Sci* 25:415-423

26 **Cabel, M.C. y P.W. Waldroup**, 1991 Effect of dietary protein level and length of feeding on performance and abdominal fat content of broiler chickens. *Poult. Sci* 70:1550-1558

27 **Kubena, L.F., I.C. Chen, J.W. Reaton, y F.N. Reece**, 1974 Factors influencing the quality of abdominal fat in broilers 3 Dietary energy levels. *Poult Sci* 53:974-978

28 **Waldroup, P.W., R.J. Mitchel, J.R. Payne, y Z.B. Johnson**, 1976 Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content *Poult Sci* 55:130-145

29 **Fisher, C.**, 1984 Fat deposition in broilers, in: Wiseman J (Ed) Fats in animal nutrition Pages 437-470 (London Butterworths Press)

30 **Leenstra, F.R.**, 1986 Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chicks —A review *World's Poult Sci J* 42:12-25

31 **Bartov, I.**, 1987 Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age *Br. Poult Sci* 28:507-518

32 **Plavnik, I. y Hurwitz, S.**, 1985 The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age *Poult Sci* 64:348-355

33 **Plavnik, I. y Hurwitz, S.**, 1988 Early feed restriction in chicks: effect of age, duration, and sex *Poult Sci* 67:384-390

34 **Pinchasov, Y. y L.S. Jensen**, 1989 Comparison of physical and chemical means of feed restriction in broiler chicks *Poult Sci* 68:61-69

35 **Fancher, I.B. y L.S. Jensen**, 1986 Effects of early nutrition alterations upon market age broiler performance *Poult Sci* 65 (Suppl 1):167

CUADRO 1 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA BALANCEADA TESTIGO POR SEXO

INGREDIENTES	INICIADOR 0 a 21 días		CRECIMIENTO 22 a 35 días		FINALIZADOR 36 a 49 días	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
	% DE LA DIETA					
Sorgo (8% PC)	60 730		64.801	66 300	62.291	69.551
Harina de soya (47% PC)	24.259		18 360	20.093	23.295	14.754
Gluten de maiz (62.0% PC)	7.000		6.587	3.474	2.047	6.218
Harina de carne (48% PC)	5.000		6.465	6.455	5.831	5.513
Aceite de soya	0.821		1.873	2.092	4.557	2 083
Ortofosfato de calcio (20/21)	0.490					
Carbonato de calcio (38%)	0.577		0.434	0.425	0.250	0.495
Sal	0.200		0.200	0.200	0.200	0.200
Cloruro de colina (60%)	0.167		0 167	0.167	0.117	0.117
Bicarbonato de sodio	0.164		0.099	0.100	0.129	0 145
L-Lisina HCl	0.264		0 246	0.207	0 150	0.220
DL-Metionina	0 050		0.148	0.187	0.205	0.102
L-Treonina	0.019		0.030	0.061	0.050	0.0089
Premezcla vitamínica ^A	0.100		0.080	0.080	0.080	0.080
Premezcla mineral ^B	0.100		0.100	0.100	0.100	0.100
Salinomicina sódica	0.050		0.050	0.050	0.050	0.050
BMD ^C	0.050					
3-Nitro (20%)	0.025		0 025	0.025	0 025	0.025
Surmax (112.5/colistin)	0.020		0.020	0.020	0.020	0 020
Pigmento amarillo (11g/kg)			0.345	0 345	0.723	0.364
Carophyl rojo					0.005	0.005
Total	100		100	100	100	100
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS						
EM (kcal/kg)	3000		3100	3100	3200	3150
Proteína Cruda, %	23		21	20	20	19
Calcio, %	0.90		0.88	0.88	0.80	0.80
Fósforo Disponible, %	0.47		0.43	0.43	0.40	0.38
Sodio, %	0.20		0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina Total, %	1.24		1.09	1.08	1.09	0.95
Lisina Digestible, %	1.10		0.96	0.95	0.96	0.83
Metionina Total, %	0.44		0.51	0.51	0.52	0.43
Metionina Digestible, %	0.40		0.47	0.47	0.48	0.39
Metionina + Cistina Total, %	0.80		0.83	0.82	0.82	0.73
Metionina + Cistina Dig., %	0.68		0.72	0.71	0.72	0.63
Treonina Total, %	0.86		0.79	0.79	0.79	0.69
Treonina Digestible, %	0.74		0.67	0.67	0.67	0.58
Arginina Total, %	1.34		1.19	1.19	1.24	1.04
Arginina Digestible, %	1.19		1.04	1.04	1.09	0.90

^A Premezcla vitamínica por kg de dieta: vitamina A, 8,800 UI; colecalciferol, 2,500 UI; vitamina E, 15 UI; vitamina B₁₂, 0 020 mg; riboflavina, 5 5 mg; niacina, 36 mg; ácido pantoténico, 12 5 mg; menadiona, 2 0 mg; ácido fólico, 1 0 mg; tiamina, 2 0 mg; piridoxina, 2 2 mg; biotina, 0 050 mg; etoiquin, 125 mg

^B Premezcla mineral por kg de dieta: Mn, 110 mg; Zn, 55 mg; Fe, 60 mg; Cu, 12 mg; I, 1 0 mg; Se, 0 3 mg

^C BMD = Bacitracina metil discalcalilato.

CUADRO 2 VALORES ACUMULADOS DE PESO CORPORAL (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 6 TRATAMIENTOS Y COMPARACIONES PLANEADAS

SEMANA	TRATAMIENTOS						COMPARACIONES PLANEADAS			
	TESTIGO (Dieta 1)	- 1% PC (Dieta 2)	+ 50 kcal por Kg EM (Dieta 3)	- 1% PC + 50 kcal por kg EM (Dieta 4)	- 1% PC - 50 kcal por kg EM (Dieta 5)	+ 50 kcal por kg EM + 1% PC (Dieta 6)	Dieta 2 vs Dieta 4	Dieta 2 vs Dieta 5	Dieta 3 vs Dieta 4	Dieta 3 vs Dieta 6
MACHOS										
0	41 a	42 a	41 a	40 a	40 a	41 a	ns	ns	ns	ns
1	108 a	114 b	120 b	114 b	118 b	115 b	ns	ns	*	ns
2	272 a	285 a	292 b	275 a	291 b	290 b	ns	ns	*	ns
3	566 a	558 a	578 a	556 a	574 a	604 b	ns	ns	ns	‡
4	940 a	946 a	967 a	950 a	977 a	1013 b	ns	ns	ns	*
5	1388 a	1413 a	1406 a	1422 a	1421 a	1476 b	ns	ns	ns	*
6	1934 a	1971 a	1944 a	1998 a	1969 a	2030 b	ns	ns	ns	*
7	2427 a	2393 a	2429 a	2427 a	2463 a	2571 b	ns	ns	ns	*
HEMBRAS										
0	40 a	41 a	41 a	40 a	40 a	39 a	ns	ns	ns	ns
1	112 a	113 a	116 a	112 a	105 b	113 a	ns	*	ns	ns
2	280 a	276 a	285 a	274 a	268 a	283 a	ns	ns	‡	ns
3	533 a	520 a	535 a	504 b	472 b	554 a	ns	†	*	ns
4	864 a	844 a	897 a	860 a	838 a	887 a	ns	ns	‡	ns
5	1231 a	1210 a	1244 a	1219 a	1203 a	1264 a	ns	ns	ns	ns
6	1667 a	1625 a	1685 a	1656 a	1646 a	1713 a	ns	ns	ns	ns
7	2023 a	1980 a	2095 a	2028 a	2028 a	2111 a	ns	ns	ns	ns

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) con respecto al grupo testigo.

ns = no significativo

† $P < 0.01$

* $P < 0.05$

‡ $P < 0.10$

**CUADRO 3 VALORES MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g)
DE LAS MEDICIONES EN RASTRO PARA MACHO Y HEMBRA DE
LOS 6 TRATAMIENTOS**

TRATAMIENTO	GRASA	PECHUGA	PIERNAS	MUSLOS
MACHOS				
1) Testigo	2.32	27.29	12.26	16.59
2) - 1% PC	2.61	29.35 †	12.77	16.37
3) + 50 kcal/kg EM	2.42	28.53	13.31 *	16.29
4) - 1%PC + 50kcal/kg	2.53	28.52	12.70	16.37
5) - 1%PC - 50kcal/kg	2.38	28.12	12.43	17.06
6) + 50kcal/kg + 1%PC	2.39	28.35	12.61	16.77
HEMBRAS				
1) Testigo	3.36	29.72	11.86	15.98
2) - 1% PC	3.35	28.72	12.07	16.41
3) + 50 kcal/kg EM	3.06	27.93 *	12.00	16.01
4) - 1%PC + 50kcal/kg	3.46	30.10	12.53	16.76
5) - 1%PC - 50kcal/kg	3.42	29.36	12.09	16.41
6) + 50kcal/kg + 1%PC	3.29	28.91	12.09	16.96

† Presenta diferencia ($P < 0.01$) con el grupo testigo

* Presenta diferencia ($P < 0.05$) con el grupo testigo

Experimento 4

RELACIÓN LISINA Y PROTEÍNA CRUDA EN DIETAS FORMULADAS A PROTEÍNA IDEAL PARA POLLOS DE ENGORDA MACHO

RESUMEN

El concepto de proteína ideal, toma como base a la lisina como aminoácido de referencia, faltando información sobre éste aminoácido ante diferentes proporciones de proteína. De acuerdo a lo anterior, en este experimento se estudió a través de 6 diferentes relaciones de lisina total/proteína cruda en las fases alimenticias de crecimiento y finalización, la tendencia estadística de los parámetros productivos, eficiencias nutritivas, características químicas y rendimiento en canal; además de la mejor relación beneficio/costo. Se utilizaron mil novecientos ochenta pollos de engorda de un día de edad de la línea Hybro, que fueron distribuidos en 36 lotes experimentales de 55 aves cada uno y mantenidos en producción hasta el día 49 de edad. Estos grupos se distribuyeron aleatoriamente en 6 programas alimenticios con 6 repeticiones. En la fase de iniciación (0-21 días), todos los pollos recibieron la misma dieta formulada con base en el perfil ideal de aminoácidos; para las fases de crecimiento (22-35 días) y finalización (36-49 días), las dietas se formularon con aminoácidos azufrados digeribles con porcentajes de 0.72 y 0.68 respectivamente; de éstos se obtuvieron los valores de lisina digerible, lisina total y proteína cruda, obteniendo de esta forma seis tratamientos, siendo estos: 1) Relación lisina total/proteína cruda 4.7; 2) Relación lisina total/proteína cruda 5.0; 3) Relación lisina total/proteína cruda 5.3; 4) Relación lisina total/proteína cruda 5.6; 5) Relación lisina total/proteína cruda 5.9; y 6) Relación lisina total/proteína cruda 6.2. Todos los tratamientos fueron isocalóricos, siendo para la fase de crecimiento 3,100 kcal/kg de EM y para la fase de finalización 3,200 kcal/kg de EM. Los resultados indican que el consumo de alimento para la relación lisina total/proteína cruda 4.7 resultó menor ($p < 0.05$) a las relaciones 5.6 y 5.9. Para las eficiencias de proteína y cistina las relaciones 4.7 y 5.0 son menores ($p < 0.05$) a las relaciones 5.9 y 6.2; resultando ésta

última sin diferencia ($p < 0.05$) sólo con la relación 5.9. Para la eficiencia de metionina las relaciones 4.7, 5.0 y 5.3 resultan mayores ($p < 0.05$) a las relaciones 5.6, 5.9 y 6.2. Tanto al día 35 como al día 49, las mediciones en rastro manifiestan una tendencia lineal directa para el peso de grasa, presentándose diferencias ($p < 0.05$) al aumentar la relación lisina total/proteína cruda. Con respecto a las características químicas, la medición de cenizas manifestó una tendencia cúbica, sólo con relación a la canal al día 49. El porcentaje de proteína (materia seca) al día 49, presenta una tendencia cúbica (materia seca y base húmeda). La mejor relación beneficio/costo de acuerdo a las condiciones estudiadas, la obtuvo el tratamiento de la relación lisina total/proteína cruda de 5.3, seguida por las relaciones 4.7, 6.2, 5.0 y 5.9; obteniendo el peor beneficio económico la relación 5.6. Se concluye que dentro del rango medido de relación lisina total/proteína cruda (4.70–6.20), modificando sólo el nivel de proteína en dietas isocalóricas, tanto la eficiencia de lisina como de aminoácidos azufrados no presentan una tendencia estadísticamente significativa; mientras que, las eficiencias de proteína y cistina tienen una tendencia directamente proporcional, siendo lineal inversa para la eficiencia de metionina. El consumo de alimento presenta una tendencia cuadrática con un punto de inflexión de 5.61; y la conversión alimenticia corregida para mortalidad, una tendencia lineal directamente proporcional. No se presentan diferencias estadísticamente significativas para el peso corporal y conversión alimenticia, la relación 4.70 tiene el menor consumo de alimento con respecto a las relaciones 5.60 y 5.90 con el mayor consumo. El peso de grasa tiene un incremento lineal, directamente proporcional a las relaciones LT/PC experimentadas; no afectando éstas el rendimiento de piernas y muslos, siendo la relación 5.0 la de menor pechuga diferente a todas las relaciones restantes. El porcentaje de proteína presenta una tendencia cúbica al día 49.

Palabras Clave: Pollo de engorda, Proteína ideal, Rendimiento en canal, Composición química del pollo

LYSINE AND CRUDE PROTEIN RELATION IN DIETS BASED ON IDEAL PROTEIN FOR MALE BROILER CHICKENS

ABSTRACT

The concept of ideal protein, takes the lysine as the amino acid reference base, although there is information lacking on this amino acid in different proportions of protein. Taking this into account, in this experiment the productive parameters, nutrient efficiencies, chemical characteristics and carcass yield, as well as the cost-benefit relation, were studied through six different total lysine/crude protein relations during grower and finisher feeding stages. It used 1,980-broiler chickens, one-day-old, Hybro breed, which were divided in 36 experimental groups of 55 birds each and maintained in production for 49 days. These groups were randomly distributed in six feeding program with six repetitions. During the starter stage (0-21 days), all chicken received the same diet based on the ideal amino acids profile. For the grower (22-35 days) and finisher (36-49 days) stages, diets were formulated with digestible sulfur amino acids with 0.72 and 0.68%, respectively. Digestible lysine, total lysine, and crude protein values were obtained, yielding six treatments: 1) Total lysine/crude protein relation 4.7; 2) Total lysine/crude protein relation 5.0; 3) Total lysine/crude protein relation 5.3; 4) Total lysine/crude protein relation 5.6; 5) Total lysine/crude protein relation 5.9, and 6) Total lysine/crude protein relation 6.2. All treatments were isocaloric, for the grower stage 3,100 kcal/kg metabolizable energy (EM) and for the finisher stage, 3,200 ME kcal/kg. Results revealed that feed consumption for the 4.7 total lysine/crude protein relation was lower ($p < 0.05$) than for the 5.6 and 5.9 total lysine/crude protein relations. For protein and cystine efficiencies, relations 4.7 and 5.0 were lower ($p < 0.05$) than for the 5.9 and 6.2 relations; the latter was different ($p < 0.05$) from the others except for the 5.9 relation. For methionine efficiency, the 4.7, 5.0, and 5.3 relations were higher ($p < 0.05$) than the 5.6, 5.9, and 6.2 ones. On both days 35 and 49, slaughterhouse measurements revealed a direct lineal tendency for fat weight, finding differences ($p < 0.05$) when increasing the total lysine/crude protein relation. Regarding chemical characteristics, ash measurement revealed a cubic tendency only with carcass yield on day 49. Protein percentage (dry matter) on day 49 presented a cubic tendency on day 49 (dry matter and wet base). The

best cost/benefit relation, in the studied conditions, was obtained with the 5.3 total lysine/crude protein treatment, followed by the 4.7, 6.2, 5.0, and 5.9 relations. The worst economic benefit was obtained with the 5.6 relation. The conclusion is that within the measured range of the relationship: total lysine/ crude protein (4.70–6.20), modifying only the protein level in isocaloric diets, the efficiency of lysine as well as the sulfurous amino acids do not have a statistically significant tendency; while the protein and cysteine efficiencies have a directly proportional tendency, being the methionine efficiency lineal inverse. Feed consumption has a quadratic tendency with an inflection point of 5.61; and the feed conversion corrected for mortality, a directly proportional lineal tendency. There are no statistically significant differences for body weight and feed conversion, the relationship 4.70 has a lower feed consumption as compared to the 5.60 and 5.90 relationships with a higher level of consumption. Fat weight has a lineal increment, directly proportional to the total lysine/ crude protein of the experiment; and these did not affect the yield in drumsticks and thighs, being the relationship 5.0 the one that had a smaller breast as compared to the rest of the relationships. The percentage of protein presents a cubic tendency on day 49.

Key words: Broiler chicken, Ideal protein, Carcass yield, Chemical composition of chicken

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El término de proteína ideal no es novedoso, ya que desde 1946 ha sido descrito y ampliamente difundido; no obstante, en la actualidad es poco preciso, debido a la variación que existe en algunos ingredientes, sobre todo los de origen animal o subproductos, y de las necesidades del ave de acuerdo a su edad y/o sexo [1]

Para ser ideal, la proteína no debe de contener aminoácidos en exceso; sin embargo, todos deben estar presentes en la dieta, exactamente en los niveles exigidos para la manutención y para la máxima deposición de proteína. Al no existir en la práctica la proteína ideal, ésta debe aproximar al máximo los niveles de aminoácidos con las exigencias de las aves en las diferentes fases de producción, minimizando así, el exceso de aminoácidos en las dietas [2]

Es decir, el concepto se basa en que todos los aminoácidos están relacionados a uno de referencia que generalmente es la lisina, pero existen controversias; por ejemplo, si el requerimiento aumenta por las exigencias de la línea genética, es necesario conocer el manejo de esta proporción relativa a la lisina, por ello, la relación probablemente se modifica en los distintos periodos de la vida animal, como podría ser por el emplume o el depósito de masa muscular en la pechuga [3]

Entre los aminoácidos esenciales, la lisina se escogió como el de referencia por las siguientes razones [1]: La lisina es el segundo aminoácido limitante (después de los aminoácidos azufrados), en la mayoría de las dietas para aves. Al contrario de los aminoácidos azufrados, el análisis de la lisina es simple y directo, existiendo varios datos sobre su concentración y digestibilidad en los alimentos, la suplementación con lisina sintética es económicamente factible; además que, la lisina presenta apenas una función en el organismo, que es la deposición proteínica. Existe una gran cantidad de información publicada sobre las exigencias de lisina para las aves con diferente composición corporal y sobre diferentes condiciones alimenticias

Existen factores que precisan considerarse en el uso del concepto de proteína ideal para la formulación de raciones para aves, como: la relación ideal de los aminoácidos debe estar determinada por investigaciones empleando dietas purificadas, de esta forma, el patrón ideal de aminoácidos se basa en niveles de aminoácidos digestibles; y la relación ideal de los aminoácidos para las diferentes fases de crecimiento no es la misma. Esta

diferencia ocurre principalmente en la relación de los aminoácidos azufrados, treonina y triptofano conjuntamente con lisina que aumenta a medida que las aves avanzan en edad. Una información precisa sobre las necesidades de lisina digestiva es fundamental, pues todos los otros aminoácidos están relacionados con este elemento; cualquier error en la determinación de la exigencia de lisina resultará en errores de las necesidades de todos los otros aminoácidos [4].

El presente experimento está enfocado en evaluar la relación lisina total/proteína cruda, a través de las variables zootécnicas, rendimiento en canal y composición química en pollos de engorda macho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 1,980 pollos de engorda machos de un día de edad, de la línea Hybro y de la misma estirpe, se distribuyeron aleatoriamente en 36 lotes experimentales, para 6 tratamientos con 6 repeticiones y mantenidos hasta los 49 días de edad. Cada lote experimental fue de 2,97 x 1,5m, alojando 55 aves en piso de cemento con una cama de paja de trigo, conteniendo 2 comederos tipo tolva y 1 bebedero automático de campana, con una circunferencia de 1,22 y 1,06m respectivamente. Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta similar a las utilizadas en la avicultura comercial, proporcionando calor 4 calentadores de gas con turbina y termostato con capacidad de 60,000 BTU/hora, manteniendo una temperatura inicial de 32 °C, que fue disminuyendo 2 °C por semana. Del día 0 al 21 todos los lotes consumieron el mismo tipo de alimento de iniciación [23%PC 3,100 kcal/kg de energía metabolizable (EM)], a partir del día 21 se reaseñaron todos los lotes, siendo la variable peso corporal el criterio de selección, tomando el promedio general y bajo el criterio de más/menos 1 y 2 desviaciones estándar dentro de la distribución de los residuos. Cada una de las aves fue pesada hasta ajustar todos los lotes a igual número de aves y peso promedio, para iniciar la fase alimenticia de crecimiento al día 22, la cual se formuló con un nivel de 0.72% de aminoácidos azufrados digestibles (AASD), al día 36 inició la fase alimenticia de finalización conteniendo 0.68% de AASD: con base a la concentración de AASD se obtuvo el requerimiento de los demás aminoácidos, bajo el concepto del perfil de proteína ideal. Con el valor obtenido de lisina digestible, se obtuvo el nivel de lisina total;

y con éste, se calculó el de proteína cruda. Los niveles fueron de 47g/kg de PC, aumentando 3g hasta alcanzar 62, de acuerdo a la relación lisina total/proteína cruda; obteniendo de esta forma seis tratamientos, siendo estos: 1) relación lisina total/proteína cruda (LI/PC) 47: 2) LI/PC 50; 3) LI/PC 53; 4) LI/PC 56; 5) LI/PC 59; y 6) LI/PC 62. El contenido de los aminoácidos totales en los ingredientes y su digestibilidad, se obtuvieron de datos analizados y recopilados [5]. Todos los tratamientos fueron isocalóricos, siendo para la fase de crecimiento 3,100 kcal/kg de EM y para la de finalización 3,200 kcal/kg de EM.

Las aves se alimentaron a libre acceso con las diferentes dietas, formuladas usando ingredientes comunes a partir de sorgo, pasta de soya y gluten de maíz en forma de harina. Los Cuadros 1 y 2, muestran el análisis calculado de las dietas balanceadas para las fases alimenticias por tratamiento, las cuales reúnen o exceden las recomendaciones del NRC [6]. El programa de iluminación usado fue de 23h de luz total durante los primeros 7 días de edad, del día 8 al 21 con 12h, del día 22 al 28 con 14h, del 29 al 42 con 16h, y del día 43 al 49 con 23h de luz total.

Las medidas de la variabilidad en función de la relación LI:PC se dividieron en: **1) Parámetros productivos:** la respuesta acumulada se midió por lote al final del periodo de crecimiento y finalización; siendo: consumo de alimento, peso corporal, las conversiones alimenticias: comercial y corregida para mortalidad, eficiencia alimenticia (g/g) y las eficiencias nutrimentales de: proteína (g/g), energía (g/megacaloría), lisina (g/g), aminoácidos azufrados (g/g), metionina (g/g), cistina (g/g), arginina (g/g) y treonina (g/g) digestibles: índice de producción, mortalidad total y mortalidad por síndrome ascítico; a todas las aves muertas se les realizó la necropsia para determinar la causa de muerte; **2) Rendimiento en canal:** al día 35 y 49 de edad se realizaron mediciones en rastro, seleccionando aleatoriamente 3 aves por repetición (18 aves por tratamiento), obteniendo los pesos de la canal, grasa abdominal, piernas, muslos y pechuga; utilizándose para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada 100 g de canal. Específicamente, la grasa abdominal, fue retirada y pesada antes de pesar la canal eviscerada que contenía cabeza y patas. **3) Composición químico-corporal:** se midió a los días 35 y 49 tomando aleatoriamente 2 aves por repetición para tener un tamaño de muestra de 12 aves por tratamiento; registrando su peso para su posterior sacrificio.

realizado en condiciones humanitarias. Se retiraron las plumas del ave, se secaron y se pesaron. Cada ave completa fue picada, molida y homogeneizada para obtener una muestra de 200g que fue almacenada en congelación. Posteriormente, las muestras se descongelaron a temperatura ambiental y se realizaron las determinaciones químicas, de acuerdo con los métodos de análisis de la Association of Official Agricultural Chemists [7]; determinando: humedad, proteína, grasa (extracto etéreo) y cenizas. Los datos obtenidos de los 3 apartados anteriores fueron sujetos a un análisis estadístico: **4) Relación beneficio/costo:** a través de un análisis económico, se obtuvo la relación beneficio/costo para cada tratamiento [8].

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo [9] al cual se le atribuye el total de la variación fue:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \mathcal{E}_{(i)j}$$

donde: y_{ij} representa la j -ésima respuesta aleatoria de la variable de respuesta, asociada al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 6$; $\mathcal{E}_{(i)j}$ representa al error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$: todo esto mediante el paquete estadístico computacional SAS [10].

Para el análisis del rendimiento en canal, se incluyó como covariable el peso de la canal por incidir en el modelo. En las variables que se encuentran como porcentajes, se usó la transformación: arcoseno raíz de y , para su posterior análisis estadístico y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 35 días, en: **1) Los Parámetros productivos** (Cuadro 3), existió respuesta cubica ($p=0.0071$) para el consumo de alimento, correspondiéndole el menor consumo a la relación LT/PC de 4.7, resultando diferente ($p<0.05$) a las relaciones restantes. Las eficiencias nutritivas que resultaron con tendencia lineal fueron las eficiencias de proteína y metionina con coeficientes 0.543 y -17.02 respectivamente, resultando con tendencia cuadrática la eficiencia de cistina, con un punto de inflexión de 4.46. Encontrando en éstas eficiencias nutritivas, diferencias ($p<0.05$) al incrementar la relación LT/PC. **2) El Rendimiento en canal**, de acuerdo al análisis estadístico para las

mediciones en rastro (Cuadro 3), el peso de grasa resultó con una respuesta lineal con coeficiente 0.295 ($p=0.0429$); indicando con esto, que al aumentar la relación LT/PC aumenta la deposición de grasa, siendo diferentes ($p<0.05$) las relaciones 4.7 y 5.0 a la relación 6.2; la relación 6.2, obtuvo la menor cantidad de muslo resultando diferente ($p<0.05$) a las relaciones 5.0 y 5.3. **3) Composición químico corporal**, dentro de las características corporales (Cuadro 4), sólo el peso vivo presentó una tendencia cúbica con diferencia estadística ($p=0.03$). Para las características químicas en base seca, el porcentaje de cenizas resultó con una tendencia cuadrática ($p=0.005$) con un punto de inflexión de 5.59, siendo para base húmeda y para su peso en gramos con respecto al peso de la canal, la misma tendencia con un punto de inflexión de 5.52; para los porcentajes de proteína y grasa en base seca, manifestaron una tendencia lineal, con diferencias estadísticas $p=0.02$ y $p=0.0007$ respectivamente; aunque inversa, ya que disminuye el porcentaje de proteína y aumenta el de grasa a medida que aumenta la relación LT/PC; el porcentaje de grasa en base húmeda y su peso en gramos en relación al peso de la canal, obtuvo la misma tendencia lineal. La relación proteína cruda/grasa (g/g), resultó con tendencia lineal ($p=0.006$); es decir, que disminuye proporcionalmente a medida que la relación LT/PC aumenta.

Después de 49 días, en: **1) Los Parámetros productivos** (Cuadro 5), resultó con tendencia cuadrática ($p=0.0429$) el consumo de alimento, con un punto de inflexión de 5.61 continuando con el menor consumo la relación 4.7 siendo diferente ($p<0.05$) a las relaciones 5.6 y 5.9. Zorrilla *et al* [11] informaron que los niveles de proteína, no tuvieron ningún efecto sobre la ganancia de peso; situación observada también en este experimento. Además, mencionan que el efecto de la inclusión de diversos niveles de lisina sobre la ganancia de peso, muestra que se incrementa significativamente ($p<0.01$) al aumentar el nivel de lisina en la dieta, y que a través de un análisis de regresión, se encontró que la lisina explica en mayor porcentaje (90%), la variabilidad observada para ganancia de peso, teniendo ésta un efecto lineal y cuadrático significativo ($p<0.01$) sobre dicho parámetro; lo cual en este experimento, no se pudo comprobar, ya que la inclusión de lisina para las diferentes dietas fue la misma. La conversión alimenticia corregida para mortalidad presentó una tendencia lineal ($p=0.0474$) con coeficiente 0.0541. En cuanto a la conversión alimenticia, Zorrilla *et al* [11] concluyen que no se encontraron diferencias

significativas ($P > 0.05$) entre los distintos niveles de proteína; situación también aquí observada. Mencionando los autores que sin embargo, la inclusión de lisina mejoró significativamente ($P < 0.01$) dicha variable, donde sus pruebas de regresión mostraron que la lisina tiene un efecto lineal y cuadrático ($P < 0.01$) sobre la conversión alimenticia, explicando el 71% de la variabilidad observada, y que con 1.10% de lisina total se obtiene la mejor conversión alimenticia. Las eficiencias nutritivas: proteínica, de metionina y de cistina obtienen una respuesta lineal y el mismo nivel de significancia estadística de como se comportaron al día 35, resultando de igual forma las eficiencias proteínica y de cistina directamente proporcional a la relación de LI/PC, manifestando lo contrario la eficiencia de metionina. Las eficiencias de proteína y cistina en las relaciones 4.7 y 5.0, resultaron menores ($p < 0.05$) a las relaciones 5.9 y 6.2; siendo ésta última, diferente ($p < 0.05$) a todas las relaciones excepto para la 5.9. Para la eficiencia de metionina, las relaciones 4.7, 5.0 y 5.3 resultaron mayores ($p < 0.05$) a las 5.6, 5.9 y 6.2. Indicando con esto, que al disminuir la proteína de la dieta se obtiene mayor eficiencia de proteína y cistina, resultando lo contrario para la eficiencia de metionina. Summers y Leeson [12] y Jackson *et al* [13] publicaron que la utilización de la proteína, disminuyó con cada incremento de la proteína de la dieta; éste experimento concuerda con esto, al obtenerse una respuesta lineal directa entre la eficiencia de la proteína y la relación LI/PC.

2) El Rendimiento en canal, de la misma forma que para el día 35, el peso de grasa presentó tendencia lineal ($p = 0.0236$) directamente proporcional a la relación LI/PC, presentándose diferencias ($p < 0.05$) al aumentar la relación LI/PC. Hargis y Creger [14] reportaron que al incrementar la proteína en dietas isocalóricas, observaron disminución del 30% de grasa abdominal; lo cual concuerda en este experimento, obteniendo una disminución del 19.7% entre la dieta con mayor y menor cantidad de PC. Lo cual posiblemente ocurre, por el mayor gasto energético para metabolizar la mayor cantidad de proteína, con la consecuente menor deposición de grasa abdominal. La relación 5.0 obtuvo la menor cantidad de pechuga siendo diferente ($p < 0.05$) a todos los tratamientos.

3) Composición química corporal (Cuadro 6), para las características corporales el peso vivo y el peso de la canal tuvieron una respuesta cuadrática, siendo el punto de inflexión para el primero de 5.53 y para el segundo muy semejante de 5.51, ya que dichos pesos están muy relacionados; se puede inferir, que el porcentaje de proteína

es importante en el concepto proteína ideal para obtener mayor peso vivo y consecuente peso en canal. El peso y porcentaje de plumas, rendimiento en canal, pechuga, piernas y muslos no presentaron una tendencia clara a través de los incrementos de la relación LT/PC. El porcentaje de proteína y grasa, presentaron tendencias tanto en base húmeda como en base seca, la respuesta de la proteína fue cúbica para base seca ($p=0.04$) y base húmeda ($p=0.08$); y la de grasa fue lineal para base seca ($p=0.09$) y base húmeda ($p=0.001$); aunque a diferencia de la medición del día 35, a medida que aumenta la relación LT/PC el porcentaje de grasa tiende a disminuir; lo que se corrobora con la relación proteína cruda/grasa (g/g) que resultó también con tendencia lineal ($p=0.02$), incrementando a mayor relación LT/PC. Para las cenizas, únicamente en el peso de cenizas con respecto a la canal, resultó con tendencia cúbica ($p=0.06$). Jackson *et al* [13], Twining *et al* [15] y Summers y Leeson [16] y señalan que los cambios en la proteína y energía en la dieta, afectan significativamente ($p<0.01$) la composición de la canal; al incrementar la proteína de la dieta, disminuye la cantidad de grasa en la canal, y aumenta la proteína y la humedad; siendo mayor hasta el 28% PC. La grasa abdominal también disminuyó al aumentar el porcentaje de proteína en los resultados aquí obtenidos; en lo referente a la proteína de la canal, se observó un comportamiento cúbico, y para la grasa (lípidos) los resultados no concuerdan, ya que se obtuvo aquí una respuesta lineal inversa a la relación LT/PC; pero hay que tomar en cuenta, que el análisis químico en el presente estudio, se realizó con el ave completa. Jackson *et al* [13] concluyen que aunque el consumo de proteína es mayor con cada aumento de la proteína de la dieta, un nivel de 20% PC fue suficiente para la máxima deposición de proteína en la canal, al aumentar este porcentaje se disminuye la deposición. Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que con la relación LT/PC 5.3, se obtiene el mayor porcentaje de proteína. Además mencionan que se debe balancear sobre el nivel de PC para que sea económicamente redituable. Cuando el máximo retorno de proteína de la dieta *versus* proteína del ave es deseable, bajar proteína en la dieta debe considerarse, aunado a que debe ser más importante el contenido de proteína de la canal, como criterio de selección en los programas de alimentación del pollo de engorda, que la selección directa por grasa de la canal.

4) Relación beneficio/costo, resultó con el mayor ingreso neto (Cuadro 1, Anexo 4) la relación LT/PC 5.3; ocupando el segundo lugar la relación 4.7 y el tercer

lugar la relación LT/PC más alta 6.2, que fue la que obtuvo el menor porcentaje de mortalidad. El peor tratamiento correspondió a la relación 5.6, que resultó con el menor número de pollos vivos.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

- 1 Dentro del rango medido de relación lisina total/proteína cruda (4.70–6.20), modificando sólo el nivel de proteína en dietas isocalóricas, tanto la eficiencia de lisina como de aminoácidos azufrados no presentan una tendencia estadísticamente significativa; mientras que, las eficiencias de proteína y cistina tienen una tendencia directamente proporcional, siendo lineal inversa para la eficiencia de metionina.
- 2 El consumo de alimento presenta una tendencia cuadrática con un punto de inflexión de 5.61; y la conversión alimenticia corregida para mortalidad, una tendencia lineal directamente proporcional. No se presentan diferencias estadísticamente significativas para el peso corporal y conversión alimenticia, la relación 4.70 tiene el menor consumo de alimento con respecto a las relaciones 5.60 y 5.90 con el mayor consumo.
- 3 El peso de grasa tiene un incremento lineal, directamente proporcional a las relaciones lisina total/proteína cruda experimentadas; no afectando éstas el rendimiento de piernas y muslos, siendo la relación 5.0 la de menor pechuga diferente a todas las relaciones restantes.
- 4 El porcentaje de proteína presenta una tendencia cúbica al día 49.

REFERENCIAS Y NOTAS

- 1 **Parsons, C.M.**, 1996. Digestible amino acids for poultry and swine. *Anim Feed Sci Tech* 59:147-153
- 2 **Fernandez, S.R. y C.M. Parsons**, 1996. Bioavailability of the digestible lysine and valine in cottonseed and soybean meals for chicks. *Poult Sci* 75:216-223
- 3 **Penz, A.M.Jr.**, 1993. Memorias Simposium de Avances Tecnológicos. *NOVUS Int Lat* pp 35
- 4 **Baker, D.H.**, 1993. Proceedings Arkansas Nutrition Conference pp 22
- 5 **Mariscal, G., G.E. Ávila, I. Tejada, J.A. Cuarón, y P.C.G. Vásquez**, 1995. Contenido de proteína y aminoácidos totales y digestibles para pollos. PAIEPEME

6 **National Research Council**, 1994 Nutrient Requirements of domestic Animals. Nutrient Requirements of Poultry 10th rev ed Natl Acad Sci , Washington, D C.

7 **Association of Official Analytical Chemists**, 1990 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Ed Kenneth Helrich, Washington, D C

8 Se realizó un análisis de costos por tratamiento, tomando unicamente como costos variables, el costo por concepto de alimentación; siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo del número de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total Para obtener los ingresos brutos para cada tratamiento, se tomaron en cuenta: el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento

9 **Steel, R.G.D. y J.H. Torrie**, 1992 Bioestadística: Principios y procedimientos 2a Ed ; Edit McGraw-Hill/Interamericana; México; pp 622

10 **SAS Institute**, 1988 SAS/STATTM User s Guide SAS Institute, Inc , Cary, NC

11 **Zorrilla, F.F., G.M. Cuca, y G.E. Ávila**, 1993 Efecto de niveles de energía, lisina y proteína en dietas para pollos de engorda en iniciación *Vet Méx* 24(4):311-316

12 **Summers, J.D. y S.J. Leeson**, 1978 Dietary selection of protein and energy by pullets and broilers *Br Poult Sci* 19:425-430

13 **Jackson, S., J.D. Summers, y S.J. Leeson**, 1982 Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization. *Poult Sci* 61:2224-2231

14 **Hargis, P.H. y C.R. Creger**, 1980 Effects of varying dietary protein and energy levels on growth rate and body fat of broilers *Poult Sci* 59:1499-1504

15 **Twining, P.V., O.P. Thomas, y E.H. Bossard**, 1978 Effect of diet and type of birds on the carcass composition of broilers at 28, 49 and 59 days of age *Poult Sci* 57:492-497

16 **Summers, J.D. y S.J. Leeson**, 1979. Composition of poultry meal as affected by nutritional factors *Poult Sci* 58:536-542

CUADRO 1 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA INICIADOR Y DIETAS DE CRECIMIENTO PARA LOS 6 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES PARA MACHO

INGREDIENTES	INICIADOR 0 a 21 días	TRATAMIENTOS (Relación Lisina:Proteína cruda)					
		CRECIMIENTO 22 a 35 días					
		4.70	5.00	5.30	5.60	5.90	6.20
% DE LA DIETA							
Sorgo (8% PC)	51.50	62.57	63.11	63.70	64.47	65.16	64.49
Harina de soya (47% PC)	36.35	11.91	14.87	17.20	19.03	20.69	24.04
Gluten de maíz (62.0% PC)	2.57	14.62	11.70	8.34	5.06	2.07	
Harina de carne (48% PC)		6.07	0.55				
Harina de pluma (81% PC)		0.41	3.00	3.00	3.00	3.00	1.25
Aceite de Soya	5.43	2.70	3.10	3.79	4.40	4.95	5.79
DL-Metionina	0.15	0.01	0.03	0.08	0.14	0.19	0.24
L-Lisina HCL		0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.22
L-Treonina				0.02	0.05	0.07	0.09
Otros ^A	4.00	1.35	3.31	3.56	3.57	3.61	3.88
Total	100	100	100	100	100	100	100
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS							
EM (kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína Cruda, %	23	23	21.60	20.40	19.30	18.30	17.40
Calcio, %	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo Disponible, %	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Sodio, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina Total, %	1.25	1.09	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Lisina Digestible, %	1.1030	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Metionina Total, %	0.52	0.45	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51
Metionina Digestible, %	0.48	0.41	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48
Metionina + Cistina Total, %	0.90	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.81
Metionina + Cistina Dig., %	0.80	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Cistina Total	0.3755	0.39	0.39	0.37	0.35	0.33	0.30
Cistina Digestible	0.30	0.31	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23
Treonina Total	0.88	0.80	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75
Treonina Digestible	0.75	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Triptófano Total	0.29	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22
Triptófano Digestible	0.25	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18
Arginina Total	1.55	1.17	1.14	1.14	1.14	1.15	1.15

^A Ortofosfato de calcio (20/21), Carbonato de calcio (38%), Sal. Cloruro de colina (60%), Bicarbonato de sodio, Salinomicina sódica, Bacitracina metil discalilato, Surmax (112.5/colistin), 3-Nitro (20%), Pigmentos Premezcla vitamínica por kg de dieta: vitamina A, 8,800 UI; colecalciferol, 2,500 UI; vitamina E, 15 UI; vitamina B₁₂, 0.020 mg; riboflavina, 5.5 mg; niacina, 36 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; menadiona, 2.0 mg; ácido fólico, 1.0 mg; tiamina, 2.0 mg; piridoxina, 2.2 mg; biotina, 0.050 mg; etoxiquin, 125 mg. Premezcla mineral por kg de dieta: Mn, 110 mg; Zn, 55 mg; Fe, 60 mg; Cu, 12 mg; I, 1.0 mg; Se, 0.3 mg.

**CUADRO 2 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA FINALIZADOR
PARA LOS 6 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES PARA MACHO**

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS (Relación Lisina:Proteína cruda)					
	FINALIZADOR					
	36 a 49 días					
	4.70	5.00	5.30	5.60	5.90	6.20
	% DE LA DIETA					
Sorgo (8% PC)	68.40	67.99	68.76	69.45	70.07	70.60
Harina de soya (47% PC)	7.08	10.89	12.72	14.38	15.87	17.26
Gluten de maíz (62.0% PC)	13.96	11.35	8.07	5.09	2.43	
Harina de carne (48% PC)	2.84					
Harina de pluma (81% PC)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Aceite de Soya	1.88	2.66	3.27	3.82	4.31	4.77
DL-Metionina		0.04	0.09	0.15	0.19	0.23
L-Lisina HCL	0.40	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28
L-Treonina	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15
Otros ^A	2.38	3.63	3.66	3.68	3.70	3.71
Total	100	100	100	100	100	100
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS						
EM (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína Cruda, %	20.85	19.60	18.50	17.50	16.61	15.81
Calcio, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Fósforo Disponible, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sodio, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina Total, %	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
Lisina Digestible, %	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Metionina Total, %	0.41	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49
Metionina Digestible, %	0.37	0.38	0.40	0.42	0.44	0.45
Metionina + Cistina Total, %	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.75
Metionina + Cistina Dig., %	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Cistina Total	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29
Cistina Digestible	0.29	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22
Treonina Total	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74
Treonina Digestible	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Triptófano Total	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19
Triptófano Digestible	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Arginina Total	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
Arginina Digestible	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
^A Ortofosfato de calcio (20/21), Carbonato de calcio (38%), Sal, Cloruro de colina (60%), Bicarbonato de sodio, Salinomicina sódica, Bacitracina metil discalicolato, Surmax (112.5/colistin), 3-Nitro (20%), Pigmentos Premezcla vitamínica por kg de dieta: vitamina A, 8,800 UI; colecalciferol, 2,500 UI; vitamina E, 15 UI; vitamina B ₁₂ , 0.020 mg; riboflavina, 5.5 mg; niacina, 36 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; menadiona, 2.0 mg; ácido fólico, 1.0 mg; tiamina, 2.0 mg; piridoxina, 2.2 mg; biotina, 0.050 mg; etoquin, 125 mg. Premezcla mineral por kg de dieta: Mn, 110 mg; Zn, 55 mg; Fe, 60 mg; Cu, 12 mg; I, 1.0 mg; Se, 0.3 mg.						

CUADRO 3 PARÁMETROS PRODUCTIVOS, EFICIENCIAS NUTRITIVAS Y MEDICIONES EN RASTRO AL DÍA 35 DE EDAD

RELACION LISINA:PROTEINA CRUDA	4.70	5.00	5.30	5.60	5.90	6.20	MEDIA	EEM	
PARAMETROS PRODUCTIVOS									
CONSUMO DE ALIMENTO (G) ^A	2124 a	2262 b	2208 b	2235 b	2224 b	2231 b	2214	22.84	
PESO CORPORAL (G)	1281 a	1339 b	1355 b	1315 ab	1340 b	1328 ab	1326	18.13	
CONVERSIÓN ALIMENTICIA	1.661 a	1.691 a	1.632 a	1.701 a	1.660 a	1.682 a	1.671	0.028	
CONVERSIÓN CORREGIDA	1.634 a	1.639 a	1.618 a	1.659 a	1.635 a	1.650 a	1.639	0.022	
MORTALIDAD TOTAL (%)	7.28 ab	12.73 b	6.37 a	11.21 ab	7.58 ab	7.58 ab	8.79	2.037	
MORTALIDAD ASCITIS (%)	2.73 ab	4.55 b	1.52 a	3.33 ab	2.73 ab	3.33 ab	3.03	1.041	
ÍNDICE DE PRODUCCIÓN	206 a	198 a	223 a	197 a	214 a	209 a	208	9.32	
^A RESPUESTA CÚBICA	$Y = -38905 + 22257x - 4000.11x^2 + 238.80x^3$							(P=0.0071)	
EFICIENCIAS NUTRITIVAS (G/G)									
EFICIENCIA ALIMENTICIA	0.603 a	0.592 a	0.613 a	0.590 a	0.602 a	0.595 a	0.599	0.0097	
EFICIENCIA PROTEÍNICAS ^A	2.62 a	2.74 a	3.01 b	3.05 b	3.30 c	3.42 c	3.02	0.050	
EFICIENCIA ENERGÉTICA	194.64 a	190.99 a	198.00 a	190.01 a	194.50 a	192.06 a	193.37	3.243	
EFICIENCIA LISINA	62.21 a	61.04 a	63.28 a	60.73 a	62.16 a	61.38 a	61.80	1.036	
EFICIENCIA AA SULFURADOS	83.80 a	82.23 a	85.25 a	81.81 a	83.74 a	82.69 a	83.25	1.396	
EFICIENCIA METIONINA ^B	147.17 a	148.02 a	146.14 a	133.87 b	131.07 b	124.04 c	138.39	2.336	
EFICIENCIA CISTINA ^C	194.64 a	190.99 a	211.65 b	218.16 b	241.18 c	258.86 d	219.25	3.651	
EFICIENCIA ARGININA	58.02 a	56.93 a	59.02 a	56.64 a	57.98 a	57.25 a	57.64	0.967	
EFICIENCIA TREONINA	94.28 a	92.51 a	95.90 a	92.04 a	94.21 a	93.03 a	93.66	1.571	
^A RESPUESTA LINEAL	$Y = 0.0636 + 0.543x$							(P<0.0001)	
^B RESPUESTA LINEAL	$Y = 231.16 - 17.024x$							(P<0.0001)	
^C RESPUESTA CUADRÁTICA	$Y = 649.26 - 205.56x + 23.037x^2$ PUNTO DE INFLEXIÓN: 4.46							(P<0.0001)	
PESO DE LAS PIEZAS POR CANAL (g/100g)									
GRASA ^A	2.38 a	2.15 a	2.62 ab	2.55 ab	2.45 ab	2.90 b	2.51	0.18	
PECHUGA	25.77 a	25.68 a	26.47 a	25.44 a	26.73 a	27.27 a	26.23	0.79	
PIERNAS	13.58 a	13.01 a	13.01 a	13.06 a	13.25 a	13.08 a	13.17	0.23	
MUSLOS	15.41 ab	16.08 a	16.06 a	15.27 ab	15.44 ab	15.14 b	15.57	0.37	
^A RESPUESTA LINEAL	$Y = 0.94023 + 0.295x$							(P=0.0429)	

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes (P<0.05)

CUADRO 4 CARACTERÍSTICAS CORPORALES Y QUÍMICAS AL DÍA 35 DE EDAD

RELACION LISINA:PROTEINA CRUDA	4.70	5.00	5.30	5.60	5.90	6.20	MEDIA	EEM
CARACTERÍSTICAS CORPORALES								
PESO VIVO (G) ^A	1464	1385	1423	1522	1440	1440	1446	27
PESO CANAL (G)	1165	1111	1140	1198	1155	1158	1155	22
PESO PLUMAS (G)	69	72	79	90	67	65	74	8
PLUMAS (%)	5.99	6.51	6.92	7.47	5.78	5.64	6.39	0.06
RENDIMIENTO CANAL (%)	79.60	80.19	80.21	78.75	80.23	80.39	79.89	0.73
^A RESPUESTA CÚBICA $Y = 50310.45 - 27294.90x + 5053.13x^2 - 310.07x^3$ (P=0.03)								
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS								
MATERIA SECA								
MATERIA SECA (%)	33.75	32.58	33.52	33.25	34.26	34.86	33.71	1.00
CENIZAS (%) ^A	11.83	8.70	9.47	8.61	9.24	9.64	9.58	0.61
PROTEÍNA (%) ^B	49.98	47.53	50.55	49.01	48.11	45.86	48.51	1.00
GRASA (%) ^C	37.45	37.54	40.63	43.95	40.38	43.73	40.60	1.40
BASE HÚMEDA								
CENIZAS (%) ^D	4.02	2.83	3.19	2.84	3.17	3.36	3.23	0.23
PROTEÍNA (%)	16.91	15.45	17.01	16.21	16.49	15.99	16.34	0.58
GRASA (%) ^E	12.58	12.28	13.57	14.72	13.85	15.25	13.71	0.65
CON RESPECTO A LA CANAL								
CENIZAS (G) ^F	46.61	31.30	36.37	34.25	36.67	38.86	37.34	2.72
PROTEÍNA (G)	195.87	170.99	193.27	194.45	190.50	185.15	188.37	6.96
GRASA (G) ^G	146.20	136.24	154.22	176.59	159.93	176.58	158.29	7.84
RELACIÓN PC:G (G/G) ^H	1.36	1.31	1.28	1.13	1.20	1.05	1.22	0.06
^A RESPUESTA CUADRÁTICA	$Y = 114.63 - 37.91x + 3.39x^2$		PUNTO DE INFLEXIÓN= 5.59		(P=0.0050)			
^B RESPUESTA LINEAL	$Y = 59.10 - 1.94x$		(P=0.0200)					
^C RESPUESTA LINEAL	$Y = 18.22 + 4.11x$		(P=0.0007)					
^D RESPUESTA CUADRÁTICA	$Y = 44.18 - 14.91x + 1.35x^2$		PUNTO DE INFLEXIÓN= 5.52		(P=0.0060)			
^E RESPUESTA LINEAL	$Y = 3.74 + 1.83x$		(P=0.0200)					
^F RESPUESTA CUADRÁTICA	$Y = 499.28 - 168.63x + 15.25x^2$		PUNTO DE INFLEXIÓN= 5.53		(P=0.0060)			
^G RESPUESTA LINEAL	$Y = 30.96 + 23.36x$		(P=0.0020)					
^H RESPUESTA LINEAL	$Y = 2.286 - 0.195x$		(P=0.0060)					

TESIS CON
 FOLIA PL. CIGEN

Experimento 5

DIETAS FORMULADAS A PROTEÍNA IDEAL Y RESTRICCIÓN ALIMENTICIA, SOBRE LA HIPERPLASIA E HIPERTROFIA DEL TEJIDO GRASO ABDOMINAL EN POLLOS DE ENGORDA

RESUMEN

Existe controversia del tiempo de presentación de la hipertrofia e hiperplasia del tejido adiposo abdominal, tanto al aplicar un programa de restricción como al formular bajo el concepto de proteína ideal. Debido a esto, se estudiaron dos dietas en la relación lisina total/proteína cruda, formuladas sobre la base de proteína ideal para crecimiento y finalización, y en un programa de restricción alimenticia en pollos de engorda, evaluando variables zootécnicas, rendimiento en canal, perfil de lípidos en sangre, y la hiperplasia e hipertrofia del tejido graso abdominal. Se utilizaron 792 pollos de engorda de la línea Ross de un día de edad (396 machos y 396 hembras), distribuidos aleatoriamente en 24 lotes experimentales de 33 aves cada uno y mantenidos hasta el día 49 de edad. El diseño experimental fue un arreglo factorial 3 X 2, con tres tratamientos por sexo y con cuatro repeticiones por tratamiento. En la fase de iniciación, todos los pollos recibieron la misma dieta formulada con base en el perfil de aminoácidos digestibles; para las fases de crecimiento y finalización, las dietas se formularon con base a los aminoácidos azufrados digestibles. Los tratamientos fueron: 1) Relación lisina total/proteína cruda 5.0, consumo a libre acceso; 2) Relación lisina total/proteína cruda 5.6, consumo a libre acceso; y 3) Relación lisina total/proteína cruda 5.0, programa de restricción alimenticia con acceso al alimento por 8 horas diarias del día 15 al 35. Todos los tratamientos fueron isocalóricos. Los resultados indican que el cambio en la relación lisina total/proteína cruda de 5.0 a 5.6 bajo el concepto de proteína ideal y al aplicar un programa de restricción alimenticia, se modifican las curvas de crecimiento, que bien las representa un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.9965$). La restricción alimenticia disminuye ($p<0.05$) el consumo de alimento, la mortalidad total y la causada por síndrome ascítico, mejorando la conversión alimenticia. El consumo de alimento acumulado es mayor ($p<0.05$) en la relación 5.6; obteniendo el mayor peso corporal, resultando diferente ($p<0.05$) el de restricción, pero no de la relación 5.0. Los valores de las piezas con

relación a la canal (g/100g), para pechuga resultaron mayores en las hembras, favoreciéndose este valor en el 5.0; y para piernas, los valores de machos fueron mayores, siendo mejor el obtenido en el de restricción. Las hembras acumulan más grasa abdominal ($p < 0.05$) con relación a los machos para cada tratamiento, los valores de 5.6 resultan ser los mayores y los de 5.0 los más bajos. En el perfil de lípidos en sangre, sólo se encontraron diferencias ($p < 0.05$) de los triglicéridos al día 35 y de las lipoproteínas de alta densidad al día 49. Los valores de lípidos por gramo de tejido seco, son mayores en el de restricción para ambos sexos, desde la quinta a la séptima semana. El DNA por gramo de tejido seco, alcanza su valor más alto a la segunda semana de edad (machos $622.67 \mu\text{g}$ y hembras $657.67 \mu\text{g}$). Mediante la relación lípidos/DNA, se observó una clara respuesta sobre la hipertrofia de este tejido, iniciando en machos en promedio a los 11.1 días y para las hembras a los 10.8; siendo mayor, desde la quinta hasta la séptima semana para machos y hembras de restricción. Se concluye, que 5.0 y 5.6 no presentaron diferencias en la acumulación de lípidos y cantidad de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, ni para la hipertrofia de éste tejido; encontrando mayor rendimiento de pechuga con 5.0 y un mejor peso corporal con 5.6. Es eficiente el uso de la restricción alimenticia como paliativo para disminuir el síndrome ascítico y por ende la mortalidad total, mejorando a la vez la conversión alimenticia, sin embargo, tanto hembras como machos no alcanzaron el crecimiento compensatorio a los 49 días de edad y presentaron mayor acumulación de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco y una mayor hipertrofia medida por la relación lípidos/DNA.

Palabras Clave: Pollo de engorda, Proteína ideal, Restricción alimenticia, Hiperplasia, Hipertrofia, Tejido graso

EFFECTS OF IDEAL PROTEIN-BASED DIETS AND OF FEEDING RESTRICTION ON HYPERPLASIA AND HYPERTROPHY OF THE ABDOMINAL FATTY TISSUE IN BROILER CHICKENS

ABSTRACT

There is controversy as to when the abdominal adipose tissue begins to show hypertrophy and hyperplasia, when applying the restriction program, as well as, when the formula is made under the concept of ideal protein. Taking this into consideration, two diets differing in their total lysine/crude protein relationship were studied, based on ideal protein for growth and finisher stages in broiler chickens and assessed the zootechnical variables, carcass yield, lipids profile in blood, hyperplasia and hypertrophy of the abdominal fatty tissue. Seven hundred ninety-two broiler chickens (396 males and 396 females), Ross breed, one day old, were used. Groups were randomly distributed in 24 experimental batches of 33 birds each and kept until day 49 of age. Experimental design was a 3 x 2 factorial arrangement, with three treatments per sex and four repetitions of each. In the starter stage, all chickens were fed the same diet based on the digestible amino acids profile; for growth and finisher stages, diets were formulated based on the digestible sulfurated amino acids. The feeding treatments were: 1) Total lysine/crude protein 5.0; *ad libitum* feeding access; 2) Total lysine/crude protein 5.6; *ad libitum* feeding access, and 3) Total lysine/crude protein 5.0 time feed restriction for 8 hours/day feed consumption from 15 to 35 days of age. All treatments were isocaloric. Results indicate that the change in the total lysine/crude protein relationship from 5.0 to 5.6 with the ideal protein concept and applying the feed restriction program modifies the growth curves, well represented by a quadratic model with a high determination coefficient ($R^2=0.9965$). Feed restriction decreases ($p<0.05$) feed consumption, total mortality, and ascites syndrome, improving feed conversion. Consumption of accumulated food is larger ($p<0.05$) in 5.6, achieving a higher body weight, being different ($p<0.05$) as compared to restriction but not to 5.0. Values of pieces in relation to carcass (g/100g) for breast were higher in females, especially with 5.0; for legs, the male values were higher, and the best was obtained with restriction. Females accumulate more abdominal fat ($p<0.05$) than males with each treatment: 5.6 values were the highest and the lowest corresponded to 5.0. Regarding the lipids profile in blood, differences ($p<0.05$) were

found only in triglycerides on day 35 and in high-density lipoproteins on day 49. Lipid values per gram of dry tissue are greater for restriction in both sexes, from the fifth to the seventh week. The DNA per gram of dry tissue reaches its highest value on the second week (males 622.67 μ g and females 657.67 μ g). The lipids/DNA relationship revealed a clear effect on the hypertrophy of this tissue, starting in males at an average of 11.1 days and in females at 10.8 days and being higher from the fifth to the seventh week for restriction in both sexes. It concludes that 5.0 and 5.6 induced no differences in lipid accumulation and amount of DNA per gram of dry abdominal fatty tissue, nor for the hypertrophy of this tissue, obtaining a better breast yield with 5.0 and a better body weight with 5.6. The use of feeding restriction is efficient as a palliative to reduce ascites syndrome and, hence, total mortality, improving at the same time feeding conversion. However, neither females nor males reached a compensatory growth on day 49 and presented a larger accumulation of lipids per gram of dry abdominal fatty tissue and an increased hypertrophy as measured by the lipids/DNA relationship.

Key words: Broiler chickens, Ideal protein, Feed restriction, Hyperplasia, Hypertrophy, Fatty tissue

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En años recientes se ha dado énfasis en la industria avícola, a encontrar formas para incrementar la ganancia de peso y de esta manera, aumentar la producción de proteína de origen animal. Grandes avances se han obtenido a través de la selección genética y del maximizar los regímenes nutricionales; sin embargo, así como se ha desarrollado el entendimiento de los mecanismos que controlan el crecimiento animal, también existe un potencial más positivo para lograr cambios en el crecimiento, que pueden alcanzarse por la manipulación de los nutrientes en la dieta y así, aumentar el crecimiento animal con el consecuente aumento de proteína animal, a expensas de la deposición de lípidos [1][2]. La grasa acumulada en la región abdominal, es la principal responsable de una canal grasa, la determinación de ésta es una medida importante por su valor que por la correlación que presenta con la grasa total ($r=0.5$ a 0.9) [3][4]. Es de considerar que, las pérdidas debidas a un exceso de deposición de grasa en pollos de engorda, son estimadas en 250 a 300 millones de dólares anualmente en Estados Unidos de América [5]. Muchos factores influyen el nivel de grasa en el pollo tales como el genotipo, medio ambiente, nutrición, edad y sexo del ave. La selección de un ave magra es la solución más conveniente para reducir el exceso de grasa. El uso de técnicas de manipulación nutricional ofrece una rápida solución al problema del exceso de grasa sin consecuencias indeseables. Investigaciones previas han considerado la influencia de la densidad y concentración de la dieta tanto como la alteración de la relación proteína:energía. El costo de la dieta es un factor adverso [6].

La acumulación de grasa presenta una heredabilidad alta, pero está inversamente correlacionada con la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. Considerando esto, con la manipulación de los niveles de energía y proteína de la dieta, la calidad de la canal puede alterarse. Salmon *et al* [7], demostraron que paralelamente a un incremento en la acumulación de grasa abdominal, ocurre una disminución en el rendimiento de la canal y un aumento en las proporciones de piel y huesos cuando disminuye el consumo de proteína. Goodwin [3], relata que la mayor implicación está relacionada con la acumulación de grasa abdominal, al aumentar la energía o disminuir la proteína de la dieta, por tratarse de un producto normalmente desechado por el consumidor. Las condiciones nutricionales no tienen efectos persistentes sobre la adiposidad de las aves [8].

Varios estudios, muestran que la restricción alimenticia puede provocar una aparente alteración del desarrollo del tejido adiposo, donde pueden estar involucrados varios parámetros bioquímicos, asociados con el metabolismo de lípidos en las aves [5].

El contenido de DNA en el cojín graso se usó para medir el desarrollo celular, asumiendo que el DNA es constante sobre una base celular, siendo una medida de la celularidad total del tejido adiposo. Un incremento relativamente lineal en el contenido de DNA del cojín graso abdominal fue evidente hasta la semana 16 de edad, de ahí disminuyó [9]. Leeson y Summers [10] y Cherry *et al* [4] observaron el cambio en la deposición de grasa que ocurrió a los 28 días. Jones y Farrel [11] mostraron éste cambio a los 21 días estando de acuerdo con lo observado por March y Hansen [12]. El cambio en la proporción de la deposición está asociado con el comienzo del desarrollo testicular y ovárico [9] y podría marcar el cambio de hiperplasia adipocítica a hipertrofia adipocítica [4]. La selección genética afecta dramáticamente el crecimiento celular adiposo, sugiriendo los autores [13] que las diferencias en el cojín abdominal son más reflexivas al volumen medio del adipocito que al número total de adipocitos. El número de células adiposas es determinado por la heredabilidad, no por la proporción de crecimiento, la cual sólo la influencia acelerándola o retardándola [9]. Diferencias entre estirpes dentro de la adiposidad, fueron atribuidas a diferencias en el número de adipocitos, mientras que diferencias en dietas (altas y bajas en proteína), estuvieron asociadas con el tamaño de la célula adiposa [4].

Lyn *et al* [14], mencionan que la utilización de nutrimentos para la acumulación de grasa en los pollos, resulta en una disminución de la eficiencia de utilización de los alimentos y que los métodos a ser utilizados para la reducción de grasa en la canal y grasa abdominal, es el mayor desafío que enfrentará la avicultura en el futuro.

El objetivo de este experimento fue determinar semanalmente en pollos de engorda machos y hembras, el desarrollo del tejido adiposo en cuanto a la multiplicación (hiperplasia) y crecimiento (hipertrofia) de los adipocitos, como consecuencia de la utilización de 2 dietas isocalóricas, modificando en las fases de crecimiento y finalización la relación lisina total/proteína cruda (5.0 y 5.6); además de utilizar un programa de restricción alimenticia, limitando el acceso al consumo de alimento a 8 horas del día. 15 al 35.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 792 pollos de engorda de un día de edad (396 machos y 396 hembras) de la línea Ross y de la misma estirpe, identificados mediante una banda numerada en el pliegue del ala, asignados aleatoriamente en 24 lotes experimentales y mantenidos en producción hasta los 49 días de edad. Cada lote experimental fue de 2,45 x 1,35m, alojando 33 aves en piso de cemento con una cama de viruta de madera, con un comedero tipo tolva y un bebedero automático de campana, con una circunferencia de 1,22 y 1,06m respectivamente. Los lotes experimentales estuvieron ubicados en una caseta similar a las utilizadas en la avicultura comercial; proporcionando calor 6 calentadores de gas, con una temperatura inicial de 32 °C, siendo ésta reducida 2 °C por semana. El diseño experimental fue un arreglo factorial 3 X 2 con tres tratamientos alimenticios y 2 sexos. Machos y hembras fueron criados en lotes separados para cada tratamiento, resultando en 4 repeticiones por tratamiento para cada sexo. Los tratamientos alimenticios fueron: T1) relación lisina total/proteína cruda (LT/PC) 5,0, consumo a libre acceso; T2) LT/PC= 5,6, consumo a libre acceso; y T3) LT/PC 5,0, programa de restricción alimenticia ofreciendo 8 horas diarias de consumo de alimento del día 15 al 35. Los programas alimenticios fueron: iniciador (0 a 21 días), crecimiento (22 a 35 días) y finalizador (36 a 49 días). Todos los lotes consumieron el mismo tipo de alimento de iniciación [23% PC; 3,100 kcal/kg de energía metabolizable (EM)]. En la fase de crecimiento, la dieta se formuló con un nivel de 0,72% de aminoácidos azufrados digeribles (AASD); y en la fase de finalización se formuló con un nivel de 0,68% de AASD; con el nivel de AASD se obtuvo el requerimiento de los demás aminoácidos, basándose en el perfil de proteína ideal. Con el valor obtenido de lisina digerible, se obtuvo el nivel de lisina total; y con éste, se calculó el de proteína cruda. Los niveles fueron de 50 y 56g/kg de PC. El contenido de los aminoácidos totales en los ingredientes y su digestibilidad, se obtuvieron de datos analizados y recopilados [15]. Todos los tratamientos fueron isocalóricos, siendo para la fase de crecimiento 3,100 kcal/kg de EM y para la fase de finalización 3,200 kcal/kg de EM.

Las aves se alimentaron a libre acceso con las diferentes dietas, formuladas a partir de sorgo, pasta de soya y gluten de maíz en forma de harina. El Cuadro 1, muestra el análisis calculado de las dietas para las fases alimenticias por tratamiento, las cuales reúnen o exceden las recomendaciones del NRC [16]. No se utilizó programa de

iluminación artificial

Las medidas de la variabilidad en función del tratamiento alimenticio por sexo se dividieron en: **1) Variables zootécnicas:** la respuesta acumulada se midió por lote semanalmente, de acuerdo a consumo de alimento, peso corporal, ganancia diaria de peso por ave, curvas de crecimiento, conversiones alimenticias (comercial y corregida por mortalidad), índice de producción, mortalidad total (MT) y mortalidad por síndrome ascítico (SA) Se registró el peso de todas las aves muertas, realizando la necropsia de las mismas para determinar la causa de muerte **2) Mediciones en rastro:** al día 49 de edad se midió el rendimiento en canal, con la selección aleatoria de 2 aves por lote (n=8 por tratamiento); las cuales se pesaron individualmente después de 12 hr de retiro de agua y alimento; seguido de su transporte en cajas de plástico a la planta de procesamiento, desensibilizadas y desangradas por 90 segundos, escaldadas a 60 °C por 2 minutos y desplumadas automáticamente; la grasa abdominal y vísceras se removieron manualmente Se registró el peso de la grasa abdominal y de la canal eviscerada conteniendo cabeza y patas, se destazó la canal y se pesó la pechuga, piernas y muslos; éstos datos se utilizaron para el cálculo en gramos de los rendimientos por cada 100 g de canal **3) Medición de colesterol, triglicéridos (TGC) y lipoproteínas de alta densidad (LAD) y baja densidad (LBD):** al día 35 y 49 de edad, se seleccionó aleatoriamente un ave por lote (n=4 por tratamiento); siendo las mismas aves seleccionadas al día 49 de edad De cada ave seleccionada se obtuvo una muestra de sangre en un tubo con anticoagulante; la muestra se centrifugó a 5000rpm por 5 minutos para posteriormente tomar 3 alícuotas de 32 µl del plasma obtenido En cada alícuota se embebió una tira reactiva (Roche®) que fue colocada en un cuantificador "Reflotron 76" para la determinación de colesterol, triglicéridos y LAD La obtención del contenido de LBD se realizó mediante la fórmula: $LBD = [(colesterol) - (triglicéridos) - (LAD)]/5$ **4) Medición de la hipertrofia e hiperplasia del tejido graso:** en cada semana se tomaron aleatoriamente un ave por lote (n=4 por tratamiento), y sacrificadas por dislocación cervical y desangradas; el sexo fue confirmado por el examen del aparato reproductor. La grasa abdominal constituida por la grasa de la molleja (tejido adiposo que rodea la molleja) y el panículo adiposo (tejido adiposo que se extiende dentro del isquion y alrededor de la bolsa de Fabricio y cloaca) fue inmediatamente retirada, pesada, envuelta en papel aluminio, colocada dentro de bolsas de plástico y almacenada a -12 °C, para

determinar posteriormente la cantidad de lípidos [17] y de DNA [18] por gramo de tejido seco; y mediante las relaciones lípidos/DNA y DNA/peso vivo [19], se determinaron la hipertrofia e hiperplasia del tejido graso abdominal. Se realizó un análisis estadístico de todos los valores registrados en los 4 puntos anteriores. **5) Relación beneficio/costo:** a través de un análisis económico, se obtuvo la relación beneficio/costo para cada tratamiento por sexo [20].

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo [21] al cual se le atribuye el total de la variación del consumo de alimento, peso corporal, ganancia diaria de peso por ave, conversión alimenticia comercial y corregida por mortalidad, índice de producción, mortalidad total, mortalidad causada por ascitis, relación grasa abdominal/peso vivo, lípidos y DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, hiperplasia e hipertrofia, fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + (TS_{ij}) + P_k + (IP_{ik}) + (SP_{jk}) + (TSP_{ijk}) + E_{(ijkl)}$$

donde: Y_{ijkl} representa la l -ésima respuesta aleatoria de la variable de respuesta, asociada a k -ésima semana, al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 3$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j = \text{macho o hembra}$; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; P_k al efecto de la k -ésima semana $1 \leq k \leq 7$; IP es la interacción del i -ésimo tratamiento con la k -ésima semana; SP es la interacción del j -ésimo sexo con la k -ésima semana; TSP es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo con la k -ésima semana; $E_{(ijkl)}$ representa al error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$.

El modelo al cual se le atribuye el total de la variación de las variables medidas en rastro de grasa, pechuga, piernas y muslos, fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (TS_{ij}) + E_{(ijk)}$$

donde: Y_{ijk} representa la k -ésima respuesta aleatoria de la variable de respuesta, asociada al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 3$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j = \text{macho o hembra}$; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; $E_{(ijk)}$ representa al error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$.

El modelo al cual se le atribuye el total de la variación de las variables colesterol, triglicéridos, LAD y LBD, fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + ITS_{(ij)k} + \delta_{(ijk)} + D_l + TD_{il} + SD_{jl} + TSD_{ijl} + E_{(ijkl)m}$$

donde: y_{ijklm} representa la m -ésima respuesta aleatoria de la variable de respuesta, asociada a la l -ésimo día, al k -ésimo individuo, al j -ésimo sexo y al i -ésimo tratamiento; μ representa la media poblacional; T_i al efecto del i -ésimo tratamiento $1 \leq i \leq 3$; S_j al efecto del j -ésimo sexo $j =$ macho o hembra; TS_{ij} es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo; $ITS_{(ij)k}$ es el k -ésimo individuo dentro del j -ésimo sexo y el i -ésimo tratamiento; $\delta_{(ijk)}$ representa el error de restricción NID $(0, \sigma^2 \delta)$; D_l es el efecto del l -ésimo día $l = 35$ o 49 ; TD es la interacción del i -ésimo tratamiento con el l -ésimo día; SD es la interacción del j -ésimo sexo con el l -ésimo día; TSD es la interacción del i -ésimo tratamiento con el j -ésimo sexo con el l -ésimo día; $E_{(ijkl)m}$ representa al error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$

Todos estos modelos se desarrollaron mediante el paquete estadístico computacional SAS [22]. El consumo de alimento, peso corporal, ganancia diaria de peso por ave, conversión alimenticia comercial y corregida por mortalidad, índice de producción, mortalidad total, mortalidad causada por ascitis, relación grasa abdominal/peso vivo, lípidos y DNA por gramo de tejido grasa abdominal seco, hiperplasia e hipertrofia, colesterol, triglicéridos, LAD y LBD, y los datos del rendimiento en canal fueron analizados estadísticamente de acuerdo a los modelos lineales generales (GLM) de procedimientos SAS.

Las diferencias estadísticas de las medias entre los tratamientos experimentales, se consideraron sobre un nivel de probabilidad alfa igual a 0.05; siendo comparadas mediante el procedimiento de SAS PDIFF de la prueba de t-student modificada. El peso corporal, la relación grasa abdominal/peso vivo, lípidos y DNA por gramo de tejido grasa abdominal seco, hiperplasia e hipertrofia medidas a través del tiempo para cada tratamiento y por sexo, se analizaron estadísticamente buscando un modelo a través de un análisis de regresión [21] que mejor los represente, decidiendo el mejor ajuste por el coeficiente de determinación (R^2) más alto; todo esto mediante el paquete estadístico computacional SAS.

Se relacionaron las variables peso vivo, colesterol, triglicéridos, LAD, LBD y peso del cojín grasa abdominal, para el origen de la variación: tratamiento, sexo, día y las interacciones entre éstas; y las variables peso vivo, lípidos y DNA por gramo de tejido grasa abdominal seco, hiperplasia, hipertrofia del tejido grasa y peso del cojín grasa

abdominal, para el origen de la variación: tratamiento, sexo, semana y las interacciones entre estas, mediante las correlaciones estadísticas del paquete estadístico computacional SAS. El lote experimental fue la unidad experimental, los principales efectos fueron examinados; así como, sus correspondiente interacciones, tomando como término error, al cuadrado medio. Para el análisis de las variables colesterol, triglicéridos, LAD y LBD, lípidos y DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, hiperplasia e hipertrofia, se incluyó como covariable el peso vivo por incidir en el modelo. En las variables que se encuentran como porcentajes, se usó la transformación: arco-seno raíz de y , para su posterior análisis estadístico y los resultados se extrapolaron a los promedios de los porcentajes para su interpretación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las: **1) Variables zootécnicas** (Cuadro 1, Anexo 5), el consumo de alimento presentó efecto ($p < 0.01$) por tratamiento, sexo y para su interacción ($p < 0.05$); efecto ($p < 0.01$) por semana, así como para las interacciones tratamiento por semana y sexo por semana ($p < 0.01$). El peso corporal presentó diferencias efecto ($p < 0.01$) para tratamiento, sexo, semana y las interacciones tratamiento por semana y sexo por semana; siendo lo mismo para la ganancia diaria de peso, agregándose un efecto ($p < 0.10$) para la interacción tratamiento por sexo. En la conversión alimenticia comercial tuvo efecto ($p < 0.01$) el tratamiento, semana y el sexo ($p < 0.10$); siendo similar para la conversión alimenticia corregida por mortalidad; no encontrando efecto por tratamiento y agregándose un efecto ($p < 0.05$) para la interacción sexo por semana. En el índice de producción, influyó ($p < 0.01$) el tratamiento, sexo, semana, la interacción sexo por semana, la interacción tratamiento por sexo ($p < 0.05$) y la interacción tratamiento por semana ($p < 0.10$). La MT se afectó ($p < 0.01$) por el tratamiento, la interacción tratamiento por sexo y por semana; y la ocurrida por SA, por tratamiento ($p < 0.05$), sexo ($p < 0.10$), semana ($p < 0.01$) y la interacción sexo por semana ($p < 0.10$).

En los valores acumulados de **consumo de alimento** (Cuadro 2, Anexo 5), se observa que la restricción alimenticia, causó un efecto tanto para machos como para hembras, resultando diferentes ($p < 0.05$) entre ellos, desde la tercera semana hasta el final del estudio, y siendo desde el día 21 hasta el día 35, este tratamiento restringido fue menor ($p < 0.05$) a los dos tratamientos restantes por sexo; finalizando con el mayor consumo,

los machos 5.6, siendo diferente ($p < 0.05$) a los machos 5.0 y machos restringidos, y las hembras de los tres tratamientos con consumos diferentes ($p < 0.05$). Esta diferencia en consumo de alimento, se vio reflejada en menor **peso corporal** (Cuadro 2) y **ganancia diaria de peso** (Cuadro 3, Anexo 5), desde la tercera hasta la séptima semana para los restringidos. Para los machos restringidos, el crecimiento de la quinta a la sexta semana ocurre en forma muy lenta, para acentuarse de la sexta a la séptima semana, no alcanzando hasta esta semana, a compensar el crecimiento obtenido por los machos bajo la misma dieta (5.0). Las hembras restringidas, de la quinta a la sexta semana tuvieron un crecimiento más alto que el obtenido por las hembras alimentadas a libre acceso, siendo de igual forma de la sexta a la séptima semana, pero sin llegar a ser igual al crecimiento obtenido por las hembras alimentadas con la misma dieta. Lo cual indica, que dos semanas no son suficientes para que el crecimiento compensatorio sea el óptimo; esto no coincide con los investigadores que confirman que existe un crecimiento compensatorio, aseverando que hay un potencial en los pollos de engorda subalimentados por un tiempo, para no afectar su peso al mercado, y que disminuye consistentemente la grasa en la canal de pollos sujetos a restricción alimenticia [23][24][25][26][27][28]; pero sí concuerda con lo publicado por otros [29][30]. Jones y Farrel [11] mencionan que la restricción temprana de alimento, permitió recuperar el peso total a los 49 días, disminuyendo la grasa corporal asociada con un balance negativo de energía y un balance positivo de nitrógeno alcanzado durante la fase de restricción; situación no observada en este estudio. Los mismos autores concluyen que, la interacción entre el periodo de restricción alimenticia y su severidad, podría ser de importancia para su éxito al permitir la compensación del peso corporal y disminuir la grasa corporal. Al final del estudio, no se encontró diferencia estadísticamente para peso corporal y ganancia diaria entre los machos de los tratamientos 1 y 2, a pesar de la diferencia ocurrida en el consumo de alimento. Las **curvas de crecimiento** calculadas por peso corporal (cuadro 2), presentan una respuesta cuadrática para cada tratamiento por sexo, con altos coeficientes de determinación y destacándose los puntos de inflexión más bajos para el tratamiento restringido; sin embargo, es donde se obtiene el menor peso al final del experimento. Este tipo de respuesta cuadrática, es diferente a la de los estudios 1, 2 y 3; en los cuales, el punto de inflexión resultó hacia el final del estudio, en contraste con este estudio, que es a las 1.65 semanas en promedio; refiriendo el gran potencial de crecimiento de la

estirpe evaluada en este estudio, que fue diferente a la que se utilizó para los estudios 1, 2 y 3. No se encontró efecto por relación LI/PC o restricción alimenticia, entre la tercera y quinta semana del estudio para las **conversiones alimenticias** calculadas; finalizando con la mejor conversión alimenticia comercial (Cuadro 4, Anexo 5) y corregida por mortalidad (Cuadro 5, Anexo 5), los machos restringidos, resultando diferentes ($p < 0.05$) a los machos 5.6, pero no con los machos 5.0. Dentro de las hembras, la mejor conversión también la obtuvieron las hembras restringidas, presentando con las hembras restantes, las mismas diferencias estadísticas que los machos. Lo anterior también ha sido observado por otros investigadores [31][24][25][26][30][32] quienes obtuvieron mejor conversión alimenticia ($p < 0.05$) en los pollos restringidos, lo cual ha sido atribuido a la más alta eficiencia metabólica asociada con el mantenimiento de un cuerpo más pequeño; pero Zubair y Leeson [33] han mostrado que la proporción metabólica menor en pollos restringidos, no juega un papel en el mejoramiento de la eficiencia alimenticia. Estos autores sugieren, que el mayor consumo de alimento relativo a un peso corporal menor y asociado con adaptaciones digestivas del pollo restringido, parecen ser los factores de la mejor eficiencia alimenticia. En los valores acumulados de **índice de producción** (Cuadro 6, Anexo 5), sólo se observaron diferencias ($p < 0.05$) entre sexos, resultando mayores los valores para machos. Dentro de la **MT** (Cuadro 7, Anexo 5) y la causada por **SA** (cuadro 8, Anexo 5), se observó que las hembras restringidas no presentaron mortalidad, y resultan en la MT diferentes ($p < 0.05$) a todos los tratamientos, con excepción de las hembras 5.6. Para el caso de SA, sólo fue diferente ($p < 0.05$) a los machos 5.6; y al no encontrar diferencia con los machos 5.0 que obtuvo 2.98% de mortalidad por esta causa, se puede indicar, que se requerirá en estudios futuros, aumentar el número de repeticiones por tratamiento, para lograr visualizar estadísticamente ($p < 0.05$), el efecto de restricción alimenticia para disminuir el SA.

2) Para las mediciones en rastro, en el análisis de varianza (Cuadro 9, Anexo 5), la variable tratamiento presentó diferencia ($p < 0.05$) con relación a pechuga, la variable sexo resultó con diferencia ($p < 0.01$) con relación a grasa, pechuga y ($P < 0.05$) piernas, no influyendo la interacción tratamiento por sexo. En los valores medios de las mediciones en rastro (Cuadro 3) para el peso de la canal, los machos superaron ($p < 0.05$) a las hembras. En el peso de las piezas con relación al peso de la canal (g/100g), para la grasa

abdominal no se observaron diferencias ($p > 0.05$) dentro de sexos, acumulando más grasa las hembras ($p < 0.05$) que los machos del mismo tratamiento; lo cual está acorde con lo expresado por diferentes investigadores [34][35][36][37] que refieren que los machos tuvieron menor ($p < 0.05$) porcentaje de grasa abdominal, visceral y subcutánea que las hembras. Específicamente la mayor acumulación de grasa fue para las hembras 5.6, resultando diferentes a todos los machos, y la menor acumulación fue para los machos 5.0, resultando diferentes a todas las hembras; la mayor acumulación dentro de los machos, fue para 5.6, siendo su valor intermedio entre machos y hembras; lo cual concuerda con lo publicado por Cabel y Waldroup [38] y Bunchasak-C *et al* [39] al mencionar que pollos con PC más alta, depositan significativamente ($p < 0.05$) menos grasa abdominal que los que se alimentan con menor porcentaje de PC. Para pechuga, el valor más alto lo obtuvieron las hembras 5.0, no siendo diferente a las hembras restantes, pero sí a todos los machos, contrastando el valor de éste tratamiento, con su valor para piernas que resultó ser el más bajo, siendo sólo diferente ($p < 0.05$) a los machos restringidos, que obtuvieron el valor más alto. Se nota de manera general, que los tratamientos con mayor proteína para ambos sexos, obtuvieron los valores más altos de pechuga y los tratamientos de restricción para ambos sexos, los valores más altos para piernas. Para los valores de muslo, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

3) Para grasa abdominal, en el análisis de varianza (Cuadro 10, Anexo 5) para la medición semanal de la relación grasa abdominal/peso vivo (g/100g), se observó un efecto ($p < 0.01$) por sexo, semana y para su interacción; observando en los valores acumulados (Cuadro 4) al día 21, el menor valor para los machos restringidos, siendo sólo diferente ($p < 0.05$) a las hembras 5.0 y 5.6; para diferenciarse sólo a la cuarta semana de los machos 5.6, perdiéndose esta única diferencia a la quinta y sexta semana, y finalizando la séptima semana con el mismo comportamiento descrito para la medición en rastro; la respuesta de las ecuaciones presenta un comportamiento lineal en cinco de los tratamientos, resultando cubica para las hembras 5.6 que finalizaron con la mayor acumulación de grasa abdominal. El mayor contenido de grasa en el tratamiento 5.6, parece estar de acuerdo a lo expresado en relación a que hay evidencia que la suplementación con aminoácidos sintéticos para prevenir incrementar la concentración de proteína total de la dieta aumenta la deposición de grasa en pollos de engorda comercial.

[40] Según Macleod [41] esto puede ocurrir porque hay menos proteína sobrante para ser metabolizada y una gran proporción de energía de la dieta debe consumirse como carbohidratos y grasa, los cuales son depositados más eficientemente como grasa corporal que lo que podría ser el exceso de aminoácidos. Jones y Farrel [11] mencionan que durante el periodo de restricción, el ave metaboliza energía almacenada, con la resultante pérdida de peso corporal por la disminución en el tamaño promedio de los adipocitos. Con una fase de realimentación se activa primero la hiperplasia de los adipocitos, esto marca el inicio de la fase de compensación de la grasa corporal.

4) El colesterol, triglicéridos (TGC), lipoproteínas de alta densidad (LAD) y lipoproteínas de baja densidad (LBD), medidos al día 35 y 49 de edad de las aves (Cuadro 11, Anexo 5), se observó un efecto ($p < 0.01$) dentro de la interacción tratamiento por sexo para colesterol, TGC y LBD en las dos mediciones realizadas para el mismo individuo. Las LAD se ven afectadas por el sexo ($p < 0.05$), por la edad ($p < 0.10$) y por la covariable peso vivo ($p < 0.10$); el colesterol se modifica por las interacciones tratamiento por edad ($p < 0.10$) y sexo por edad ($p < 0.05$) y los TGC por la interacción tratamiento por edad ($p < 0.01$). En los valores medios al día 35 para estas variables (Cuadro 5), sólo resultaron con diferencia entre tratamientos los TGC, dentro del cual en los machos, el tratamiento restringido resultó mayor ($p < 0.05$) a los machos 5.0 y 5.6; entre las hembras no se observaron diferencias. Para la medición al día 49 (Cuadro 6), las diferencias se observaron en LAD resultando con valores mayores las hembras, obteniendo las hembras 5.0 el valor mayor, siendo diferente ($p < 0.05$) de los machos 5.0 y 5.6. Griffin *et al* [42] concluye que el engrasamiento del pollo de engorda, se debe a la alta proporción de secreción de triglicéridos en la circulación sanguínea; situación observada en este estudio sólo en la medición del día 35. También los resultados obtenidos en este experimento concuerdan con lo observado por Bunchasak-C *et al* [39], quienes concluyen que el nivel de colesterol en el suero no fue influenciado por el nivel de proteína de la dieta; situación contraria a lo expresado por Leveille y Sauberlich [43] quienes mencionan que es conocido que una deficiencia de proteína resulta en un incremento del nivel de colesterol en el plasma en pollos. Pero parece ser sólo verdad en casos donde la deficiencia de proteína es demasiado severa para disminuir el crecimiento marcadamente [44]. Las correlaciones más destacables para estas variables (Cuadro 12, Anexo 5), mayores a $r = 0.9$, fueron sólo las relacionadas a LBD, siendo al día 35: con colesterol para las

hembras 5 6 ($r=0.97$; $p=0.0061$); con colesterol para los machos 5 6 ($r=0.91$; $p=0.0336$); con peso vivo para los machos 5 6 ($r=0.97$; $p=0.0066$); con LAD para las hembras 5 0 ($r=0.96$; $p=0.0093$); y siendo al día 49: con colesterol para las hembras 5 6 ($r=0.94$; $p=0.0173$); y con peso vivo para las hembras restringidas ($r=-0.92$; $p=0.0274$) Las correlaciones del peso del cojín graso abdominal (cuadro 13, Anexo 5), resultaron positivas ($p<0.05$) con el peso vivo para machos ($r=0.89$) y hembras ($r=0.93$) de los tres programas alimenticios (5 0, $r=0.83$; 5 6, $r=0.90$; restricción, $r=0.89$), con el colesterol para las hembras 5.0 ($r=0.85$) y con LBD para los machos 5 6 ($r=0.77$) Al día 49 resultó con correlación positiva ($p<0.05$) con TGC para el tratamiento restringido ($r=0.78$) y con LAD del 5 0 ($r=0.77$); en contraste, Melo *et al* [45] concluyeron que ni las lipoproteínas de alta densidad ni los triglicéridos, resultaron buenos parámetros para inferir la cantidad de grasa abdominal; esto concuerda con este estudio, si se toman en cuenta las correlaciones de la interacción tratamiento por sexo por edad, en la que no presentaron correlación entre TGC y LAD con el peso de la grasa abdominal; pero difiere de lo expuesto por Whitehead y Griffin [46] quienes encontraron que la concentración de triglicéridos en plasma fue positivamente correlacionada con el contenido de grasa corporal. Se presentó correlación negativa ($p<0.05$), con colesterol para las hembras restringidas al día 35 ($r=-0.95$), con LBD este mismo tratamiento al día 49 ($r=-0.98$) y con LBD para las hembras 5 6 al día 35 ($r=-0.96$)

5) En los lípidos, DNA, hiperplasia e hipertrofia, los cuadrados medios (Cuadro 14, Anexo 5) para la cantidad de lípidos por gramo de tejido seco, estuvo influida por el sexo ($p<0.01$), semana ($p<0.05$), su interacción ($p<0.05$) y por la covariable peso vivo ($p<0.01$) Para la cantidad de DNA por gramo de tejido seco, no se afectaron ($p>0.10$) por el tratamiento, sexo, semana o su interacción. Estos datos concuerdan con investigadores [30][31][47][48][49] quienes observaron que el éxito en la reducción de la deposición de la grasa corporal, no se alcanzó usando estrategias de restricción alimenticia temprana; pero difieren de otros [11][50][51] quienes mencionan que en pollos de engorda restringidos, la menor cantidad de grasa de la canal se debe a la supresión o retardo en la proliferación de adipocitos. Para la hiperplasia, influyó el tratamiento ($p<0.05$) y semana ($p<0.01$); y para la hipertrofia, por tratamiento ($p<0.05$), sexo ($p<0.01$), semana ($p<0.05$), interacción sexo por semana ($p<0.05$) y peso vivo ($p<0.01$) Los valores acumulados de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco

(Cuadro 7), señalan una menor acumulación a la cuarta semana en los machos restringidos, siendo sólo diferentes ($p < 0.05$) de las hembras 5.0 que obtuvieron el valor más alto; a la quinta semana, los machos 5.0 obtuvieron la menor acumulación, no resultando diferentes ($p > 0.05$) únicamente a los machos 5.6, obteniendo por sexo los valores más altos el tratamiento restringido, continuando así a la sexta semana, para ser sólo diferentes ($p < 0.05$) las hembras restringidas con el valor más alto, de las hembras del 5.0 con el valor más bajo. En la última semana, los machos 5.0 obtuvieron nuevamente el valor más bajo, siendo diferentes ($p < 0.05$) a todos los tratamientos de hembras, pero no entre machos; esto no concuerda con lo expuesto por Keren-Zvi *et al* [52] quienes informaron que la concentración de grasa en el cojín graso abdominal incrementó, cuando disminuyó el contenido de proteína de la dieta. Por el resultado de las ecuaciones, se corrobora que el tratamiento restringido tiende a acumular más grasa, al poseer los coeficientes más altos. El valor promedio para machos en general, indica aumento y disminución alternada semana a semana del contenido de lípidos; en las hembras esto no ocurre, ya que a partir de la segunda semana en que disminuye, va en aumento cada semana. Los valores acumulados de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco (Cuadro 8), indican que la cantidad de DNA para machos y hembras aumenta hasta la segunda semana, donde alcanza su nivel más alto, siendo en promedio para machos de $622.67 \mu\text{g}$ y para hembras $657.67 \mu\text{g}$; y posteriormente disminuir hasta la séptima semana, resultando en promedio por sexo a partir de la tercera semana, menor la cantidad en hembras. Esto resulta similar a los hallazgos obtenidos por Hermier *et al* [53], que describen que la hiperplasia aumentó entre la 2ª y 5ª semana de edad (incrementando el número de adipocitos 10 veces), a los observados por March y Hansen [54] que encontraron al día 21 un crecimiento de tejido adiposo, debido a hiperplasia y poca hipertrofia; y a los resultados publicados por Zhong *et al* [32] en relación a que en el pollo de engorda, la hiperplasia es un fenómeno importante durante la primera semana de edad y puede observarse hasta 12 a 15 semanas de edad. Cherry *et al*. [4] al respecto, menciona que el desarrollo del tejido adiposo en pollos de engorda antes de la madurez sexual, ocurre como consecuencia de la hiperplasia e hipertrofia de los adipocitos. Antes de los 28 días de edad, incrementa la deposición de grasa, principalmente asociada con las diferencias en el número de adipocitos; mientras que posterior a esta edad, la influencia primaria se debe a la hipertrofia de los adipocitos.

Akiba *et al.* [55] refieren que el número de adipocitos, se eleva extensivamente hasta las 6 semanas (machos) y 8 semanas (hembras) de edad, seguido desde ahí por un pequeño incremento. Por otra parte, aumentos no significativos en el volumen del adipocito, se observaron durante las primeras 4 semanas de edad, siguiendo desde ahí un drástico incremento; estos patrones de crecimiento encontrados en el pollo de engorda tipo pesado, parecen diferentes de los publicados por Hood [56], quien informó que el número de adipocitos, aumentó hasta las 14 semanas de edad en pollos de tipo ligero. La excesiva deposición de grasa en pollos, no es un resultado de la hiperplasia, sino más bien de la hipertrofia de las células grasas [4][57][58]. Además Cartwright [51] menciona que la hiperplasia de los adipocitos, no es la causa de la excesiva deposición de grasa en el pollo de engorda comercial. Al respecto, Hood y Pym [13] mencionan que la selección genética afecta dramáticamente el crecimiento celular adiposo, sugiriendo los autores que las diferencias en el cojín abdominal, son más reflexivas al volumen medio del adipocito que al número total de adipocitos. Cartwright *et al.* [59] señalan que la restricción en la dieta, afecta a las células adiposas en el crecimiento del pollo de engorda, pero este efecto puede ser temporal. De acuerdo con McMurtry *et al.* [60], un corto tiempo de restricción alimenticia no afectó el número de adipocitos aunque el volumen sí se redujo en las aves restringidas. En la opinión de Jones y Farrel [11], la restricción alimenticia produjo disminución de la grasa corporal posiblemente por causa del retardo de la hiperplasia de los adipocitos. También Newcombe *et al.* [61] mencionaron que la restricción alimenticia no tiene efecto sobre el número de adipocitos. Estos autores también concluyen, que en general las hembras tuvieron más grande el cojín graso abdominal y más grande el volumen de adipocitos que los machos, pero tuvieron un número similar de adipocitos; situación que concuerda con lo aquí mencionado. Rosebrough *et al.* [5] y Zhong *et al.* [32] refieren que la lipogénesis de pollos restringidos fue menor ($p < 0.05$); concluyendo [32] que la reducción de grasa abdominal, puede atribuirse a la reducción del volumen de adipocitos que fue causado por la disminución de lipogénesis hepática.

En los valores acumulados de hiperplasia del tejido graso abdominal (Cuadro 9), aún y cuando se presentan diferencias ($p < 0.05$) entre las hembras 5.6 con las hembras 5.0 y machos restringidos en la segunda semana, éstas diferencias no son representativas, ya que a esta edad, los tratamientos aún no se aplicaban; quizá nos denoten una diferencia

por sexo, pero habría que aumentar el tamaño de muestra para poder confirmarlo. Estos valores no indican una tendencia clara para diferenciar los tratamientos, ya que las diferencias ($p < 0.05$) encontradas en la primera y segunda semana, en que las dietas y el programa alimenticio fueron los mismos, no sugieren la diferencia entre sexos, y señalan una diferencia ($p < 0.05$) a la cuarta semana, entre el valor más alto obtenido por los machos 5.6, con el tratamiento de restricción, y para la quinta semana, entre el valor más alto de machos 5.6, con las hembras del mismo tratamiento. La respuesta en las ecuaciones y los valores medios apoyan la falta de claridad, indicando que a través del cálculo de la relación DNA/peso vivo, no puede obtenerse una clara respuesta sobre la hiperplasia del tejido graso abdominal. Los valores acumulados de hipertrofia del tejido graso abdominal (Cuadro 10), indican claramente que la acumulación de lípidos por unidad de DNA disminuyó de la primera a la segunda semana, siendo el mismo valor promedio para machos y hembras, para posteriormente aumentar semana a semana. Se observa que los valores del tratamiento de restricción es el mayor por sexo, encontrando diferencia ($p < 0.05$) entre las hembras restringidas, con los machos alimentados a libre acceso; estando los resultados acordes a lo expuesto por March *et al.* [62], Zubair y Leeson [28][33][63], quienes reportan que esto puede deberse a diferentes grados de la restricción alimenticia y al alto consumo de alimento asociado con la hipertrofia de los adipocitos, que frecuentemente se presenta en pollos de engorda después de un periodo de restricción al regresar a un consumo a libre acceso de alimento. En promedio, los machos indican un punto de inflexión tendiente al aumento de lípidos a los 11.11 días y para las hembras de 10.78 días; por lo anterior, a través del cálculo de la relación lípidos/DNA, se obtiene una clara respuesta sobre la hipertrofia del tejido graso abdominal. Las correlaciones más destacables para estas variables (Cuadro 15, Anexo 5), mayores a $r = 0.9$, fueron en gran medida la correlación inversa de DNA con hipertrofia, que ocurre en todos los tratamientos por sexo en casi todas las semanas, siendo muy entendible, ya que el cálculo de hipertrofia involucra al DNA, que al disminuir al paso del tiempo, destaca el efecto del aumento de lípidos. Además cada tratamiento por sexo por semana, presenta las siguientes correlaciones: hembras 5.0 en la semana 2: peso con DNA ($r = -0.976$; $p = 0.0240$) y peso con hipertrofia ($r = 0.992$; $p = 0.0081$); machos 5.0 en la semana 1: peso con DNA ($r = 0.994$; $p = 0.0059$), en la semana 2: peso con hiperplasia ($r = -0.951$; $p = 0.0494$), en la semana 4: lípidos con hipertrofia ($r = 0.961$; $p = 0.0394$), en la

semana 6: DNA con hiperplasia ($r=0.969$; $p=0.0312$), en la semana 7: peso con hipertrofia ($r=0.999$; $p=0.0030$); además para el tratamiento 5.0 sin destacar el sexo a la semana 5: lípidos con DNA ($r=-0.946$; $p=0.0004$); los resultados anteriores, corroboran lo expuesto, sobre el aumento de DNA hasta la segunda semana, para disminuir de ahí la hiperplasia y tomar lugar la hipertrofia, al aumentar los lípidos y disminuir el DNA. Para las hembras 5.6 en la semana 2: lípidos con hipertrofia ($r=0.915$; $p=0.0485$), en la semana 3: peso con lípidos ($r=-0.952$; $p=0.0481$), en la semana 4: DNA con hiperplasia ($r=-0.985$; $p=0.0147$), en la semana 5: peso con lípidos ($r=0.996$; $p=0.0035$), en la semana 7: DNA con hiperplasia ($r=0.970$; $p=0.0300$); machos 5.6 en la semana 3: peso con hiperplasia ($r=0.969$; $p=0.0313$), en la semana 5: peso con hiperplasia ($r=-0.968$; $p=0.0315$) y lípidos con hipertrofia ($r=0.971$; $p=0.0293$); denotándonos con esto en 5.6, que tanto machos como hembras acumulan más tardíamente lípidos, disminuyendo su DNA. Para las hembras restringidas en la semana 1, 2 y 3: peso con hipertrofia ($r=-0.961$; $p=0.0391$), ($r=-0.965$; $p=0.0350$) y ($r=0.963$; $p=0.0366$) respectivamente, semana 5: peso con hiperplasia ($r=0.961$; $p=0.0392$); machos restringidos en la semana 5: lípidos con DNA ($r=-0.977$; $p=0.0229$) y lípidos con hipertrofia ($r=0.974$; $p=0.0256$), en la semana 7: lípidos con hiperplasia ($r=0.986$; $p=0.0138$); observándose en éste tratamiento, que al aumentar el peso en hembras en la semana 1 y 2, disminuye la hipertrofia; cambiando esto en la tercera semana, al aumentar el peso aumenta la hipertrofia; y en machos en la quinta semana, al aumentar los lípidos aumenta la hipertrofia y disminuye el DNA. A mayor peso, aumenta la hiperplasia en la quinta semana para hembras y al incrementar los lípidos, aumenta la hiperplasia en machos a la séptima semana, éstas dos correlaciones, corroboran lo aseverado en la descripción de los valores acumulados de hiperplasia; en razón que, a través del cálculo de hiperplasia por la relación DNA/peso vivo, no se obtiene una clara respuesta sobre la hiperplasia del tejido graso abdominal. Las correlaciones del tejido graso abdominal (Cuadro 16, Anexo 5), resultaron positivas ($p<0.01$) con el peso vivo para machos ($r=0.94$) y hembras ($r=0.93$) de los tres programas alimenticios (5.0, $r=0.91$; 5.6, $r=0.92$; restricción, $r=0.91$), con los lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco (machos, $r=0.72$; hembras, $r=0.65$), (5.0, $r=0.61$; 5.6, $r=0.70$; restricción, $r=0.78$), con la hipertrofia (machos, $r=0.78$; hembras, $r=0.84$), (5.0, $r=0.85$; 5.6, $r=0.77$; restricción, $r=0.88$); presentó correlación negativa ($p<0.01$) con el DNA por gramo de tejido seco (machos,

$r = -0.67$; hembras, $r = -0.68$), (5.0, $r = -0.74$; 5.6, $r = -0.67$; restricción, $r = -0.75$); no resultando correlacionado con la hiperplasia del tejido graso; lo cual está acorde con lo publicado por Hood y Allen [64] encontrando, que la adiposidad (peso del cojín graso abdominal), presentó correlación positiva con el volumen de la célula adiposa y no con el número celular. La relevancia del número de células adiposas en la determinación de la adiposidad no se entiende aún; y los hallazgos de Jones y Farrell [6], quienes afirman que restricciones extremas alimenticias reducen el volumen del adipocito y restricciones medias afectan el número de adipocitos. El volumen del adipocito fue linealmente correlacionado al tamaño del cojín graso abdominal. Es posible que bajo restricciones extremas, la hipertrofia e hiperplasia sean afectadas, y en restricciones menos extremas sólo el número de células es afectado.

Los resultados expuestos coinciden a lo reportado por Zubair y Leeson [65], en lo referente a que los pollos restringidos al 50% del control del día 6 al 12, no tuvieron crecimiento compensatorio al día 42, que durante el periodo de restricción, tuvieron menos porcentaje de grasa, finalizando al día 42 sin diferencia en grasa abdominal y con respecto a que se mejoró la conversión alimenticia en los pollos restringidos con respecto al tratamiento con consumo a libre acceso.

6) En el Análisis Económico (Cuadro 17, Anexo 5), se observó que de acuerdo a los valores obtenidos de mayor a menor basándose en los ingresos netos, los tratamientos para machos son económicamente más redituables que las hembras, debido al mayor peso obtenido. Dentro de los machos, el tratamiento 5.6 resultó con el mayor peso promedio, pero con la mayor mortalidad; aún con esto, obtiene el mayor ingreso bruto, pero al obtener el mayor consumo de alimento y el mayor costo alimenticio por tratamiento, aún y cuando su fórmula alimenticia para crecimiento y finalizador resulta más barata que la de los machos 5.0, el precio de los aminoácidos sintéticos y su mayor inclusión en éstas dietas no permite que resulte con el mayor ingreso neto, correspondiendo el primer lugar a los machos 5.0, seguido por los machos 5.6 y por los machos restringidos, que a pesar de obtener este último el mismo número de pollos vivos al final del estudio que los machos 5.0 y ser alimentados por la misma dieta, los machos restringidos a la séptima semana con la restricción aplicada, no alcanzan a obtener con la realimentación a libre acceso un peso óptimo; situación similar ocurre en las hembras, pero al restringirlas, no se presentó mortalidad y por lo tanto, aún y cuando su peso

promedio resultó menor, por el número de pollos finales, resultan más eficientes que las hembras 5 0. Las hembras 5 6, fueron las mejores económicamente, debido a que obtuvieron el mayor peso promedio, diferenciándose a los machos del mismo tratamiento, en que obtienen menor mortalidad, por lo tanto, resultan ser mejores a las hembras 5 0 que obtuvieron dentro de las hembras la mayor mortalidad.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

- 1 El cambio en la relación lisina total/proteína cruda de 5 0 a 5 6 bajo el concepto de proteína ideal y al aplicar un programa de restricción alimenticia, modifica las curvas de crecimiento, que bien las representa un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación alto ($R^2=0.9965$)
- 2 El consumo de alimento acumulado es mayor en la relación 5 6, obteniendo el mayor peso corporal, resultando diferente del tratamiento restringido, pero no de la relación 5 0. Entre las hembras las 5 6 obtuvieron el mayor ingreso neto en el análisis económico; no ocurriendo esto, en los machos del mismo tratamiento, debido al mayor consumo de alimento, al alto costo de los aminoácidos sintéticos y al obtener la mayor mortalidad total y por síndrome ascítico.
- 3 Los machos tienen mayor peso de la canal que las hembras, para pechuga resultaron mayores las hembras, favoreciéndose éste valor en 5 0; y para piernas, los valores de machos fueron mayores, siendo mejor el obtenido en los restringidos, encontrándose intermedio el valor de 5 6 para ambos sexos, en las dos piezas.
- 4 Las hembras acumulan más grasa abdominal con relación a los machos para cada tratamiento, los valores de 5 6 fueron los mayores, y de 5 0 los menores.
- 5 Bajo las condiciones experimentales empleadas, en el perfil de lípidos en sangre, sólo se encontraron diferencias al día 35 para triglicéridos, y al día 49 para las lipoproteínas de alta densidad. Los valores de triglicéridos al día 35 para el tratamiento bajo restricción son mayores, cambiando al día 49, para ser mayores los valores de todas las hembras en triglicéridos y en lipoproteínas de alta densidad.
- 6 Los valores de lípidos por gramo de tejido seco, son mayores en las hembras y en el tratamiento restringido para ambos sexos, desde la quinta a la séptima semana, presentando los coeficientes semanales más altos en las ecuaciones de regresión.
- 7 El DNA por gramo de tejido seco, alcanza su valor más alto a la segunda semana de

- edad (machos 622 67 μ g y hembras 657 67 μ g), disminuyendo por semana, siendo para hembras desde la tercera semana, menor con relación a los machos.
- 8 A través del cálculo de la relación DNA/peso vivo en las condiciones experimentales empleadas, no se obtuvo una respuesta clara de la hiperplasia del tejido graso abdominal
 - 9 A través del cálculo de la relación lípidos/DNA, se observó una clara respuesta sobre la hipertrofia del tejido graso abdominal, iniciando en machos en promedio a los 11 1 días y para las hembras a los 10 8: siendo mayor, desde la quinta hasta la séptima semana para machos y hembras del tratamiento de restricción alimenticia.
 - 10 Las relaciones 5 0 y 5 6, no presentaron diferencias en la acumulación de lípidos y cantidad de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, ni para la hipertrofia de este tejido; encontrando mayor rendimiento de pechuga con el 5 0, y un mejor peso corporal con el 5 6
 - 11 Es eficiente el uso de la restricción alimenticia como paliativo para disminuir el síndrome ascítico y por ende la mortalidad total, mejorando a la vez la conversión alimenticia; sin embargo, tanto hembras como machos, no alcanzaron el crecimiento compensatorio a los 49 días de edad y presentaron mayor acumulación de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco y una mayor hipertrofia medida por la relación lípidos/DNA

REFERENCIAS Y NOTAS

- 1 **Murtry, McJ.P., I. Rosebrough, I. Plavnik, y A.L. Cartwright**, 1988 Influence of early plane of nutrition on enzyme systems and subsequent tissue deposition In: Biomechanics regulating growth and development G I Steffens and T S Reumsey, ed Beltsville Symposium on Agricultural Research Klumer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands. 1988b;12:329-341
2. **Siegel, P.B. y E.A. Dunnington**, 1987. Selection for growth in chickens *Critical Rev in Poult Biol* 1:1-24
- 3 **Goodwin, T.L.**, 1980 Excessively fat broilers *Poult Digest* (august): 380-382
- 4 **Cherry, J.A., W.J. Swartworth, y P.B. Siegel**, 1984 Adipose cellularity studies in commercial broiler chicks *Poult Sci* 63:97-108

- 5 **Rosebrough, R.W., N.C. Steele, McJ.P. Murtry, y I. Plavnik**, 1986 Effect of early feed restriction in broilers II Lipid Metabolism *Growth* 50:217-227
- 6 **Jones, G.P.D. y D.J. Farrel**, 1989 Reducing body fat in broiler chickens and some physiological consequences *S Afr. J. Anim. Sci* 19 (4):179-183
- 7 **Salmon, R.E., H.I. Classen, y R.K. McMillan**, 1983. Effect of starter and finisher protein on performance, carcass grade and meat yield of broilers. *Poult Sci* 62:837-845
- 8 **Leclercq, B.**, 1984 Adipose tissue metabolism and its control in birds *Poult Sci.* 63:2044-2054
- 9 **Pfaff, F.E. y R.E. Austic**, 1976 Influence of diet on development of the abdominal fat pad in the pullet *J Nutr* 106:443-450
- 10 **Leeson, S.J. y J.D. Summers**, 1980 Production and carcass characteristics of the broiler chicken. *Poult Sci* 59:786-798
- 11 **Jones, G.P.D. y D.J. Farrell**, 1992 Early-life food restriction of broiler chickens. II. Effects of food restrictions on the development of fat tissue *Br Poult Sci* 33:589-601
- 12 **March, B.C. y G. Hansen**, 1977 Lipid accumulation and cell multiplication in adipose bodies in White Leghorn and broiler-type chicks. *Poult. Sci* 56:886-894
- 13 **Hood, R.L. y R.A.E. Pym**, 1982 Correlated responses for lipogenesis and adipose tissue cellularity in chickens selected for body weight gain, food consumption, and food conversion efficiency *Poult Sci.* 62:122-127
- 14 **Lyn, C.Y., C.W. Frias, y E.T. Moran**, 1980 Genetic and environmental aspects of obesity in broilers *World's Poult Sci J*, 36:103-111
- 15 **Mariscal, G., G.E. Ávila, I. Tejada, J.A. Cuarón, y P.C.G. Vásquez**, 1995 Contenido de proteína y aminoácidos totales y digestibles para pollos PAIEPEME
- 16 **National Research Council**, 1994. Nutrient Requirements of domestic Animals Nutrient Requirements of Poultry. 10th rev ed Natl Acad. Sci., Washington, D. C
- 17 **Folch, J., M. Lees, y G.H. Sloane Stanley**, 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues *J Biol Chem* 226:497-509
- 18 **Burton, K.**, 1956 A study of the conditions and mechanism of the diphenylamine reaction for the colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid *Biochem J* 62:315-323

19 **Hasegawa, S., T. Kawarami, K. Honda, y Y. Hikami**, 1994 Effect of fasting on adipose tissue weight in chicks, with reference to changes in chemical composition and lipase activity *Anim Sci Technol. (Jpn.)* 65 (2):89-98

20 Se realizó un análisis de costos por tratamiento, tomando unicamente como costos variables, el costo por concepto de alimentación; siendo éste afectado por el costo del alimento y consumo del número de pollos vivos al final de cada fase de alimentación; además se tomó un factor común para los costos fijos (25%) con objeto de obtener el costo total Para obtener los ingresos brutos para cada tratamiento, se tomaron en cuenta, el peso promedio final del pollo, el número de pollos vivos y el precio de venta por kilogramo a pié de granja. De los resultados anteriores, se obtuvieron los ingresos netos y la relación beneficio/costo para cada tratamiento

21 **Steel, R.G.D. y J.H. Torrie**, 1992 Bioestadística: Principios y procedimientos 2a Ed ; *Edit McGraw-Hill/Interamericana*; México; pp 622

22 **SAS Institute**, 1988 SAS/STAT[™] User s Guide SAS Institute, Inc , Cary, NC

23 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1985 The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age *Poult Sci* 64:348-355

24 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1988a Early feed restriction in chicks: effect of age, duration, and sex *Poult Sci* 67:384-390

25 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1988b Early feed restriction in male turkeys: growth pattern, feed efficiency, and body composition. *Poult Sci* 67:1407-1413

26 **Plavnik, I. y S. Hurwitz**, 1991 Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied severity during early life *Br Poult Sci* 32:343-352

27 **Plavnik, I., J.P. McMurtry, y R.W. Rosebrough**, 1986 Effect of early feed restriction in broilers I Growth performance and carcass composition *Growth* 50:68-76

28 **Zubair, A.K. y S.J. Leeson**, 1994a Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers *Poult. Sci* 73:129-136

29 **Pinchasov, Y. y L.S. Jensen**, 1989 Comparison of physical and chemical means of feed restriction in broiler chicks *Poult Sci* 68:61-69

30 **Yu, M.E., F.E. Robinson, M.T. Clandinin, y L. Bodnar**, 1990 Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed

restriction *Poult Sci* 69:2074-2081

31 **Pokniak, J.A., M.S. Avaria, y S.B. Cornejo**, 1984 Productive performance and changes in carcass composition of broiler under an initial energy-protein restriction and subsequent refeeding *Nutr Rep Int* 30:1377-1383

32. **Zhong, C., H.S. Nakave, C.Y. Hu, y L.W. Mirosh**, 1995 Effect of full and early feed restriction on broiler performance, abdominal fat level, cellularity, and fat metabolism in broiler chickens *Poult Sci* 74:1636-1643

33 **Zubair, A.K. y S.J. Leeson**, 1994b Effect of early feed restriction and realimentation on metabolic heat production and changes in digestive organs in broiler chickens *Poult Sci* 73:529-538

34 **Fisher, C.**, 1984 Fat deposition in broilers, in: Wiseman J (Ed) Fats in animal nutrition Pages 437-470 (*London Butterworths Press*)

35 **Leenstra, F.R.**, 1986. Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chicks —A review *World's Poult Sci J* 42:12-25

36 **Bartov, I.**, 1987 Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age *Br Poult Sci* 28:507-518

37 **Hrdinka, C., M. Skrivan, y E. Tumova**, 1995. The effect of sex, genotype and methionine level in the feed mixture on fat deposition in broiler fowls *Zivocisna-Vyroba* 40:489-495

38 **Cabel, M.C. y P.W. Waldroup**, 1991. Effect of dietary protein level and length of feeding on performance and abdominal fat content of broiler chickens *Poult Sci* 70:1550-1558

39 **Bunchasak, C.H., K. Tamaka, S. Ohtani, y M.C. Collado**, 1996. Effect of met+cys supplementation to a low-protein diet on the growth performance and fat accumulation of broiler chicks at starter period. *Anim Sci Tech. (Jpn)* 67 (11):956-966

40 **Deschepper, K. y D. De Groote**, 1995 Effect of dietary protein, essential and non-essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chicks *Br Poult Sci* 36:229-245

41. **Macleod, M.G.**, 1997 Effects of amino acid balance and energy:protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens *Br Poult Sci* 38:405-411.

42 **Griffin, H.D., D. Windsor, y C. Goddard**, 1991 Why are young broiler chickens fatter then layer-strain chicks? *Comp Biochem Physiol* 100A (1):205-210

- 43 **Leveille, G.A. y H.E. Sauberlich**, 1961 Influence of dietary protein level on serum protein components and cholesterol in the growing chick *J. Nutr.* 74:500.
- 44 **Bartov, I., S. Bornstein, y B. Lipstein**, 1974. Effect of calorie to protein ratio on the degree of fatness in broilers fed on practical diets *Br Poult Sci* 15:107-117
- 45 **Melo, J., G. Mallo, E. Villar, C. Miquel, G. Djian, y C. Cappelletti**, 1994 Correlaciones fenotípicas en pollos parrilleros entre grasa abdominal y diferentes lípidos plasmáticos *Rev. Med. Vet* 77 (6):401-403
- 46 **Whitehead, C.C. y H.D. Griffin**, 1984. Development of divergent lines of lean fat broilers using plasma very low density lipoprotein concentration as selection criterion: the first three generations *Br Poult Sci* 25:573-582
- 47 **Beane, W.L., J.A. Cherry, y W.D. Weaver**, 1979 Intermittent light and restricted feedings of broiler chickens *Poult Sci* 58:567-571
- 48 **Pokniak, J.A. y S.B. Cornejo**, 1982. Effect of energy and protein under nutrition on productive performance and carcass, liver, and digestive tract composition of broiler males *Nutr Rep Int* 26:319-327
- 49 **Summers, J.D., D. Spratt, y L.J. Atkinson**, 1990 Restricted feeding and compensatory growth for broilers *Poult Sci* 69:278-289
- 50 **Ballan, G.C. y B.E. March**, 1979 Adipose size and number in mature broiler-type female chickens subject to dietary restriction during the growing period *Poult. Sci* 58:940-948.
- 51 **Cartwright, A.L.**, 1991 Adipose cellularity in *Gallus domesticus*: Investigations to control body composition in growing chickens *J Nutr* 121:1486-1497.
- 52 **Karen-Zvi, S., N. Zafrira, I. Nir, A. Cahaner, y Z. Zipora**, 1992 Effect of different dietary levels of protein on fat deposition in broilers divergently selected for high or low abdominal adipose tissue *Br Poult. Sci* 33:517-524
- 53 **Hermier, D., A. Quignard-Boulangé, I. Dugail, G. Guy, M.R. Salichon, L. Brigant, B. Ardovin, y B. Leclercq**, 1989 Evidence of enhanced storage capacity in adipose tissue of genetically fat chickens *J Nutr* 119:1369-1375
- 54 **March, B.C. y G. Hansen**, 1977 Lipid accumulation and cell multiplication in adipose bodies in White Leghorn and broiler-type chicks *Poult Sci* 56:886-894
- 55 **Alkiba, Y., K. Takahashi, M. Horiguchi, y K. Kenmotsu**, 1994 Effects of dietary fat and protein sources on performance, lipid content and mixed function oxidize

in liver, and fat deposition and adipocyte cellularity in abdomen in broiler chickens *Japanese Poult Sci* 31 (6):381-391

56. **Hood, R.L.**, 1982 The cellular basis for growth of the abdominal fat pad in broiler-type chickens *Poult Sci* 61:117-121

57 **Cartwright, A.L., H.L. Marks, y D.R. Champion**, 1986a. Adipose tissue cellularity and growth characteristics of unselected and selected broiler: Implications for the development of body fat *Poult Sci.* 65:1021-1027

58 **Cartwright, A.L., H.L. Marks, y D.R. Champion**, 1988 Adipose cellularity in nonselected and selected broiler stocks: Measurements at equal weights and ages *Poult Sci* 67:1338-1344.

59. **Cartwright, A.L., J.P. McMurtry, y I. Plavnik**, 1986b Effect of early feed restriction on adipose cellularity of broilers *Poult Sci* 65 (Suppl 1):21 (Abstr)

60 **McMurtry, J.P., I. Plavnik, R.W. Rosebrough, N.C. Steele, y J. Proudman**, 1988 Effect of early feed restriction in male broiler chicks on plasma metabolic hormones during feed restriction and accelerated growth *Comp Biochem Physiol* 91A:67-70

61 **Newcombe, M., A.I. Cartwright, y J.M. Harter-Dennis**, 1992 The effect of increasing photoperiod and food restriction in sexed broiler-type birds I Growth and abdominal fat cellularity *Br Poult Sci* 33:415-425

62 **March, B.C., S. Chu, y C. McMillan**, 1982 The effects of feed intake on adipocytes in the abdominal fat pad of mature broiler-type female chickens *Poult. Sci* 61:1137-1146

63 **Zubair, A.K. y S.J. Leeson**, 1993 Growth performance and body composition changes in male broilers subject to early feed restriction *Poult Sci* 72 (Suppl 1): 85 (Abstr)

64 **Hood, R.L. y C.E. Allen**, 1977 Cellularity of porcine adipose tissue: effects of growth and adiposity *J Lipid Res* 18:275-284

65 **Zubair, A.K. y S.J. Leeson**, 1996 Changes in body composition and adipose cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. *Poult Sci.* 75:719-728

CUADRO 1 COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS CALCULADO DE LA DIETA INICIADOR Y DIETAS DE CRECIMIENTO Y FINALIZADOR PARA LOS 2 TIPOS DE DIETAS EXPERIMENTALES PARA MACHO Y HEMBRA

INGREDIENTES	INICIADOR 0 a 21 días	TRATAMIENTOS CRECIMIENTO 22 a 35 días		TRATAMIENTOS FINALIZADOR 36 a 49 días	
		5.00	5.60	5.00	5.60
		% DE LA DIETA			
Sorgo (9% PC)	53.330	65.596	68.873	67.803	69.837
Harina de soya (48% PC)	34.716	14.671	15.609	11.774	14.838
Gluten de maíz (60.0% PC)	3.000	12.499	7.440	11.134	4.908
Aceite de Soya	4.426	0.735	1.389	2.427	3.449
Harina de carne y hueso (50% PC)		3.000	3.000	3.000	3.000
Ortofosfato de calcio (20/21)	1.819	0.975	0.986	0.762	0.767
Carbonato de calcio (38%)	1.418	0.849	0.839	0.820	0.802
Sal	0.486	0.434	0.435	0.435	0.437
Cloruro de colina (60%)	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
DL-Metionina	0.196	0.073	0.169	0.092	0.193
L-Lisina HCL	0.085	0.397	0.413	0.390	0.349
L-Treonina	0.040	0.023	0.091	0.089	0.146
L- Triptófano	0.004		0.008		
Arginina				0.067	0.066
Premezcla vitamínica ^A	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Premezcla mineral ^B	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Salinomicina sódica	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Bacitracina ^C	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
Antioxidante	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Pigmento amarillo (11 gr/kg) Avelut líquido ⁿ		0.270	0.270	0.728	0.728
Total	100	100	100	100	100
CONTENIDO CALCULADO DE NUTRIMENTOS					
EM (kcal/kg)	3100	3100	3100	3200	3200
Proteína Cruda (%)	23.00	21.60	19.3	19.60	17.5
Calcio (%)	0.931	0.819	0.819	0.768	0.768
Fósforo Disponible (%)	0.50	0.45	0.45	0.40	0.40
Sodio (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina Total (%)	1.246	1.078	1.074	0.976	0.977
Lisina Digestible (%)	1.103	0.970	0.970	0.880	0.880
Metionina Total (%)	0.585	0.491	0.523	0.471	0.505
Metionina Digestible (%)	0.506	0.429	0.464	0.415	0.450
Metionina + Cistina Tota (%)	0.925	0.854	0.842	0.805	0.793
Metionina + Cistina Dig. (%)	0.800	0.720	0.720	0.680	0.680
Treonina Total (%)	0.896	0.777	0.770	0.767	0.762
Treonina Digestible (%)	0.750	0.640	0.640	0.640	0.640
Triptófano Total (%)	0.275	0.194	0.194	0.173	0.173
Triptófano Digestible (%)	0.250	0.170	0.170	0.150	0.150
Arginina Total (%)	1.489	1.074	1.027	0.954	0.957
Arginina Digestible (%)	1.339	0.946	0.900	0.900	0.900
Lisina total/Proteína cruda (%)	5.4174	4.9907	5.5648	4.9795	5.5828
^A Premezcla vitamínica por kg de dieta: vitamina A 8,800 UI; colecalciferol 2,500 UI; vitamina E 15 UI; vitamina B ₁₂ 0.020 mg; riboflavina 5.5 mg; niacina 36 mg; ácido pantoténico 12.5 mg; menadiona 2.0 mg; ácido fólico 1.0 mg; tiamina 2.0 mg; piridoxina 2.2 mg; biotina 0.050 mg; etoquin 125 mg					
^B Premezcla mineral por kg de dieta: Mn 110 mg; Zn 55 mg; Fe 60 mg; Cu 12 mg; I 1.0 mg; Se 0.3 mg					
^C BMD = Bacitracina metil discalilato.					

CUADRO 2 VALORES ACUMULADOS DE PESO CORPORAL (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶	
0	45 00 a	44 50 a	43 75 a	44 50 a	44 50 a	44 50 a	0 65
1	130 a	129 a	127 a	127 a	128 a	129 a	2 12
2	360 a	342 b	338 b	338 b	347 b	344 b	4 36
3	713 a	662 cd	687 b	672 bc	648 d	607 e	5 59
4	1168 a	1045 bc	1159 a	1097 b	993 cd	955 d	20 32
5	1773 a	1579 b	1773 a	1683 ab	1587 b	1378 c	51 39
6	2403 a	2127 b	2418 a	2158 b	2183 b	1941 c	19 40
7	3018 a	2620 c	3085 a	2692 c	2864 b	2475 d	25 93
¹ Respuesta cuadrática $Y = -90.32143 + 149.25298s + 43.00298s^2$ PI= 1.735 (P<0.0001) R ² =0.9980 ² Respuesta cuadrática $Y = -87.17857 + 156.21726s + 33.86012s^2$ PI= 2.307 (P<0.0001) R ² =0.9974 ³ Respuesta cuadrática $Y = -70.32143 + 119.51786s + 48.10714s^2$ PI= 1.242 (P<0.0001) R ² =0.9979 ⁴ Respuesta cuadrática $Y = -134.53571 + 189.92857s + 31.37500s^2$ PI= 3.027 (P<0.0001) R ² =0.9932 ⁵ Respuesta cuadrática $Y = 30.57143 + 50.16667s + 50.95238s^2$ PI= 0.492 (P<0.0001) R ² =0.9947 ⁶ Respuesta cuadrática $Y = 10.28571 + 83.75000s + 38.66071s^2$ PI= 1.083 (P<0.0001) R ² =0.9978							

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes (P < 0.05)
 EE= Error estándar; PI= Punto de inflexión

CUADRO 3 VALORES MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g) DE LAS MEDICIONES EN RASIRO POR TRATAMIENTO Y SEXO

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)	PESO CANAL (g)	GRASA	PECHUGA	PIERNAS	MUSLOS
Macho 5.0	2548 a	2.63 d	27.35 b	13.36 ab	12.79 a
Macho 5.6	2587 a	3.13 bcd	26.69 b	13.41 ab	13.15 a
Macho restricción alim. (5.0)	2516 a	2.94 cd	26.25 b	13.73 a	12.76 a
Hembra 5.0	2184 b	3.60 abc	29.22 a	12.86 b	13.27 a
Hembra 5.6	2162 b	3.99 a	27.70 ab	13.14 ab	12.54 a
Hembra restricción alim. (5.0)	2045 b	3.70 ab	27.70 ab	13.28 ab	13.01 a
Error Estándar	63.92	0.25	0.55	0.24	0.30

Valores con distinta literal en columna, son estadísticamente diferentes (P < 0.05)

CUADRO 4 VALORES ACUMULADOS DE LA RELACIÓN GRASA ABDOMINAL POR PESO VIVO (g/100g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶	
0	0.73	0.58					
1	0.46 b	0.65 ab	0.76 a	0.55 ab	0.71 ab	0.63 ab	0.096
2	1.21 a	1.23 a	1.17 a	1.29 a	1.03 a	1.26 a	0.141
3	1.23 ab	1.29 a	1.16 ab	1.29 a	0.89 b	1.07 ab	0.127
4	1.39 ab	1.66 ab	1.72 a	1.55 ab	1.28 b	1.39 ab	0.143
5	1.47 a	1.86 a	1.69 a	1.26 a	1.56 a	1.63 a	0.204
6	1.94 a	2.55 a	1.84 a	2.33 a	1.86 a	2.60 a	0.313
7	2.09 d	2.88 abc	2.51 bcd	3.15 a	2.34 cd	2.91 ab	0.189
¹ Respuesta lineal	Y= 0.46030 + 0.23422s				(P<0.0001)	R ² =0.6662	
² Respuesta lineal	Y= 0.30695 + 0.35855s				(P<0.0001)	R ² =0.7349	
³ Respuesta lineal	Y= 0.49665 + 0.26862s				(P<0.0001)	R ² =0.6822	
⁴ Respuesta cúbica	Y= -0.69966 + 1.68194s - 0.46150s ² + 0.04285s ³				(P=0.0015)	R ² =0.8627	
⁵ Respuesta lineal	Y= 0.31049 + 0.27232s				(P<0.0001)	R ² =0.7123	
⁶ Respuesta lineal	Y= 0.16524 + 0.37402s				(P<0.0001)	R ² =0.7025	

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes (P < 0.05)
EE= Error estándar

CUADRO 5 VALORES MEDIOS DE COLESTEROL (mg/dl), TRIGLICÉRIDOS (mg/dl), LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD (mg/dl) Y LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD (mg/dl) PARA MACHO Y HEMBRA POR TRATAMIENTO AL DÍA 35 DE EDAD

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)	COLESTEROL	TRIGLICÉRIDOS	LAD	LBD
Macho 5.0	147.79 (7.85)	75.22 (4.79) c	93.02 (7.29)	-4.08 (1.57)
Macho 5.6	168.06 (9.00)	75.49 (5.49) bc	100.86 (8.36)	-1.65 (1.80)
Macho restricción alim. (5.0)	160.21 (7.65)	94.15 (4.67) a	83.91 (7.11)	-3.56 (1.53)
Hembra 5.0	163.61 (7.49)	79.12 (4.57) bc	98.29 (6.96)	-2.76 (1.50)
Hembra 5.6	162.43 (7.52)	82.47 (4.59) abc	96.24 (6.99)	-3.26 (1.51)
Hembra restricción alim. (5.0)	164.50 (9.09)	92.10 (5.55) ab	94.33 (8.45)	-4.37 (1.82)

Valores con distinta literal en columna, son estadísticamente diferentes (P < 0.05)
() Error estándar

CUADRO 6 VALORES MEDIOS DE COLESTEROL (mg/dl), TRIGLICÉRIDOS (mg/dl), LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD (mg/dl) Y LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD (mg/dl) PARA MACHO Y HEMBRA POR TRATAMIENTO AL DÍA 49 DE EDAD

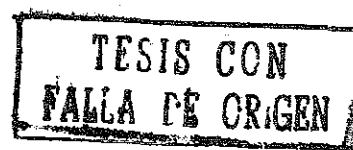
TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)	COLESTEROL	TRIGLICÉRIDOS	LAD	LBD
Macho 5.0	161.08 (8.61)	69.65 (4.38)	82.48 (4.13) bc	1.80 (2.14)
Macho 5.6	164.95 (10.14)	67.94 (5.16)	75.75 (4.86) c	4.28 (2.51)
Macho restricción alim. (5.0)	156.87 (8.98)	73.75 (4.57)	92.70 (4.31) ab	-1.90 (2.23)
Hembra 5.0	180.90 (8.97)	79.30 (4.57)	98.46 (4.30) a	0.62 (2.22)
Hembra 5.6	177.97 (8.79)	76.00 (4.48)	94.16 (4.22) ab	1.54 (2.18)
Hembra restricción alim. (5.0)	176.82 (9.61)	77.82 (4.90)	96.53 (4.61) a	0.48 (2.38)

Valores con distinta literal en columna, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
() Error estándar

CUADRO 7 VALORES ACUMULADOS DE LÍPIDOS (g) POR GRAMO DE TEJIDO GRASO ABDOMINAL SECO PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

SEMANA	TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)						PROMEDIO		
	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶			
0	0.803 (0.022)	0.709 (0.084)					0.803	0.709	0.756
1	0.762 ab (0.030)	0.821 a (0.029)	0.734 ab (0.030)	0.761 ab (0.029)	0.720 b (0.029)	0.782 ab (0.029)	0.739	0.788	0.763
2	0.803 (0.031)	0.744 (0.029)	0.803 (0.029)	0.780 (0.030)	0.781 (0.029)	0.765 (0.029)	0.796	0.763	0.779
3	0.795 (0.033)	0.774 (0.028)	0.806 (0.029)	0.770 (0.030)	0.769 (0.028)	0.768 (0.029)	0.790	0.771	0.780
4	0.865 ab (0.019)	0.887 a (0.018)	0.836 ab (0.019)	0.870 ab (0.017)	0.822 b (0.019)	0.840 ab (0.018)	0.841	0.866	0.853
5	0.757 c (0.030)	0.897 a (0.028)	0.801 bc (0.029)	0.858 ab (0.028)	0.871 ab (0.028)	0.928 a (0.032)	0.810	0.894	0.852
6	0.889 ab (0.025)	0.888 b (0.019)	0.908 ab (0.022)	0.932 ab (0.022)	0.920 ab (0.019)	0.950 a (0.025)	0.906	0.923	0.915
7	0.887 b (0.014)	0.935 a (0.014)	0.897 ab (0.015)	0.938 a (0.014)	0.914 ab (0.014)	0.942 a (0.016)	0.899	0.938	0.919
¹ Respuesta lineal	Y = 0.73626 + 0.02293s						(P=0.0015)	R ² =0.3375	
² Respuesta lineal	Y = 0.74800 + 0.02437s						(P=0.0003)	R ² =0.4011	
³ Respuesta lineal	Y = 0.73258 + 0.02617s						(P<0.0001)	R ² =0.4983	
⁴ Respuesta lineal	Y = 0.71512 + 0.03113s						(P<0.0001)	R ² =0.5858	
⁵ Respuesta lineal	Y = 0.68463 + 0.03674s						(P<0.0001)	R ² =0.8036	
⁶ Respuesta cúbica	Y = -0.88075 - 0.14002s + 0.04650s ² - 0.00365s ³						(P=0.0088)	R ² =0.7819	

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
() Error estándar



CUADRO 8 VALORES ACUMULADOS DE DNA (μg) POR GRAMO DE TEJIDO GRASO ABDOMINAL SECO PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

SEMANA	TRATAMIENTOS (Relacion lisina:proteina cruda)						PROMEDIO		
	5.0		5.6		Restriccion alimenticia (5.0)		MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶			
0	362.0 (15.9)	355.0 (11.6)					362	355	358.5
1	491.1 (81.0)	637.6 (78.7)	527.6 (82.9)	548.0 (78.9)	648.6 (78.6)	622.3 (78.5)	555.77	602.63	579.20
2	589.5 ab (65.8)	574.9 b (61.4)	696.6 ab (62.3)	780.2 a (63.7)	581.9 b (61.9)	617.9 ab (61.8)	622.67	657.67	640.17
3	651.9 (88.7)	440.2 (74.8)	602.5 (75.9)	589.0 (78.7)	533.5 (75.2)	531.0 (77.1)	595.97	520.07	558.02
4	519.0 (63.1)	405.1 (57.2)	476.2 (60.3)	525.5 (55.1)	491.8 (60.2)	469.0 (58.1)	495.67	466.53	481.10
5	472.8 (72.7)	326.2 (67.6)	481.8 (68.7)	341.0 (67.5)	358.5 (67.8)	268.6 (76.3)	437.70	311.93	374.82
6	332.6 (48.0)	258.3 (37.6)	352.2 (43.6)	272.9 (42.8)	330.8 (37.7)	233.8 (49.5)	338.53	255.00	296.77
7	223.0 (26.1)	215.3 (26.2)	278.7 (28.2)	219.5 (25.8)	225.9 (26.2)	187.8 (28.6)	242.53	207.53	225.03
¹ Respuesta cuadrática $Y = 487.32169 + 74.65553s - 16.57635s^2$ PI= 2.25 (P=0.0201) R ² =0.5501 ² Respuesta lineal $Y = 689.92857 - 69.19643s$ (P<0.0001) R ² =0.6817 ³ Respuesta lineal $Y = 668.64286 - 50.85714s$ (P=0.0025) R ² =0.3010 ⁴ Respuesta cúbica $Y = 245.85714 + 493.66766s - 152.83631s^2 + 11.76389s^3$ (P=0.0069) R ² =0.7369 ⁵ Respuesta lineal $Y = 749.35714 - 73.46429s$ (P<0.0001) R ² =0.6919 ⁶ Respuesta lineal $Y = 754.53571 - 79.59821s$ (P<0.0001) R ² =0.6191									

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes (P < 0.05)

() Error estándar

PI= Punto de inflexión

CUADRO 9 VALORES ACUMULADOS DE HIPERPLASIA (DNA/PESO VIVO) DEL IEJIDO GRASO ABDOMINAL PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

SEMANA	TRATAMIENTOS (Relacion lisina:proteina cruda)						PROMEDIO		
	5.0		5.6		Restriccion alimenticia (5.0)		MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶			
0	2.16 (0.25)	1.78 (0.66)					2.16	1.78	1.97
1	2.30 b (0.56)	3.39 ab (0.55)	3.17 ab (0.58)	2.45 b (0.55)	4.10 a (0.55)	3.24 ab (0.55)	3.19	3.03	3.11
2	6.17 ab (0.94)	5.98 b (0.87)	7.68 ab (0.89)	8.71 a (0.91)	6.19 ab (0.88)	6.32 ab (0.88)	6.68	7.00	6.84
3	6.46 (1.21)	5.48 (1.02)	5.45 (1.03)	6.30 (1.07)	3.54 (1.02)	4.92 (1.05)	5.15	5.57	5.36
4	6.83 ab (0.79)	5.48 ab (0.72)	7.42 a (0.76)	6.87 ab (0.69)	4.97 b (0.76)	5.02 b (0.73)	6.41	5.79	6.10
5	5.52 ab (0.68)	5.48 ab (0.64)	6.39 a (0.65)	3.87 b (0.63)	4.75 ab (0.64)	4.31 ab (0.72)	5.55	4.55	5.05
6	6.03 (1.18)	6.05 (0.93)	6.00 (1.07)	6.10 (1.05)	5.25 (0.93)	5.61 (1.22)	5.76	5.92	5.84
7	3.95 (1.01)	6.56 (1.01)	5.80 (1.09)	7.06 (1.00)	4.31 (1.01)	6.20 (1.10)	4.69	6.61	5.65
¹ Respuesta cuadrática	$Y = 1.20743 + 2.35782s - 0.27311s^2$					PI= 4.32	(P=0.0040)	R ² =0.3371	
² Respuesta lineal	$Y = 4.225 + 0.32740s$						(P=0.0577)	R ² =0.1317	
³ Respuesta cúbica	$Y = -1.99846 + 6.86246s - 1.66975s^2 + 0.12284s^3$						(P=0.0909)	R ² =0.2494	
⁴ Respuesta cúbica	$Y = -5.58743 + 11.72786s - 3.19579s^2 + 0.25506s^3$						(P=0.0005)	R ² =0.4392	
⁵ Respuesta cuadrática	$Y = 4.32 + 0.35970s - 0.04429s^2$					PI= 4.06	(P=0.5621)	R ² =0.0137	
⁶ Respuesta cúbica	$Y = 0.24004 + 4.48718s - 1.15749s^2 + 0.09087s^3$						(P=0.1692)	R ² =0.1438	

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes (P < 0.05)

() Error estándar

PI= Punto de inflexión

CUADRO 10 VALORES ACUMULADOS DE HIPERTROFIA (LÍPIDOS/DNA) DEL TEJIDO GRASO ABDOMINAL PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

SEMANA	TRATAMIENTOS (Relacion lisina:proteina cruda)						PROMEDIO		
	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
	MACHOS ¹	HEMBRAS ²	MACHOS ³	HEMBRAS ⁴	MACHOS ⁵	HEMBRAS ⁶			
0	0.0022 (0.00015)	0.0020 (0.00021)					0.0022	0.0020	0.0021
1	0.0015 (0.00028)	0.0015 (0.00027)	0.0016 (0.00029)	0.0014 (0.00027)	0.0012 (0.00027)	0.0014 (0.00027)	0.001433	0.001433	0.001433
2	0.0014 (0.00017)	0.0013 (0.00016)	0.0010 (0.00016)	0.0010 (0.00017)	0.0012 (0.00016)	0.0013 (0.00016)	0.001200	0.001200	0.001200
3	0.0012 (0.00036)	0.0016 (0.00030)	0.0014 (0.00030)	0.0014 (0.00032)	0.0018 (0.00030)	0.0016 (0.00031)	0.00147	0.00153	0.00150
4	0.0017 (0.00028)	0.0022 (0.00025)	0.0019 (0.00026)	0.0017 (0.00024)	0.0017 (0.00026)	0.0020 (0.00025)	0.0018	0.0020	0.0019
5	0.0019 (0.00041)	0.0027 (0.00038)	0.0020 (0.00039)	0.0026 (0.00038)	0.0027 (0.00038)	0.0032 (0.00043)	0.0022	0.0028	0.0025
6	0.0028 (0.00060)	0.0037 (0.00047)	0.0026 (0.00055)	0.0034 (0.00054)	0.0029 (0.00047)	0.0041 (0.00062)	0.0028	0.0037	0.0033
7	0.0031 b (0.00055)	0.0046 ab (0.00049)	0.0031 b (0.00053)	0.0045 ab (0.00048)	0.0040 ab (0.00049)	0.0052 a (0.00053)	0.0034	0.0048	0.0041
¹ Respuesta cuadrática	Y= 0.00152 - 0.00023650s + 0.00007554s ²				PI= 1.56		(P=0.0321)	R ² =0.6450	
² Respuesta cuadrática	Y= 0.00157 - 0.00024869s + 0.00009452s ²				PI= 1.31		(P=0.0193)	R ² =0.7264	
³ Respuesta cuadrática	Y= 0.00187 - 0.00038452s + 0.00008994s ²				PI= 2.14		(P=0.0235)	R ² =0.5669	
⁴ Respuesta cuadrática	Y= 0.00155 - 0.00041274s + 0.00011476s ²				PI= 1.80		(P=0.0012)	R ² =0.7994	
⁵ Respuesta cuadrática	Y= 0.00126 - 0.00018438s + 0.00008705s ²				PI= 1.06		(P=0.0294)	R ² =0.7279	
⁶ Respuesta cuadrática	Y= 0.00158 - 0.00035845s + 0.00011851s ²				PI= 1.51		(P=0.0052)	R ² =0.7761	

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes (P < 0.05)

() Error estándar

PI= Punto de inflexión

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO QUINTO

Discusión General

Las **curvas de crecimiento** en pollos de engorda macho y hembra presentan una tendencia cuadrática, ya sea al formular sobre la base de proteína total o proteína ideal, modificando los niveles de energía y proteína, o aplicando un programa de restricción; lo cual concuerda con los resultados observados por Soto *et al* (1984), quienes encontraron un comportamiento cuadrático en la ecuación de peso corporal para el periodo completo de producción con una $R^2 = 0.7080$. Hancock *et al* (1995) mencionan que las hembras alcanzan el punto de inflexión en la curva de crecimiento antes que los machos con una diferencia aproximada de 2 días. Además, mencionan que es interesante notar que coincide la edad donde alcanzan el punto de inflexión con la edad a la cual los pollos usualmente llegan a rastro; observándose que, el punto de inflexión indica el máximo potencial genético desarrollado bajo las mismas condiciones experimentales, además del efecto de la dieta, el cual tiene implicaciones prácticas para decidir la edad a rastro. Los resultados de los 3 primeros experimentos en que se utilizó la estirpe Hybro, los experimentos 2 y 3 están acordes en todo lo anterior, pero no con el experimento 1; tampoco esto es aplicable al experimento 5, donde se utilizó la estirpe Ross. Knízatová *et al* (1995) observaron que el punto de inflexión (con tendencia a descender) para pollos de engorda hembras de la estirpe White

Cornish y White Plymouth Rock fue de 47.7 días, edad muy diferente a la observada en las hembras de la estirpe Hybro de los experimentos 1, 2 y 3 (56.6, 52.2 y 51.3 días respectivamente); y más aun de la estirpe Ross, que al presentar un mayor crecimiento, su punto de inflexión (con tendencia a ascender) está en las primeras 3 semanas; con lo cual, puede observarse el diferente potencial genético de las líneas de pollo de engorda

Al formular sobre la base de **proteína total (Experimento 1)**, la inclusión del alimento preiniciador en machos se obtiene mejor peso corporal que el tratamiento testigo a los 7 días de edad, pero se pierde ésta ventaja inmediatamente a la semana siguiente; basándose en el análisis económico tanto machos como hembras incluyendo una dieta preinicial, resultan con mayor relación beneficio-costos. En la fase de iniciador (0-21 días), disminuir 1% de PC en machos con respecto al tratamiento testigo, mejora ($p < 0.05$) el peso corporal en un 21%. Estadísticamente ($p < 0.05$), ningún tratamiento fue mejor que el testigo para las mediciones de grasa, pechuga, piernas y muslos; observándose mayor acumulación de grasa abdominal, al aumentar la relación energía:proteína, y disminuye el rendimiento de piernas, al incluir un preiniciador o al aumentar la energía en machos. Las mejores relaciones beneficio-costos, están acordes al mayor número de pollos vivos al final del experimento. Jackson *et al* (1982a) encontraron que la eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, se afectó significativamente ($p < 0.01$) por sus respectivos niveles de inclusión, situación no observada en machos ni en hembras. Los gramos de pechuga/100g peso canal, fueron significativamente más grandes en hembras que en machos, contrario a reportes previos (Plavnik y Hurwitz, 1985, 1988). Ishibashi (1990) y Ohta y Ishibashi (1994) encontraron que el exceso de aminoácidos en la dieta, no sólo causa desperdicio de aminoácidos per se o fuentes de proteína, sino que también disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos; comprobándose esto en este experimento. Pesti y Fletcher (1984), Cabel y Waldroup (1991) encontraron que los niveles más altos en proteína con respecto al testigo, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia; coincidiendo con los resultados de este experimento para machos y hembras; además obtuvieron menos contenido de grasa abdominal, no siendo observado esto aquí. Kubena *et al* (1974), Waldroup *et al* (1976) y Jackson *et al* (1982) observaron que la grasa abdominal aumentó ($p < 0.05$), al aumentar la energía de la dieta cuando fue expresada como porcentaje del peso corporal o sobre la base de peso absoluto; lo cual concuerda sólo para los machos en este

experimento; con respecto a esto, Fisher (1984) y Leenstra (1986) publicaron que uno de los factores principales que afecta el engrasamiento del pollo de engorda, es la concentración de la proteína de la dieta o más precisamente la proporción energía:proteína (E:P). Los pollos alimentados con mayor relación E:P, tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción. En este experimento, al disminuir la proteína, o aumentar la energía, se aumenta la relación E:P, resultando con mayor grasa ($p < 0.05$) las hembras al disminuir la proteína y los machos al aumentar la energía con respecto a los tratamientos restantes. Fisher (1984), Leenstra (1986) y Bartov (1987) publicaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos, circunstancia también denotada en este experimento. Brenes *et al* (1983) observaron que alimentando con alta proteína durante la primera semana, incrementó la grasa abdominal en un experimento, pero en otro no se afectó; lo cual en este experimento resultó en incremento, pero sin presentar diferencia estadísticamente significativa. Fancher y Jensen (1986) indicaron que ni la proteína ni el contenido de energía en dietas utilizadas durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad. Hargis y Creger (1980) informaron que al aumentar la proteína en dietas isocalóricas observaron una disminución de 30% de grasa abdominal, situación que en este experimento se observa en machos y en hembras, pero en menor porcentaje 3.3 y 0.3% respectivamente.

Al formular sobre la base de **proteína ideal (Experimento 2)**, con la inclusión del alimento preiniciador, sólo se observa mayor relación beneficio-costo para ambos sexos, al obtener mayor número de pollos vivos al final del experimento, no obteniendo mejor peso corporal. En machos y hembras, los coeficientes de crecimiento semanal fueron superiores, al disminuir o al aumentar 1%PC, y al aumentar 50 kcal/kg EM con respecto a la dieta testigo, también en las hembras al incluir un preiniciador; sin embargo, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) para el peso corporal en todo el experimento para machos y desde la cuarta semana para hembras, que indiquen superioridad de algún tratamiento sobre el testigo. Para las variables zootécnicas, excepto al aumentar 50 kcal/kg EM, todos los tratamientos son superiores al tratamiento testigo. Se logra un mayor rendimiento de pechuga en machos al aumentar 1%PC ($p < 0.05$) y 50 kcal/kg EM ($p < 0.10$), que la dieta testigo. Económicamente, se logra una mayor eficiencia al aumentar o disminuir 1%PC, al utilizar una dieta preiniciación y al disminuir 50 kcal/kg EM. Para las hembras,

al disminuir 1%PC, sólo el valor de peso corporal al día 21, fue mayor que el de la dieta testigo con una diferencia del 10.86% ($p < 0.05$). Se logra una mayor conversión alimenticia, índice de producción, eficiencia alimenticia y energética en todos los tratamientos con relación a la dieta testigo; no siendo así, al aumentar 1%PC para la eficiencia proteínica. El rendimiento de pechuga es mayor, al aumentar o disminuir 50 kcal/kg EM ($p < 0.01$), al aumentar 1%PC ($p < 0.05$) y con una dieta de preiniciación ($p < 0.10$) con relación a la dieta testigo; el menor rendimiento de piernas resultó, al disminuir 50 kcal/kg EM ($p < 0.05$); aumentando la cantidad de grasa, al disminuir 1%PC ($p < 0.05$) y disminuye la grasa al aumentar 1%PC o 50 kcal/kg EM ($p < 0.05$). Todos los tratamientos resultan más eficientes económicamente que el tratamiento testigo. Pesti y Fletcher (1984) también observaron mejor conversión alimenticia con un nivel de PC más alto con ausencia de una respuesta en el crecimiento. Cabel y Waldroup (1991) encontraron que en dietas con niveles de PC por debajo de 19% reducen su conversión alimenticia, situación que concuerda en esta investigación, al disminuir 1%PC. Jackson *et al* (1982b) encontraron que la eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, fue significativamente ($p < 0.01$) afectada por sus respectivos niveles de inclusión, situación no observada en este experimento en machos ni en hembras. Velu y Baker (1974) encontraron que aumenta la utilización de energía, al aumentar la energía de la dieta; siendo esto acorde a los hallazgos de este experimento, sólo en las hembras; y mencionan además que al contrario, aumenta la utilización de energía al aumentar la proteína de la dieta, resultando en este experimento lo mismo. Ishibashi (1990) y Ohta y Ishibashi (1994) reportan que el exceso de aminoácidos en la dieta no sólo causa desperdicio de aminoácidos *per se* o fuentes de proteína, sino que también disminuye la productividad y el rendimiento en canal de los pollos; situación que no ocurre al formular bajo el concepto de proteína ideal. Cabel y Waldroup (1991) mencionan que los niveles más altos en proteína que el control, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia y menos contenido de grasa abdominal ($p < 0.05$). Además, mencionan que al disminuir la PC se produce más grasa abdominal ($p < 0.05$), todo esto concuerda con los resultados aquí obtenidos. Kubena *et al* (1974) y Waldroup *et al* (1976) encontraron que la grasa abdominal aumentó ($p < 0.01$) al aumentar la energía de la dieta, cuando fue expresada como porcentaje del peso canal o sobre la base de peso absoluto, situación que no concuerda con los resultados aquí obtenidos, ya que en las hembras al aumentar 50 kcal/kg EM, disminuye ($p < 0.05$) el contenido de grasa abdominal. Fisher (1984) y Leenstra (1986) publicaron que los pollos alimentados con mayor

relación E:P tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción. En este experimento, resultan con mayor grasa ($p < 0.05$) las hembras al disminuir la proteína. Pero al aumentar la energía, obtienen la menor cantidad de grasa abdominal con respecto a los tratamientos restantes. Fisher (1984), Leenstra (1986) y Bartov (1987) informaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos; circunstancia también denotada en este experimento. Brenes *et al* (1983) observaron que alimentando con alta proteína durante la primera semana, incrementó la grasa abdominal en un experimento pero en otro no se afectó; lo cual en este experimento resultó en incremento, pero sin presentar diferencia estadísticamente significativa. Hargis y Creger (1980) informaron que al aumentar la proteína en dietas isocalóricas, observaron una disminución de 30% de grasa abdominal; situación que en este experimento se observa en machos y en hembras, pero en menor porcentaje 7.0 y 6.39% respectivamente. Los gramos de pechuga/100g peso canal, resultaron significativamente más grande en las hembras que en machos; contrario a reportes previos (Plavnik y Hurwitz 1985, 1988), pero acorde a lo reportado por Pinchasov y Jensen (1989).

Al formular sobre la base de **proteína ideal para obtener la mejor dieta de iniciación (Experimento 3)**, el peso corporal de machos a la primera semana, al disminuir 1%PC, al aumentar 50 kcal/kg EM, la combinación de ambas, o al usar dietas -1%PC-50kcal/kg EM o +1%PC+50 kcal/kg EM, superan ($p < 0.05$) a la dieta testigo (23%PC; 3000 kcal/kg EM). A la segunda semana, sólo la superan las dietas +50 kcal/kg EM, -1%PC-50 kcal/kg EM y +1%PC+50 kcal/kg EM. A la tercera semana, sólo la supera la dieta +1%PC+50 kcal/kg EM manteniéndose así hasta el día 49. En hembras, ninguna dieta supera ($p < 0.05$) al testigo en cada semana. La formulación de dietas para machos bajo el concepto de proteína ideal con niveles nutricionales de 24%PC y 3050 kcal/kg de EM comparado con niveles 23%PC y 3000 kcal/kg de EM en la fase de iniciación, se obtienen mejores beneficios del peso corporal, conversión alimenticia comercial, conversión corregida por mortalidad, eficiencia alimenticia, eficiencia proteínica, eficiencia energética y en el índice de producción durante todo el ciclo productivo. En el rendimiento de pechuga para machos, la dieta -1%PC supera ($p < 0.01$) al testigo, y para piernas ($p < 0.05$) la dieta +50 kcal/kg EM. Se obtienen mejores resultados económicos con niveles nutricionales en la fase de iniciación de 24%PC y 3050 Kcal/kg de EM tanto para machos como para hembras, al compararse con una dieta con niveles 23%PC y 3000 kcal/kg de EM. Jackson *et al* (1982b) encontraron que la

eficiencia de utilización de la proteína y energía de la dieta, fue significativamente ($p < 0.01$) afectada por sus respectivos niveles de inclusión; situación observada en este experimento en machos y en hembras, sólo para la eficiencia proteínica. Velu y Baker (1974) encontraron que aumenta la utilización de energía, al aumentar la energía de la dieta; siendo esto acorde a los hallazgos de esta investigación sólo en las hembras. Además, mencionan que al contrario, aumenta la utilización de energía al aumentar la proteína de la dieta; resultando en este experimento lo mismo. Fisher (1984), Leenstra (1986) y Bartov (1987) indicaron que las hembras acumularon significativamente más grasa abdominal que los machos; circunstancia también observada en este experimento. Pesti y Fletcher (1984) y Cabel y Waldroup (1991) mencionan que los niveles más altos en proteína que el control en dietas isocalóricas, no incrementaron el peso corporal final, pero obtuvieron mejor conversión alimenticia y menos contenido de grasa abdominal ($p < 0.05$); en este experimento, en la dieta 6 donde se aumenta la proteína y la energía en conjunto, resulta en mejor conversión alimenticia; además de incrementarse el peso corporal final, no observando diferencias en cuanto a grasa abdominal; lo que manifiesta la importancia de considerar la relación energía/proteína en la formulación de una dieta. Además, mencionan que al disminuir la PC, se produce más grasa abdominal ($p < 0.05$), no siendo observado esto, aún con el aumento de energía, pero hay que tomar en cuenta que las dietas empleadas en este experimento sólo se utilizaron en la fase de iniciación. Kubena *et al.* (1974) y Waldroup *et al.* (1976) encontraron que la grasa abdominal, aumentó ($p < 0.01$) al aumentar la energía de la dieta, cuando fue expresada como porcentaje del peso canal o sobre la base de peso absoluto; situación que no concuerda con los resultados aquí obtenidos, ya que en machos y hembras, al aumentar 50 kcal/kg EM en la fase de iniciación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos, concordando esto último, con lo reportado por Griffiths *et al.* (1977). Fisher (1984) y Leenstra (1986) reportan que los pollos alimentados con mayor relación E:P, tienden a acumular más grasa en la canal que los alimentados con menor proporción; situación que no se ve reflejada en este experimento, siendo los resultados aquí presentados acordes a lo reportado por Bartov (1987) que menciona que ni la concentración de grasa ni la proporción E:P en dietas alimentando hasta el día 14, tuvieron un efecto de engrasamiento en pollo de engorda a las 7 semanas de edad. El factor que afecta consistente y significativamente al engrasamiento, es la proporción E:P en dietas alimentadas hacia el final del periodo de crecimiento. Plavnik y Hurwitz (1985, 1988) encontraron que los gramos de pechuga/100g peso canal resultaron

significativamente más grande en los machos con respecto a las hembras; en este experimento, esto concuerda para los tratamientos, al bajar 1% la PC y al aumentar 50 kcal/kg EM, pero resulta lo opuesto en los tratamientos restantes, estando esto último acorde a lo reportado por Pinchasov y Jensen (1989) Fancher y Jensen (1986) indicaron que ni la proteína ni el contenido de energía en dietas alimentando durante la primera semana de vida, afectaron la composición de la canal a las 6 o 7 semanas de edad; en este experimento, se observó que al modificarse durante la fase de iniciación la proteína (disminuyendo 1% PC) y aumentando la energía, se mejora ($p < 0.05$) el rendimiento en machos de la pechuga en el primer caso y de las piernas en el segundo, disminuyendo ($p < 0.05$) el rendimiento en pechuga en las hembras al aumentar la energía

Al formular sobre la base de **proteína ideal** dietas de crecimiento y finalizador para machos, modificando la **relación lisina total:proteína cruda (LT:PC) (Experimento 4)**, se observó dentro de los parámetros productivos, que el consumo de alimento presentó una tendencia cuadrática con un punto de inflexión de 5.61; y se observó para la conversión alimenticia corregida para mortalidad, una tendencia lineal directamente proporcional con un coeficiente de 0.0541; todo esto, dentro del rango medido de relación lisina total:proteína cruda (4.70-6.20). Existe una clara tendencia lineal directamente proporcional para las eficiencias de proteína y de cistina, siendo lo opuesto para la eficiencia de metionina dentro de las relaciones LT:PC estudiadas. El peso de grasa, manifestó incrementos lineales directamente proporcionales a las relaciones LT:PC experimentadas, medidos al día 35 y 49 de edad. Con respecto a las características químicas, la medición de cenizas, manifestó tendencia cuadrática al día 35; y tendencia cúbica, sólo con relación a la canal al día 49. El porcentaje de proteína al día 35, presenta una tendencia lineal inversamente proporcional a la relación LT:PC y una tendencia cúbica al día 49. El porcentaje de grasa al día 35, aumenta directamente proporcional a la relación LT:PC, siendo lo opuesto en base seca y húmeda al día 49. La relación PC:grasa presenta tendencia lineal; siendo ésta, inversamente proporcional al día 35 y directamente proporcional al día 49 con referencia a la relación LT:PC. La mejor relación beneficio/costo de acuerdo a las condiciones estudiadas, la obtuvo el tratamiento de la relación LT:PC de 5.30, seguida por las relaciones 4.70, 6.20, 5.00 y 5.90; obteniendo el peor beneficio económico, la relación 5.6. Zorrilla *et al* (1993) publicaron que los niveles de proteína, no tuvieron ningún efecto sobre la ganancia de peso; situación observada también en este experimento. Además, mencionan que el

efecto de la inclusión de diversos niveles de lisina sobre la ganancia de peso, muestra que ésta se incrementa significativamente ($p < 0.01$) al aumentar el nivel de lisina en la dieta, y que a través de un análisis de regresión, se encontró que la lisina explica en mayor porcentaje (90%), la variabilidad observada para ganancia de peso, teniendo ésta un efecto lineal y cuadrático significativo ($p < 0.01$) sobre dicho parámetro; lo cual en este experimento no se pudo comprobar, ya que la inclusión de lisina para las diferentes dietas fue la misma. En cuanto a la conversión alimenticia, Zorrilla *et al* (1993) concluyen que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los distintos niveles de proteína; situación también aquí observada. Mencionando los autores que sin embargo, la inclusión de lisina mejoró significativamente ($p < 0.01$) dicha variable, y que sus pruebas de regresión mostraron que la lisina tiene un efecto lineal y cuadrático ($p < 0.01$) sobre la conversión alimenticia, explicando el 71% de la variabilidad observada, y que con 1.10% de lisina total se obtiene la mejor conversión alimenticia. Summers y Leeson (1978) y Jackson *et al* (1982) informaron que la utilización de la proteína, disminuyó con cada incremento de la proteína de la dieta; éste experimento concuerda con esto, al obtenerse una respuesta lineal directa entre la eficiencia de la proteína y la relación LT:PC. Hargis y Creger (1980) indicaron que al aumentar la proteína en dietas isocalóricas, observaron disminución del 30% de grasa abdominal; lo cual concuerda en este experimento, obteniendo una disminución del 19.7% entre la dieta con mayor y menor cantidad de PC. Twining *et al* (1978), Summers y Leeson (1979) y Jackson *et al* (1982) publicaron que los cambios en la proteína y energía en la dieta, afectan significativamente ($p < 0.01$) la composición de la canal. Al incrementar la proteína de la dieta, en la canal disminuye la cantidad de grasa, y aumenta la proteína y la humedad; siendo mayor hasta el 28% PC. La grasa abdominal también disminuyó al aumentar el porcentaje de proteína; esto último concuerda con los resultados descritos, pero en cuanto a la proteína, se observó un comportamiento cúbico, y para la grasa (lípidos) los resultados no concuerdan, ya que se obtuvo aquí una respuesta lineal inversa a la relación LT:PC; pero hay que tomar en cuenta, que el análisis químico en el presente experimento, se realizó con el ave completa. Jackson *et al* (1982) concluyen que aunque el consumo de proteína incrementa con cada incremento de la proteína de la dieta, un nivel de 20% PC fue suficiente para la máxima deposición de proteína en la canal, al aumentar este porcentaje se disminuye la deposición. Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que con la relación LT:PC 5.3, se obtiene el mayor porcentaje de proteína. Además mencionan que se debe balancear sobre el nivel de PC para que sea económicamente redituable. Cuando el máximo retorno de

proteína de la dieta *versus* proteína del ave es deseable, bajar proteína en la dieta debe considerarse, aunado a que deberá ser más importante el contenido de proteína de la canal, como criterio de selección en los programas de alimentación del pollo de engorda, que la selección directa por grasa de la canal.

Al formular sobre la base de **proteína ideal** en dietas de crecimiento y finalizador para machos y hembras, modificando la **relación LT:PC** y **aplicar un programa de restricción alimenticia para evaluar la hiperplasia e hipertrofia del tejido graso abdominal (Experimento 5)**; el consumo de alimento acumulado es mayor ($p < 0.05$) en la relación 5 6, obteniendo el mayor peso corporal, resultando diferente ($p < 0.05$) del tratamiento restringido, pero no de la relación 5 0. Entre las hembras las 5 6, obtuvieron el mayor ingreso neto en el análisis económico; no ocurriendo esto, en los machos del mismo tratamiento, debido al mayor consumo de alimento, al alto costo de los aminoácidos sintéticos y al obtener la mayor MT y por SA. Los machos obtienen mayor peso de la canal ($p < 0.05$) que las hembras, los valores de las piezas con relación a la canal (g/100g), para pechuga resultaron mayores en las hembras, favoreciéndose éste valor en 5 0; y para piernas, los valores de machos fueron mayores, siendo mejor el obtenido en los restringidos, encontrándose intermedio el valor de 5 6 para ambos sexos, en las dos piezas. Las hembras acumulan más grasa abdominal ($p < 0.05$) con relación a los machos para cada tratamiento, los valores de 5 6 fueron los mayores, y de 5 0 los menores. Bajo las condiciones experimentales empleadas, en el perfil de lípidos en sangre, sólo se encontraron diferencias ($p < 0.05$) al día 35 para triglicéridos (TGC), y al día 49 para las lipoproteínas de alta densidad (LAD). Los valores de TGC al día 35 para el tratamiento bajo restricción son mayores, cambiando al día 49, para ser mayores los valores de todas las hembras en TGC y en LAD. Los valores de lípidos por gramo de tejido seco, son mayores en las hembras y en el tratamiento restringido para ambos sexos, desde la quinta a la séptima semana, presentando los coeficientes semanales más altos en las ecuaciones de regresión. El DNA por gramo de tejido seco, alcanza su valor más alto a la segunda semana de edad (machos 622.67 μ g y hembras 657.67 μ g), disminuyendo por semana, siendo para hembras desde la tercera semana, menor con relación a los machos. A través del cálculo de la relación DNA/peso vivo en las condiciones experimentales empleadas, no se obtuvo una respuesta clara de la hiperplasia del tejido graso abdominal. A través del cálculo de la relación lípidos/DNA, se observó una clara respuesta

sobre la hipertrofia del tejido graso abdominal, iniciando en machos en promedio a los 11.1 días y para las hembras a los 10.8; siendo mayor, desde la quinta hasta la séptima semana para machos y hembras del tratamiento de restricción alimenticia. Las relaciones 5.0 y 5.6, no presentaron diferencias en la acumulación de lípidos y cantidad de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, ni para la hipertrofia de éste tejido; encontrando mayor rendimiento de pechuga con el 5.0 y un mejor peso corporal con el 5.6. Es eficiente el uso de la restricción alimenticia como paliativo para disminuir el síndrome ascítico y por ende la mortalidad total, mejorando a la vez la conversión alimenticia; más sin embargo, tanto hembras como machos, no alcanzaron el crecimiento compensatorio a los 49 días de edad y presentaron mayor acumulación de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco y una mayor hipertrofia medida por la relación lípidos/DNA. Lo cual nos indica, que dos semanas no son suficientes para que el crecimiento compensatorio sea el óptimo; esto no está de acuerdo con algunos investigadores (Plavnik y Hurwitz, 1985, 1988a,b, 1991; Plavnik *et al*, 1986; Zubair y Leeson, 1994a); pero sí con lo publicado por otros (Pinchasov y Jensen, 1989; Yu *et al*, 1990). Jones y Farrel (1992) mencionan que la restricción temprana de alimento, permitió recuperar el peso total a los 49 días, disminuyendo la grasa corporal asociada con un balance negativo de energía y un balance positivo de nitrógeno alcanzado durante la fase de restricción; situación no observada en este experimento. Los mismos autores concluyen que, la interacción entre el periodo de restricción alimenticia y su severidad, podría ser de crítica importancia para su éxito al permitir la compensación del peso corporal y disminuir la grasa corporal. Fisher (1984), Leenstra (1986), Bartov (1987) y Hrdinka *et al* (1995) refieren que los machos tuvieron significativamente menor porcentaje de grasa abdominal, visceral y subcutánea que las hembras; lo cual concuerda con lo reportado por Cabel y Waldroup (1991) y Bunchasak-C *et al* (1996) al mencionar que pollos con PC más alta, depositan significativamente ($p < 0.05$) menos grasa abdominal que los que se alimentan con menor porcentaje de PC. El mayor contenido de grasa en el tratamiento 5.6, parece estar de acuerdo a lo expresado en relación a que hay evidencia que la suplementación con aminoácidos sintéticos para prevenir incrementar la concentración de proteína total de la dieta aumenta la deposición de grasa en pollos de engorda comercial (Deschepper y De Groote, 1995). Según Macleod (1997) esto puede ocurrir porque hay menos proteína sobrante para ser metabolizada y una gran proporción de energía de la dieta debe consumirse como carbohidratos y grasa, los cuales son depositados más eficientemente como grasa corporal que lo que podría ser el exceso de aminoácidos. Jones y

Farrel (1992) mencionan que durante el periodo de restricción, el ave metaboliza energía almacenada, con la resultante pérdida de peso corporal por la disminución en el tamaño promedio de los adipocitos. Con una fase de realimentación se activa primero la hiperplasia de los adipocitos, esto marca el inicio de la fase de compensación de la grasa corporal. Griffin *et al.* (1991) concluye que el engrasamiento del pollo de engorda, es debido a la alta proporción de secreción de triglicéridos en la circulación sanguínea; situación observada en este experimento sólo en la medición del día 35. También los resultados concuerdan con lo observado por Bunchasak-C *et al.* (1996), concluyendo que el nivel de colesterol en el suero no fue influenciado por el nivel de proteína de la dieta; situación contraria a la expresada, donde es conocido que una diferencia de proteína resulta en un incremento del nivel de colesterol en el plasma en pollos (Leveille y Sauberlich, 1961). Pero parece ser sólo verdad en casos donde la diferencia de proteína es demasiado severa para deprimir la proporción de crecimiento marcadamente (Bartov *et al.*, 1974). Melo *et al.* (1994) concluyeron que ni las lipoproteínas de alta densidad ni los triglicéridos, resultaron buenos parámetros para inferir la cantidad de grasa abdominal; esto concuerda con este experimento, si se toman en cuenta las correlaciones de la interacción tratamiento por sexo por día, en la que no presentaron correlación entre TGC y LAD con el peso de la grasa abdominal; pero difiere de lo expuesto por Whitehead y Griffin (1984) que encontraron que la concentración de triglicéridos en plasma fue positivamente correlacionada con el contenido de grasa corporal. Beane *et al.* (1979), Pokniak y Cornejo (1982), Pokniak *et al.* (1984), Summers *et al.* (1990) y Yu *et al.* (1990) observaron que el éxito en la reducción de la deposición de la grasa corporal, no se alcanzó usando estrategias de restricción alimenticia temprana; pero difieren de Ballan y March (1979), Cartwright (1991) y Jones y Farrel (1992) quienes mencionan que en pollos de engorda restringidos, la menor cantidad de grasa de la canal se debe a la supresión o retardo en la proliferación de adipocitos. Los resultados de hiperplasia de éste experimento, resultan similares a los hallazgos obtenidos por Hermier *et al.* (1989) que describen que la hiperplasia aumentó entre la 2ª y 5ª semana de edad (incrementando el número de adipocitos 10 veces), a los observados por March y Hansen (1977) que encontraron al día 21 un crecimiento de tejido adiposo, debido a hiperplasia y poca hipertrofia; y a los resultados reportados por Zhong *et al.* (1995) sobre que en el pollo de engorda, la hiperplasia es un fenómeno importante durante la primera semana de edad y puede observarse hasta 12 a 15 semanas de edad. Akiba *et al.* (1994) refieren que el número de adipocitos, incrementa

extensivamente hasta las 6 semanas (machos) y 8 semanas (hembras) de edad, seguido desde ahí por un pequeño incremento. La excesiva deposición de grasa en pollos no es un resultado de la hiperplasia, sino más bien de la hipertrofia de las células grasas (Cherry *et al* , 1984; Cartwright *et al* , 1986a; Cartwright *et al* , 1988) Además Cartwright (1991) menciona que la hiperplasia de los adipocitos no es la causa de la excesiva deposición de grasa en el pollo de engorda comercial. Al respecto, Hood y Pym (1982) mencionan que la selección genética afecta dramáticamente el crecimiento celular adiposo, sugiriendo los autores, que las diferencias en el cojín abdominal, son más reflexivas al volumen medio del adipocito que al número total de adipocitos. Cartwright *et al* (1986b) menciona que la restricción en la dieta, afecta a las células adiposas en el crecimiento del pollo de engorda, pero este efecto puede ser temporal. De acuerdo con McMurtry *et al* (1988), un corto tiempo de restricción alimenticia no afectó el número de adipocitos aunque el volumen si se redujo en las aves restringidas. En la opinión de Jones y Farrel (1992), la restricción alimenticia produjo disminución de la grasa corporal posiblemente por causa del retardo de la hiperplasia de los adipocitos. Para concluir Newcome *et al* (1992) que la restricción alimenticia no tiene efecto sobre el número de adipocitos. Este autor también concluye, que en general las hembras tuvieron más grande el cojín graso abdominal y más grande el volumen de adipocitos que los machos, pero tuvieron similar número de adipocitos; situación que concuerda con lo aquí expuesto. Zhong *et al* (1995) y Rosebrough *et al* (1986) refieren que la lipogénesis de pollos restringidos fue menor ($p < 0.05$); concluyendo Zhong *et al* (1995) que la grasa abdominal reducida, puede atribuirse a la reducción del volumen de adipocitos que fue causado por la disminución de lipogénesis hepática. Los resultados están acordes a lo expuesto por March *et al* (1982), Zubair y Leeson (1993, 1994a,b), quienes reportan que esto puede ser debido a diferentes grados de la restricción alimenticia y al alto consumo de alimento asociado con la hipertrofia de los adipocitos que es frecuentemente exhibido en pollos de engorda realimentados. Los resultados expuestos coinciden con lo reportado por Zubair y Leeson (1996), en lo referente a que los pollos restringidos al 50% del control del día 6 al 12, no tuvieron crecimiento compensatorio al día 42, que durante el periodo de restricción, tuvieron menos porcentaje de grasa, finalizando al día 42 sin diferencia en grasa abdominal y con respecto a que se mejoró la conversión alimenticia en los pollos restringidos con respecto al tratamiento con consumo a libre acceso.

Conclusiones Generales

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación y bajo las condiciones experimentales empleadas, se pueden generar las siguientes conclusiones:

Las curvas de crecimiento en pollos de engorda macho y hembra presentan una tendencia cuadrática, ya sea al formular sobre la base de proteína total o proteína ideal, modificando los niveles de energía y proteína, o aplicando un programa de restricción

El punto de inflexión de la curva de crecimiento, indica el máximo potencial genético desarrollado por el pollo de engorda, bajo condiciones nutricionales y ambientales apropiadas; y la edad en la cual éste punto se alcanzó en la estirpe Hybro alimentados con dietas formuladas sobre la base de proteína ideal, está íntimamente ligado a la edad, donde los pollos de engorda llegan a rastro; denotándose que además tiene implicaciones prácticas para decidir la edad a rastro

Al formular sobre la base de proteína total, aumentar o disminuir 1% la proteína cruda o 50 kcal/kg de energía metabolizable, no hay efecto para las mediciones de grasa, pechuga, piernas y muslos. Se presenta mayor acumulación de grasa abdominal, al aumentar la relación energía:proteína, en hembras al disminuir la proteína y en machos al aumentar la energía; y disminuye el rendimiento de piernas al incluir un preiniciador o al aumentar la energía metabolizable en machos. Disminuir 1% de proteína cruda (22%) mejora notablemente el peso corporal en machos al día 21 de edad

La inclusión de una dieta preiniciador (más 1% de proteína cruda; menos 200 kcal/kg de energía metabolizable) durante los primeros siete días de edad, no mejora el peso corporal final con relación a la dieta testigo formulada sobre la base de proteína total o ideal

Al formular sobre la base de proteína ideal, la reducción de 1% de proteína cruda (22%) mejora notablemente el peso corporal en hembras al día 21 de edad. Se logra mayor rendimiento de pechuga en machos al incrementar 1% la proteína cruda y 50 kcal/kg de energía metabolizable; y para las hembras es mayor al disminuir 50 kcal/kg de energía metabolizable, al aumentar 1% la proteína cruda y con una dieta de preiniciación con relación a la dieta testigo. Aumenta la cantidad de grasa al disminuir 1% de proteína cruda y disminuye la grasa al aumentar 1% la proteína cruda en machos y hembras; también disminuye en hembras al aumentar 50 kcal/kg de energía metabolizable.

En la fase de iniciación, la formulación de dietas para machos bajo el concepto de proteína ideal con niveles nutricionales de 24% de proteína cruda y 3050 kcal/kg de energía metabolizable comparado con niveles de 23% de proteína cruda y 3000 kcal/kg de energía metabolizable, se obtienen mejores beneficios del peso corporal, conversión alimenticia comercial, conversión corregida por mortalidad, eficiencia alimenticia, eficiencia proteínica, eficiencia energética y el índice de producción durante todo el ciclo productivo; pero no es mejor en cuanto al rendimiento en canal. En el rendimiento de pechuga para machos, la dieta -1% de proteína cruda supera al testigo, y para piernas la dieta +50 kcal/kg de energía metabolizable.

Existe una clara tendencia lineal directamente proporcional para las eficiencias de proteína y de cistina; siendo lo opuesto para la eficiencia de metionina dentro del rango de la **relación lisina total:proteína cruda** (4.7–6.2). El peso de grasa abdominal medido al día 35 y 49 de edad, manifestó incrementos lineales directamente proporcionales a las relaciones lisina total:proteína cruda. Con respecto a las características químicas, el porcentaje de proteína al día 35, presenta una tendencia lineal inversamente proporcional a la relación lisina total:proteína cruda y una tendencia cúbica al día 49 con el mayor porcentaje en la relación 5.3. El porcentaje de grasa (lípidos) al día 35, aumenta directamente proporcional con la relación lisina total:proteína cruda; ocurriendo lo contrario en base seca y húmeda al día 49.

El consumo de alimento acumulado es mayor en la relación 5/6, obteniendo el mayor peso corporal, resultando diferente del tratamiento restringido, pero no de la relación 5/0. Entre las hembras la relación 5/6 obtuvo el mayor ingreso neto en el análisis económico; no ocurriendo esto, en los machos del mismo tratamiento, debido al mayor consumo de alimento, al alto costo de los aminoácidos sintéticos y al obtener la mayor mortalidad total y por síndrome ascítico. Los valores de las piezas con relación a la canal (g/100g) para pechuga, resultaron mayores en las hembras, favoreciéndose éste valor en 5/0; y para piernas, los valores de machos fueron mayores, siendo mejor el obtenido en los restringidos, encontrándose intermedio el valor de 5/6 para ambos sexos en las dos piezas. Las hembras acumulan más grasa abdominal con relación a los machos para cada tratamiento, los valores para la relación 5/6 fueron los mayores y de 5/0 los menores.

Los valores de lípidos por gramo de tejido seco, son mayores en las hembras y en el tratamiento restringido desde la quinta a la séptima semana. El DNA por gramo de tejido seco, alcanza su valor más alto a la segunda semana de edad (machos 622.67 μ g y hembras 657.67 μ g), disminuyendo por semana, siendo para hembras desde la tercera semana, menor con relación a los machos. A través del cálculo de la relación DNA/peso vivo en las condiciones experimentales empleadas, no se obtuvo una respuesta clara de la hiperplasia del tejido graso abdominal. A través de la relación lípidos/DNA, se observó una clara respuesta sobre la hipertrofia del tejido graso abdominal, iniciando en machos en promedio a los 11.1 días y para las hembras a los 10.8; siendo mayor, desde la quinta hasta la séptima semana para machos y hembras del tratamiento de restricción alimenticia. Las relaciones 5/0 y 5/6, no presentaron diferencias en la acumulación de lípidos y cantidad de DNA por gramo de tejido graso abdominal seco, ni para la hipertrofia de éste tejido.

El uso de la restricción alimenticia es eficiente como paliativo para disminuir el síndrome ascítico y por ende la mortalidad total, mejorando a la vez la conversión alimenticia; sin embargo, tanto hembras como machos no alcanzan el crecimiento compensatorio a los 49 días de edad y presentan mayor acumulación de lípidos por gramo de tejido graso abdominal seco y una mayor hipertrofia medida por la relación lípidos/DNA.

Literatura General Citada

- ACAR N, MORAN ET, BILGILI SF** Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strains crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirements between six and eight weeks of age. *Poult Sci* 1991;70:2315-2321.
- AHO P** Situación actual y perspectivas de la avicultura mundial y la producción de granos. Memorias XV Congreso Latinoamericano de Avicultura Unión Nacional de Avicultores (U N A) Asociación Latinoamericana de Avicultura (A L A) Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas (A N E C A) Septiembre; Cancún, Q Roo 1997:1-5
- AILHAUD G, GRIMALDI P, NÉGREL R** Cellular and molecular aspects of adipose tissue development. *Annu Ren Nutr* 1992;12:207-233
- AJUYAH AO, LEE KH, HARDIN RT, SIM JS** Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. *Poult Sci* 1991;70:2304-2314
- AKIBA Y, HAH TW, MURAKAMI H, HORIGUCHI M, YAMAZAKI M** Metabolizable energy value and effect on amino acid availability of medium-chain triglycerides in diets fed to chickens of different ages. *Anim Feed Sci Tech* 1993;43:259-268.
- AKIBA Y, MURAKAMI H, PORK JH, SENKOYLU N, KUSOMAGI M, TAKAHASHI K, SATO K** The effects of dietary lipid on poultry performance and composition. *Proc Aust Poult Sci Sym* 1995;7:1-8
- AKIBA Y, TAKAHASHI K, HORIGUCHI M, KENMOTSU K** Effects of dietary fat and protein sources on performance, lipid content and mixed function oxidize in liver, and fat deposition and adipocyte cellularity in abdomen in broiler chickens. *Jpn Poult Sci* 1994;31(6):381-391.
- ALAO SJ, BALNAVE D** Growth and carcass composition of broilers fed sunflower oil and olive oil. *Br Poult Sci* 1984;25:209-219
- ALLAIN X, SIMON J** Inefficacité d'une sur alimentation imposée dès la naissance pour modifier le comportement alimentaire, la croissance et la composition corporelle du poulet. *Reprod Nutr Dev* 1982;22:27-40
- ALONSO PF** Perspectivas de la avicultura nacional ante las fuertes asimetrías a favor de la avicultura estadounidense. Memorias XV Congreso Latinoamericano de Avicultura Unión Nacional de Avicultores (U N A) Asociación Latinoamericana de Avicultura (A L A) Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas (A N E C A) Septiembre; Cancún, Q Roo 1997:266-272
- ANDERSON DB, KOUFFMAN RG** Cellular and enzymatic changes in porcine adipose tissue during growth. *J Lipid Res* 1973;14:160-168

- ANNISON EF** In: Biochemistry and physiology of the domestic fowl (Bell, D J and Freeman, B M, eds), Academic Press, London and New York. 1971:321-337
- ANTHONY NB, EMMERSON DA, NESTOR KE, BACON WL, SIEGEL PB, DUNNINGTON EA** Comparison of growth curves of weight selected populations of turkeys, quail, and chickens *Poult Sci* 1991;70:13-19
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Ed Kenneth Helrich, Washington, D C 1990
- AUSTIC RE** Amino acid interactions and poultry performance Proceeding in Georgia Nutrition Conference 1985:158-168
- AUSTIC RE, SCOTT RL** Involvement of food intake in the lysine-arginine antagonism in chicks *J Nutr* 1975;105:1122-1131
- BAKER DH** Proceedings Arkansas Nutrition Conference, 1993:22
- BAKER DH, FERNÁNDEZ SR, PARSONS CM, EDWARDS HM, EMMERT JL, WEBEL DM** Maintenance requirement for valine and efficiency of its use above maintenance for accretion of whole body valine and protein in young chicks *J Nutr* 1996a; 26:1844-1851
- BAKER DH, FERNÁNDEZ SR, WEBEL DM, PARSONS CM** Sulfur amino acid requirement and cystine replacement value for broiler chicks during the period three to six weeks post hatching *Poult Sci* 1996b;75:737-742
- BAKER DH, HAN Y** Ideal amino acid profile for broiler chicks during the first three weeks posthatching *Poult Sci* 1994a;73:1441-1447
- BAKER DH, HAN Y** Ideal protein and amino acid requirements of broiler chicks *Proc Degussa Technical Symp & California Nutr Conf*, Fresno, May 12/13, 1994b:21-24
- BALLAN GC, MARCH BE** Adipose size and number in mature broiler-type female chickens subject to dietary restriction during the growing period *Poult Sci* 1979;58:940-948
- BARANYIOVÁ E** Influence of deutectomy, food intake and fasting on the digestive tract dimensions in chickens after hatching *Act Vet Brno* 1972;41:373-384
- BARANYIOVÁ E, HOLMAN J** Morphological changes in the intestinal wall in fed and fasted chickens in the first week after hatching *Act Vet Brno* 1976;45:151-158
- BARBATO GF** Divergent selection for exponential rate at 14 or 42 days of age I Early responses *Poult Sci* 1992;72:687-697
- BARTOV I** Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age. *Br Poult Sci* 1987;28:507-518
- BARTOV I, BORNSTEIN S, LIPSTEIN B** Effect of calorie to protein ratio on the degree of fatness in broilers fed on practical diets. *Br Poult Sci* 1974;15:107-117
- BATTERHAM ES** Availability and utilization of amino acids for growing pigs *Nutr Res Rev* 1992;5:1-18
- BEANE WL, CHERRY JA, WEAVER WD** Intermittent light and restricted feedings of broiler chickens *Poult Sci* 1979;58:567-571
- BELL DJ, FREEMAN BM** Physiology and biochemistry of the domestic fowl Academic Press New York 1971
- BENSADOURI A, KOMPIANG IP** Role of lipoprotein lipase in plasma triglyceride removal *Fed Proc* 1979;38:2622-2626

- BEZARES SA, ÁVILA GE** Efecto de la adición de gallinaza a dietas de pollo en crecimiento
Téc Pec Méx 1974;11:27
- BOA-AMPONSEM K, O'SULLIVAN NP, GROSS WB, DUNNINGTON EA, SIEGEL PB**
Genotype, feeding regime, and diet interaction in meat chickens 3. General fitness
Poult Sci 1991;70:697-701
- BORNSTEIN S, LIPSTEIN B** The replacement of some of the soybean meal by the first
limiting amino acids in practical broiler diets 1. The value of special
supplementation of chicks diets with methionine and lysine Br Poult Sci 1975;
6:177-178
- BORRON DC, BRITTON WM** The significance of adipose tissue and liver as sites of lipid
biosynthesis in the turkey Poult Sci 1977;56:353-355
- BORRON DC, JENSEN LS, MCCARNEY MG, BRITTON WM** Comparison of lipoprotein
lipase activities in chickens and turkeys Poult Sci 1979;58:659-662
- BOUZIANE M, PROST J, BELLEVILLE J** Changes in fatty acid compositions of total serum
and lipoprotein particles, in growing rats given protein-deficient diet with either
hydrogenated coconut oils as fat sources Br Poult Sci 1994;71:375-387 (Medline)
- BRADLEY W, GOTTO AM** In: Disturbances in lipid and lipoprotein metabolism. (Distschy,
J M, Gotto, A M Jr & Ontko, J A, eds) The Williams and Wilkins Co,
Baltimore, MD 1978:11-137
- BRAH GS, SANDHU JS, CHAUDHARY ML** Analysis of growth curve and distribution
statistics for body weights of indigenous guinea fowl Indian J Poult Sci 1994;29
(2):115-121
- BRENES A, AKIBA Y, LIBURN MS, JENSEN LS** Efecto de la infusión continua de glucagón
sobre el contenido de grasa abdominal en pollos Archivos de zootecnia
1988;38(140):59
- BRENES A, TAKASHASHI K, JENSEN LS** Effect of early nutrition on abdominal fat in
broilers. Poult Sci 1983;62:1389
- BRITTON WM** Effect of dietary salt intake on water and feed consumption Georgia Nutr
Conf for Feed Ind 1992:48-53
- BROADBENT LA, WILSON BJ, FISHER C** The composition of the broiler chicken at 56 days
of age: output, components and chemical composition Br Poult Sci 1981;2:385-
390
- BRODY S** Bioenergetics and growth Reinhold Publ Corp, New York, N Y 1945
- BUNCHASAK CH, TAMAKA K, OHTANI S, COLLADO MC** Effect of met+cys
supplementation to a low-protein diet on the growth performance and fat
accumulation of broiler chicks at starter period. Anim Sci Tech (Jpn) 1996;67
(11):956-966.
- BURKE WH, MARKS HL** Growth hormone and prolactin levels in nonselected and selected
broiler lines of chickens from hatch to eight weeks of age Growth 1982;46:283-
295.
- BURTON K** A study of the conditions and mechanism of the diphenylamine reaction for the
colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid Biochem J 1956;62:315-323
- BUTTERWITH SC** Avian adipose tissue: growth and metabolism Ed Leclercq B Institute
for Grassland and Animal Production, Poultry Department, Roslin, Midlothian
EH25 9PS, UK, 1988

- BUTTERWITH SC** Contribution of lipoprotein lipase activity to the differential growth of three adipose tissue depots in young broiler chickens *Br Poult Sci* 1989;30:927-933
- BUTTERWITH SC, KESTIN S, GRIFFIN HD, FLINT DJ** Citotoxic antibodies to chicken adipocytes end their precursors: lack of tissue specificity *Br Poult Sci* 1989;30:371-378
- CABEL MC, GOODWIN TL, WALDROUP PW** Reduction in abdominal fat content of broiler chickens by the addition of feather meal to finisher diets. *Poult Sci* 1987;6:1644-1651
- CABEL MC, GOODWIN TL, WALDROUP PW** Feather meal as a non-specific nitrogen source for reducing abdominal fat in broilers during the finisher period. *Poult Sci* 1988;67:300-306
- CAHANER A, NITZAN Z, NIR I** Weight and fat content of adipose and non adipose tissues in broilers selected for against abdominal adipose tissue *Poult Sci* 1986;64:700-704
- CAREW LBJR, MACHEMMER RHJR, SHAR RW, FOSS DC** Fat absorption in the very young chick *Poult Sci* 1972;51:738-742
- CARLSON LA, LILJEDAHN SD, VERDY M, WIRSEN C** Unresponsiveness of the lipid mobilization action of chatecholamines *in vivo* and *in vitro* in the domestic fowl *Metabolism* 1964;13:227-231
- CARTWRIGHT AL** Effects of hyperalimentation and lipectomy on abdominal adipose cellularity and feed intake in growing broilers *Poult Sci* 1986;65(Suppl 1):21 (Abstr)
- CARTWRIGHT AL** Adipocyte hypertrophy and voluntary feed intake in growing broilers *Poult Sci* 1987;65(Suppl 1):77 (Abstr)
- CARTWRIGHT AL** Adipose cellularity in *Gallus domesticus*: Investigations to control body composition in growing chickens *J Nutr* 1991;121:1486-1497
- CARTWRIGHT AL, MARKS HL, CAMPION DR** Adipose tissue cellularity and growth characteristics of unselected and selected broiler: Implications for the development of body fat. *Poult Sci* 1986a;65:1021-1027.
- CARTWRIGHT AL, MARKS HL, CAMPION DR** Adipose cellularity in nonselected and selected broiler stocks: Measurements at equal weights and ages *Poult Sci* 1988;67:1338-1344.
- CARTWRIGHT AL, MCMURTRY JP, PLAVNIK I** Effect of early feed restriction on adipose cellularity of broilers *Poult Sci* 1986b;65(Suppl 1):21 (Abstr)
- CASTEEL ET, WILSON JL, BUHR RJ, SANDER JE** The influence of extended posthatch holding time and placement density on broiler performance *Poult Sci* 1994;73:1679-1684
- CHAMBERS JR, GAVORA JS, FORTIN A** Genetic changes in meat-type chickens in the last twenty years *Can J Anim Sci* 1981;61:555-563
- CHAMBLEE TN, BRAKE JD, SCHULTZ CD, THAXTON JP** Yolk sac absorption and initiation of growth in broilers *Poult Sci* 1992;71:1811-1816
- CHERRY JA, SWARTWORTH WJ, SIEGEL PB** Adipose cellularity studies in commercial broiler chicks *Poult Sci* 1984;63:97-108
- COGBURN LA** Endocrine manipulation of body composition in broiler chickens *Crit Rev Poult Biol* 1991;3:283-305

- COGBURN LA, LIOV SS, ROND AL, MCMURTRY JP** Growth, metabolic and endocrine responses of broiler cockerels given a daily subcutaneous injection of natural or biosynthetic chicken growth hormone. *J Nutr* 1989;119:1213-1222
- COLNAGO LG, JENSEN SL** Research note: putrescine effects on performance of male broiler chicks fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. *Poult Sci* 1992;71:211-214
- COLNAGO LG, PENZ MAJR, JENSEN SL** Effect of response of starting broiler chicks to incremental reduction in intact protein on performance during the grower phase. *Poult Sci* 1991;70(Suppl 1):153 (Abstr)
- COOK KS, GROVES DL, MIN HY, SPIEGELMAN BM** A developmentally regulated RNAm from 3T3 adipocytes encodes a novel serine protease homologue. *Proc Natl Acad Sci USA* 1985;82:6480-6484
- COOK KS, MIN HY, JOHNSON D, CHAPLINSKY RJ, FLIER JS, HUNT CR, SPIEGELMAN BM** Adipsin: a circulating serine protease homologue secreted by adipose tissue and sciatic nerve. *Science* 1987;237:402-405
- CUCA GM, ÁVILA GE PRÓ MA** Alimentación de las aves. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo de México, México, 1994
- DAGHIR JN** Effect of lysine and methionine supplementation of low protein roaster diets fed after six weeks of age. *Poult Sci* 1983;68:1572-1575
- DAUTLICK J, SIRITTMATIER CF** Developmental and hormone-induced changes in chicken intestinal disaccharidases. *Biochem Biophys* 1970;222:444-454
- DAVENPORT HW** Physiology of the digestive tract. Year Book Medical Publisher Incorporated, 4th ed, Chicago 1977
- DEATON JW, MCNAUGHTON JL, LOTT BD** The effect of dietary energy level and broiler body weight on abdominal fat. *Poult Sci* 1983;62:2394-2397
- DEATON JW, MCNAUGHTON JL, REECE FN, LOTT BD** Abdominal fat of broiler as influenced by dietary level of animal fat. *Poult Sci* 1981;60:1250-1253
- DECUYPERE E, BUYSE J** Thyroid hormones, corticosterone, growth hormone and somatomedins in avian species: general effects and possible implications in fattening. In: B Leclercq & C C Whitehead (eds) *Leanness in Domestic Birds: Genetic, Metabolic and Hormonal Aspects* (London, Butterworth) 1988:295-312
- DECUYPERE E, TONA K, BRUGGEMAN V, BAMELIS F** The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poult Sci J* 2001;57:127-138
- DEGUSSA** Feed back special. Feed additives. *Aves*, 1996;junio
- DENISE RSK, BRINKS JS** Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *J Anim Sci* 1985;61(6):1431-1440
- DESCHEPPER K, DE GROOTE D** Effect of dietary protein, essential and non-essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chicks. *Br Poult Sci* 1995;36:229-245
- DIBNER JJ** Feeding hatchling poultry: avoid any delay. *Feed International* 1999:30-34
- DIBNER JJ, KITCHELL ML, ATWELL CA, IVEY FJ** The effect of dietary ingredients and age on the microscopic structure of the gastrointestinal tract in poultry¹. *J Appl Poult Res* 1996;5:70-77

- DIBNER JJ, KNIGHT CD, KITCHELL ML, AIWELL CA, DOWNS AC, IVEY FJ** Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry J Appl Poult Res 1998;7:425-435
- DONALDSON WE** Lipogenesis and body fat in chicks: effects of calorie-protein ratio and dietary fat Poult Sci 1985;64:1199-1204
- DUNNINGTON EA, SIEGEL PB** Resource utilization Proceedings Summit II: Breed x Nutrition Interaction-Feeding the bird of Tomorrow, Today, 1996:148-151
- EDMONDS MS, BAKER DH** Comparative effects of individual amino acid excess when added to a corn-soybean meal diet: effects on growth and dietary choice in the chicks J Anim Sci 1987;65:699-705
- EDWIN T** Response of broilers strains differing in body fat to inadequate methionine: live performance and processing yields Poult Sci 1994;73:1116-1126
- EMMERT JL, BAKER DH** Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets J Appl Poult Res 1997;6:462-470
- EVANS AJ** *In vitro* lipogenesis in the liver and adipose tissues of the female Aylesbury duck at different ages Br Poult Sci 1972;13:595-602
- FANCHER IB, JENSEN LS** Effects of early nutrition alterations upon market age broiler performance Poult Sci 1986;65(Suppl 1):167
- FANCHER IB, JENSEN SL** Influence on performance of three to six-week-old broilers of varying dietary protein contents with supplementation of essential amino acid requirements Poult Sci 1989a;68:113-123
- FANCHER IB, JENSEN SL** Dietary protein level and essential amino acid content: influence upon female broiler performance during the grower period Poult Sci 1989b;68:897-908
- FANCHER IB, JENSEN SL** Male broiler performance during the starting and growing periods as affected by dietary protein, essential amino acids, and potassium levels Poult Sci 1989c;68:1385-1395
- FARREL DJ, RAHARJO Y** Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 1982:26
- FERNANDEZ SR, PARSONS CM** Bioavailability of the digestible lysine and valine in cottonseed and soybean meals for chicks Poult Sci 1996;75:216-223
- FERNANDEZ SR, ZHANG Y, PARSONS CM** Dietary formulation with cottonseed meal on total amino acid versus a digestible amino acid basis Poult Sci 1995;74:1168-1179
- FISHER C** Fat deposition in broilers, In: Wiseman J (Ed). Fats in animal nutrition (London Butterworths Press) 1984:437-470
- FISHER C** The N-economy of poultry: prospects for reducing waste by nutritional means 2nd Belgian Days on pigs and poultry, Brugge, Feb 1993:17-19
- FIIZHUGH HA** Analysis of growth curves and strategies for altering their shape J Anim Sci 1976;42 (4):1036-1051
- FLEICHER RL** The quadric law of damped exponential growth. Biometrics 1974;30:111
- FLORES CE, ÁVILA GE** Efecto de la suplementación de aminoácidos sintéticos en dietas de sorgo pasta de soya bajas en proteína para pollos en crecimiento Téc Pec Méx 1982;8(Supl):41
- FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY GH** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues J Biol Chem 1957;226:497-509

- FORBES JM, SHARIATMADARI F** Diet selection for protein by poultry *World's Poult Sci* 1994;50:7-24
- FRANCINE MG, CYNTHIA MS, HEI SS** Understanding adipocyte differentiation *Physiol Rev* 1998;78:783-809
- FRAPS GS** Relation of protein, fat and energy of the relation to the composition of chickens *Poult Sci* 1943;22:421-424
- FREEMAN CP** The digestion, absorption and transport of fats-non-ruminants. Pages 105-122 In: *Fat in animal nutrition* J Wiseman, ed Butterworths, London, UK 1984
- GARCÍA E** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen Instituto de Geografía; U N A M ; México, D F 1993
- GEORGE JC, BERGER AJ** The energy problem in bird migration In: *Avian Myology* (George, J C and Berger A J, eds) Academy Press, New York, NY 1966:199-223
- GILES KW, MYERS A** An improved diphenylamine method for the estimation of deoxyribonucleic acid. *Nature* 1965;206:5:93
- GOODRIDGE AG** Conversion of [U-¹⁴C]-glucose into carbon dioxide, glycogen, cholesterol and fatty acids in liver slices from embryonic and growing chicks *Biochem J* 1968a;108:655-661
- GOODRIDGE AG** The effect of starvation and starvation followed by feeding on enzyme activity and the metabolism of [U-¹⁴C]-glucose in liver from growing chicks *Biochem J* 1968b;108:667-673
- GOODRIDGE AG** Regulation of fatty acid synthesis in isolated hepatocytes prepared from the livers of neonatal chicks *J Biol Chem* 1973;248:1924-1934
- GOODRIDGE AG, BALL EG** Lipogenesis in the pigeon: *in vivo* studies. *Am J Physiol* 1967a;213(1):245-249
- GOODRIDGE AG, BALL EG** The effect of prolactin on lipogenesis in the pigeon. *In vitro* studies *Biochemistry* 1967b;6:2335-2343
- GOODWIN TL** Excessively fat broilers *Poult Digest* (august) 1980;380-382
- GORDON CB, MARCH BE** Adipocyte size and number in mature broiler-type female chickens subjected to dietary restriction during the growing period *Poult Sci* 1979;58:940-948
- GOUS RM** Making progress in the nutrition of broilers. *Poult Sci* 1997;76:7-12.
- GOUS RM** Making progress in the nutrition of broilers *Poult Sci* 1998;77:111-117
- GREENWOOD MRC, JOHNSON PR, HIRSCH J** Relationship of age and cellularity to metabolic activity in C57B mice *Proc Soc Exp Biol Med* 1970;133:944-947
- GRIFFIN HD, BUTTERWITH SC, GODDARD C** Contribution of lipoprotein lipase to differences in fatness between broiler and layer-strain chickens *Br Poult Sci* 1987;28:197-206
- GRIFFIN HD, CAMERON ND, BULFIELD G** Breeding and transgenesis as means of decreasing adiposity in farm animal species: practice and promise. *Proc Nutr Soc* 1992a;51:441-446
- GRIFFIN HD, GRANT G, PERRY M** Hydrolysis of plasma triacylglycerol-rich lipoproteins from immature and laying hens by lipoprotein lipase *in vitro* *Biochem J* 1982;206:647-654.

- GRIFFIN HD, GUO K, WINDSOR D, BUTTERWITH CS** Adipose tissue lipogenesis and fat deposition in leaner broiler chickens J Nutr 1992b;122:363-368.
- GRIFFIN HD, WINDSOR D, GODDARD C** Why are young broiler chickens fatter than layer-strain chicks? Comp Biochem Physiol 1991;100(1):205-210.
- GRIFFITHS L, LEESON S, SUMMERS JD** Fat deposition in broiler: effect of dietary energy to protein balance, and early life caloric restriction on productive performance and abdominal fat pad size Poult Sci 1977a;56:638-646
- GRIFFITHS L, LEESON S, SUMMERS JD** Influence of energy system and level of various fat sources on performance and carcass composition of broilers Poult Sci 1977b;56:1018-1026
- GRIFFITHS L, LEESON S, SUMMERS JD** Studies on abdominal fat with four commercial strains of male broiler chicken Poult Sci 1978;57:1198-1203
- GROSENBAUGH LR** Generalization and reparameterization of same sigmoid and other non-linear function Biometrics 1965;september:708-714
- GROSSMAN M, BOHREM BB** Logistic growth curve in chickens: Heritability of parameters J Heredity 1985;76:459-462
- GRUNDY SM, BILHEIMER D, BLACKBURN H, BROWN WV, KWITEROVICH PO, MATISON F, WEIDMAN WH** Rationale of the diet-heart statement of the American heart association: report of nutrition committee Circulation 1982;65:839-854
- GURR MI** Role of fats in food and nutrition 2nd Ed Elsevier Science Publisher LTD., Barking, UK 1992
- HAMMOND J** Avances en fisiología zootécnica Editorial Acribia Zaragoza, España 1979
- HAN Y, BAKER DH** Effects of sex, heat stress, body weight and genetic strain on lysine requirement of broiler chicks Poult Sci 1993;72:701-708
- HAN Y, BAKER DH** Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks post hatching Poult Sci 1994;73:1739-1745
- HAN Y, SUZUKI H, PARSON CM, BAKER DH** Amino acid fortification of a low protein corn-soybean meal diet for maximal weight gain and feed efficiency of the chick Poult Sci 1992;71:1168-1178
- HANCOCK CE, BRADFORD GD, EMMANS GC, GOUS RM** The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens Br Poult Sci 1995;36:247-264
- HARDEN RL, OSCAR TP** Thyroid hormone and growth hormone regulation of broiler adipocyte lipolysis Poult Sci 1993;72:669-676
- HARGIS PH, CREGER CR** Effects of varying dietary protein and energy levels on growth rate and body fat of broilers Poult Sci 1980;59:1499-1504
- HARVEY S, SCANES CG, HOWE T** Growth hormone effects on *in vitro* metabolism of avian adipose and liver tissue Gen Comp Endocrinol 1977;33:322-328
- HASEGAWA S, KAWARAMI T, HONDA K, HIKAMI Y** Effect of fasting on adipose tissue weight in chicks, with reference to changes in chemical composition and lipase activity Anim Sci Tech (Jpn) 1994a;65(2):89-98
- HASEGAWA S, KAWARAMI T, HONDA K, HIKAMI Y** Effect of fasting on the activities of lipogenic enzymes in chick adipose tissue Anim Sci Tech (Jpn) 1994b;65(7):656-660

- HEALD PJ, MCLACHLAN PM, ROOKLEDGE KA** The effects of insulin, glucagon and adrenocorticotrophic hormone on the plasma, glucose and free fatty acids of the domestic fowl *J Endocrin* 1965;33:83-95
- HERMIER D, QUIGNARD-BOULANGÉ A, DUGAIL I, GUY G, SALICHON MR, BRIGANT L, ARDOVIN B, LECLERCQ B** Evidence of enhanced storage capacity in adipose tissue of genetically fat chickens *J Nutr* 1989;119:1369-1375
- HIRSCH J, GALLIAN E** Methods for the determination of adipose cell size in man and animals *J Lipid Res* 1968;9:110-119
- HIRSCH J, HAN PW** Cellularity of rat adipose tissue; effects of growth, starvation, and obesity *J Lipid Res* 1969;10:77-82
- HIRSCH J, KNITTLE JL** Cellularity of obese and non-obese human adipose tissue *Federation Proc* 1970;29:1516-1521
- HOLDSWORTH CD, WILSON TH** Development of active sugar and amino acid transport in the yolk sac and intestine of the chicken *Am J Physiol* 1967;212:233-240
- HOOD RL** The cellular basis for growth of the abdominal fat pad in broiler-type chickens *Poult Sci* 1982;61:117-121
- HOOD RL** Cellular and biochemical aspects of fat deposition in the broiler chicken *World's Poult Sci* 1984;40:160-169
- HOOD RL, ALLEN CE** Cellularity of bovine adipose tissue *J Lipid Res* 1973; 14:605-610
- HOOD RL, ALLEN CE** Cellularity of porcine adipose tissue: effects of growth and adiposity *J Lipid Res* 1977;18:275-284
- HOOD RL, PYM RAE** Correlated responses for lipogenesis and adipose tissue cellularity in chickens selected for body weight gain, food consumption, and food conversion efficiency *Poult Sci* 1982;62:122-127
- HRDINKA C, SKRIVAN M, TUMOVA E** The effect of sex, genotype and methionine level in the feed mixture on fat deposition in broiler fowls *Zivocisna-Vyroba* 1995;40:489-495
- HRDINKA C, ZOLLITSCH W, KNAUS W, LETTNER F** Effects of dietary fatty acid pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses *Poult Sci* 1996;75:208-215
- HRUBY M, HAMRE ML, COON CN** Non-linear and linear functions in body protein growth *J Appl Poult Res* 1996;5:109-115
- HUBBARD NE, ERICKSON KL** Enhancement of metastasis from a transplantable mouse mammary tumor by dietary linoleic acid. *Cancer Res* 1987;47:6171-6175
- HUDSON DA, LEVIN RJ** The ontogeny of electrical activity associated with absorption of solutes across the developing small intestine of the chicks (*Gallus domesticus*) *J Physiol* 1968;195:369-385
- HULAN HW, ACKMAN RG, RATNAYAKE WMN, PROUDFOOT FG** Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal *Poult Sci* 1989;68:153-162
- HUTCHINSON GI, THOMAS DE, TRUSWELL AS** Nutrient composition at Australian chicken *Food Tech Aust* 1987;39:196
- ISHIBASHI T** Amino acid requirement of poultry *Jpn Poult Sci* 1990;27:1-15 (in Japanese)
- IZQUIERDO AO, PARSONS MC, BAKER DH** Availability of lysine in L-Lysine-HCl *J Anim Sci* 1988;66:2590-2597

- JACKSON S, SUMMERS JD, LEESON S** Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization *Poult Sci* 1982a;61:2224-2231
- JACKSON S, SUMMERS JD, LEESON S** Effect of dietary protein and energy on broiler performance and production costs *Poult Sci* 1982b;61:2232-2240
- JEANSON SE, KELLOG TF** Ontogeny of taurocholate accumulation in the terminal ileal mucosal cells of young chicks *Poult Sci* 1992;71:367-372
- JENSEN LS, WYATT CL, FANCHER BI** Sulfur amino acid requirements of broiler chicks from 3 to 6 weeks of age *Poult Sci* 1989;68:163-168
- JEREZ SM, HERRERA HJ, PRO MA, CUCA GM** Evaluación genético-nutricional del crecimiento en pollo de engorda. *Agrociencia serie Ciencia Animal* 1991;1(1):55-68.
- JOHNSON RJ** Diminution of pulsatile growth hormone secretion in the domestic fowl (*Gallus domesticus*): evidence of sexual dimorphism *J Endocrin* 1988;119:101-109
- JONES GPD, FARREL DJ** Reducing body fat in broiler chickens and some physiological consequences *S Afr J Anim Sci* 1989;19(4):179-183
- JONES GPD, FARRELL DJ** Early-life food restriction of broiler chickens I Methods of application, amino acid supplementation and the age at which restrictions should commence *Br Poult Sci* 1992a;33:579-588.
- JONES GPD, FARRELL DJ** Early-life food restriction of broiler chickens II. Effects of food restrictions on the development of fat tissue *Br Poult Sci* 1992b;33:589-601
- JONES RL, WISEMAN J** Effect of nutrition on broiler carcass composition: Influence of dietary energy content in the starter and finisher phases *Poult Sci* 1983;26:381-388
- KAREN-ZVI S, NIR I, ZAFRIRA N, CAHANER A** Effect of dietary concentrations of fat and energy on fat deposition in broiler divergently selected for high or low abdominal adipose tissue *Br Poult Sci* 1990;31:507-516
- KAREN-ZVI S, ZAFRIRA N, NIR I, CAHANER A, ZIPORA Z** Effect of different dietary levels of protein on fat deposition in broilers divergently selected for high or low abdominal adipose tissue. *Br Poult Sci* 1992;33:517-524
- KATONGOLE JB, MARCH BE** Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poult Sci* 1980;59:819-827
- KIDD MT, KERR BJ, ALLARD JP, RAO SK, HALLEY JT** Limiting amino acid responses in commercial broilers *J Appl Poult Res* 2000;9:223-233
- KIDD MT, KERR BJ, ANTHONY NB** Dietary interactions between lysine and threonine in broilers *Poult Sci* 1997;76:608-614.
- KIDD MT, KERR BJ, HALPIN KM, MCWARD GW, QUARLES CL** Lysine levels in starter and grower-finisher diets affect broiler performance and carcass traits *J Appl Poult Res* 1998;7:351-358
- KILLEFER J, HU CY** Production of a novel monoclonal antibody to porcine adipocyte plasma membrane *Proc Soc Exp Biol Med* 1990;194:172-176
- KIMMEL JR, POLLOCK HG, HAZELWOOD RL** Isolation and characterization of chicken insulin. *Endocrinology* 1968;83:1323-1330

- KITABGI P, ROSSELIN G, BATAILLE D** Interactions of glucagons and related peptides with chicken adipose tissue *Horm Metab Res* 1976;8:266-270
- KNÍZETOVÁ JH, HYÁNEK J, HYÁNKOVÁ L, BELÍČEK P** Comparative study of growth curves in poultry *Genet Sel Evol* 1995;27:365-375
- KNÍZETOVÁ JH, HYÁNEK B, KNÍŽE B, ROUBÍČEK J** Analysis of growth curves of fowl I. Chickens. *Br Poult Sci* 1991;32:1027-1038
- KROGDAHL A** Digestion and absorption of lipids in poultry. *J Nutr* 1985;115:675-685
- KRUG E** Antilipolytic nature of gut, GLI, and mode of action of two highly potent intestinal lipolytic species in birds. *Horm Metab Res* 1978;10:505-509
- KRUG E, GROSS R, MIALHE P** The contribution of the pancreas and the intestine to the regulation of lipolysis in birds -2- impaired lipolytic activity of pancreatic glucagon in the absence of either the pancreas or the intestine in the chicken. *Horm Metab Res* 1976;8:345-350
- KÜHN ER, DECUYPERE E, COHEN LM, MICHELS H** Posthatch growth and development of a circadian rhythm for thyroid hormones in chicks incubated at different temperatures. *Poult Sci* 1982;61:540-549
- LANGSLOW DR** The development of lipolytic sensitivity in the isolated fat cells of *Gallus domesticus* during the foetal and neonatal period. *Comp Biochem Physiol* 1972;43:689-701
- LANGSLOW DR, HALES CN** Lipolysis in chicken adipose tissue *in vitro*. *J Endocr* 1969;43:285-294
- LANGSLOW DR, HALES CN** The role of endocrine pancreas and catecholamines in the control of carbohydrate and lipid metabolism. In: The physiology and biochemistry of the domestic fowl. Bell and Freeman, ed. Academic Press, London, 1971
- LECLERCQ B** The influence of dietary protein content on the performance of genetically lean or fat growing chickens. *Br Poult Sci* 1983;24:581-587
- LECLERCQ B** Adipose tissue metabolism and its control in birds. *Poult Sci* 1984;63:2044-2054
- LECLERCQ B** Genetic selection of meat-type chickens for high or low fat content. In: B Leclercq & C C Whitehead (eds) Leanness in Domestic Birds: Genetic, Metabolic and Hormonal Aspects (London, Butterworth) 1988:295-312
- LECLERCQ B** Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. *Poult Sci* 1997;76:13-18
- LECLERCQ B, BLUM JC, BOYER JP** Selecting broilers for low or high abdominal fat: initial observations. *Br Poult Sci* 1980;21:107-113
- LEENSTRA FR** Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chicks. —A review. *World's Poult Sci J* 1986;42:12-25
- LEENSTRA FR, DECUYPERE E, BEUVING G, BUYSE J, BERGHMAN L, HERREMANS M** Concentrations of hormones, glucose, triglycerides and free fatty acids in the plasma of broiler chickens selected for weight gain or food conversion. *Br Poult Sci* 1991;32:619-632
- LEESON SJ, CASTON LJ, SUMMERS JD** Broiler response to diet energy. *Poult Sci* 1996;75:529-535
- LEESON SJ, SUMMERS JD** Production and carcass characteristics of the broiler chicken. *Poult Sci* 1980;59:786-798

- LEESON SJ, SUMMERS JD, CASTON LJ** Diet dilution and compensatory growth in broilers
Poult Sci 1991;70:867-873.
- LEVEILLE GA, ROMSOS DR, YEH YY, O'HEA EK** Lipid biosynthesis in the chick A
consideration of site of synthesis, influence of diet and possible regulatory
mechanism. Poult Sci 1975;54:1075-1093
- LEVEILLE GA, SAUBERLICH HE** Influence of dietary protein level on serum protein
components and cholesterol in the growing chick J Nutr 1961;74:500
- LEVEILLE GA, SHAPIRO R, FISHER H** Amino acids requirements for maintenance in the
adult rooster, IV The requirement for methionine, cystine, phenylalanine, tyrosine
and tryptophan; the adequacy of the determined requirements J Nutr 1960;72:8-15
- LILBURN MS** Practical aspects of early nutrition for poultry J Appl Poult Res 1998;7:420-
424
- LILJA C** A comparative study posthatch growth and organ development in some species
birds. Growth 1983;43:317-339
- LIPSTEIN B, BORNSTEIN S** The replacement of some of the soybean meal by the first
limiting amino acids in practical broiler diets. Br Poult Sci 1975;16:189-200
- LÓPEZ, CC** Susceptibilidad al síndrome ascítico de diferentes estirpes genéticas de pollos
de engorda (tesis de doctorado) Distrito Federal, México:UNAM, 1997
- LYN CY, FRIAS CW, MORAN ET** Genetic and environmental aspects of obesity in broilers
World's Poult Sci J 1980;36:103-111.
- MACLEOD MG** Effects of amino acid balance and energy:protein ratio on energy and
nitrogen metabolism in male broiler chickens. Br Poult Sci 1997;38:405-411
- MALONE GW, CHALOUKKA GW, WALPOLE EW, LITTLEFIELD LH** The effect of dietary
energy and light treatment on broiler performance. Poult Sci 1980;59:576-581.
- MARCAHIM U, KULKA RG** The non-parallel increase of amylase, chymotrypsinogen and
procarboxypeptidase in the developing chick pancreas Biochem Biophys
1967;146:553-559
- MARCH BC, CHU S, MCMILLAN C** The effects of feed intake on adipocytes in the
abdominal fat pad of mature broiler-type female chickens. Poult Sci 1982;61:1137-
1146
- MARCH BC, HANSEN G** Lipid accumulation and cell multiplication in adipose bodies in
White Leghorn and broiler-type chicks Poult Sci 1977;56:886-894
- MARISCAL G, ÁVILA E, TEJADA I, CUARÓN J, VÁSQUEZ C** Contenido de proteína y
aminoácidos totales y digestibles para pollos. PAIEPEME 1995
- MATTISON FH, GRUNDY SM** Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated
and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man J Lipid
Res 1985;26:194-202.
- MAURICE DV** Partial lipectomy in the domestic fowl Feed Proc 1982;41:402 (Abstr)
- MAURICE DV, JONES JE, HALE KK, RERER NJ, WHISENHUNT JE** The effect of early
nutrition of broiler chicks on abdominal fat accumulation and lipoprotein lipase
activity. Poult Sci 1982c;61:1508 summaries
- MAURICE DV, WHISENHUNT JE** Lack of compensatory responses in broilers following
reduction of the peritoneal fat depot by lipectomy. Poult Sci 1982;61:1387 (Abstr)

- MAURICE DV, WHISENHUNT JE, JONES JE, SMOAK KD** Effect of lipectomy on control of feed intake and homeostasis of adipose tissue in chickens *Poult Sci* 1983;62:1466 (Abstr.)
- MAURICE DV, WINSTEAD CS** Adipose tissue homeostasis in broiler after reduction in body fat by partial lipectomy *Poult Sci* 1984;63(Suppl 1):146-147 (Abstr.)
- MAYNARD AL, LOOSLI JK, HINTZ HF, WARNER RG** *Nutrición animal* Séptima edición Mc Graw-Hill México 1981
- MCCUSKER RH, CAMPION DR, CARTWRIGHT AL** Effect of growth hormone-secreting tumors on adipose tissue cellularity in young and mature rats *Growth* 1986;50:120-137
- MCDONALD P, EDWARDS RA, GREONHALGH JFD** *Animal nutrition* 3^a ed Longman Inc New York USA 1985
- MCMURTRY JP, PLAVNIK I, ROSEBROUGH RW, STEELE NC, PROUDMAN JA** Effect of early feed restriction in male broiler chicks on plasma metabolic hormones during feed restriction and accelerated growth *Comp Biochem Physiol* 1988a;91:67-70
- MCMURTRY JP, ROSEBROUGH RW, PLAVNIK I, CARTWRIGHT AL** Influence of early plane of nutrition on enzyme systems and subsequent tissue deposition In: *Biomechanics regulating growth and development* G L Steffens and I S Reumsey, ed Beltsville Symposium on Agricultural Research Klumer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands 1988b;12:329-341
- MEIER AH, BURNS JT, DUSSEAU JW** Seasonal variations in the diurnal rhythm of pituitary prolactin content in the White-Throated Sparrow, *Zonotrichia albicollis* *General and Comparative Endocrinology* 1969;12:282-289
- MELO J, MALLO G, VILLAR E, MIQUEL C, DJIAN G, CAPPELLETI C** Correlaciones fenotípicas en pollos parrilleros entre grasa abdominal y diferentes lípidos plasmáticos *Rev de Med Vet* 1994;77(6):401-403
- MENDOCA CX, JENSEN LS** Influence of protein concentration on the sulfur-containing amino acid requirement of broiler chickens *Br Poult Sci* 1989;30:889-898
- MERKLEY JW, CARTWRIGHT AL** Adipose tissue deposition and cellularity in climaterol-treated female broilers *Poult Sci* 1989;68:762-770
- MICHAEL E, HODGES RD** Histochemical changes in the fowl small intestine associated with enhanced absorption after feed restriction *Histochemie* 1973;36:39-49
- MORALES BJE** Evaluación de aminoácidos digestibles y el comportamiento productivo de pollos de engorda y gallinas de postura con dietas en base a aminoácidos totales y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal (tesis de doctorado) Colima, México: Univ Colima, 1999
- MORAN ETJR** Protein needs of the male and female broiler chicken In: *Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, University of Maryland, Collage Park, Md* 1973:19-24
- MORAN ETJR** Carcass quality changes with the broiler chicken after dietary protein restriction during the growing phase and finishing period compensatory growth *Poult Sci* 1979;58:1257-1270
- MORAN ETJR** Effects of posthatch glucose on poults fed and fasted during yolk sac depletion *Poult Sci* 1989;62:1141-1147

- MORAN ETJR**. Effects of egg weight, glucose administration at hatch, and delayed access to feed and water on the poults at 2 weeks of age. *Poult Sci* 1990;69:1718-1723.
- MORAN ETJR**. Response of broiler strains differing in body fat to inadequate methionine: live performance and processing yields. *Poult Sci* 1994;73:1116-1126
- MORAN ETJR, BUSHONG DR, BILGILI FS**. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirement by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. *Poult Sci* 1992;71:1687-1694
- MORAN ETJR, CHEN XJR, BLAKE PJ**. Comparison of broiler strain crosses developed in the US and UK using corn and wheat based feeds: live performance and processing of males for nine piece cuts. *J Appl Poult Sci* 1993;2:26
- MORGAN JT, LEWIS D**. *Nutrición de cerdos y aves 1ª Edición*. Editorial Acribia Zaragoza España 1965
- MUNRO HN, FLECK A**. The determination of nucleic acids. *Meth Biochem Anal* 1966;14:133-142
- MURAKAMI H, AKIBA Y, HORIGUCHI M**. Nutritional aspects in early growth post-hatch of broiler chicks. *Proc 8th WPSA, Nagoya, Japan, 1988*:861-863
- MURAMOTO T, FUJIMURA S, KADOWATI M, ISHIBASHI T**. Effects of excess dietary lysine and total sulfur amino acid on carcass yield of native chicken, Hinai-jidori (Rhode Island Red x Hinai-dori). *Anim Sci Tech (Jpn)* 1997;68(10):952-955
- NEAL MJ, HARRIS RBS, MARTIN RJ**. *In vitro* adrenergic regulation of avian hepatic lipogenesis. *Fed Proc* 1987;46:1476 (Abstr)
- NELSON TS, YOUNG RJ, BRADFIELD RB, ANDERSON JB, NORRIS LC, HILL FW, SCOTT ML**. Studies on the sulfur amino acid requirement of the chick. *Poult Sci* 1960;39:308
- NEWCOMBE M, CARTWRIGHT AL, HARTER-DENNIS JM**. The effect of increasing photoperiod and food restriction in sexed broiler-type birds. I. Growth and abdominal fat cellularity. *Br Poult Sci* 1992;33:415-425.
- NEWHEY H, SANFORD PA, SMITH DH**. Effects of fasting on intestinal transfer of sugar and amino acids in vitro. *J Physiol* 1970;208:705-724
- NILSSON-EHLE P, GARFINKEL AS, SCHOTZ MC**. Lipolytic enzymes and plasma lipoprotein metabolism. *Ann Rev Biochem* 1980;49:669-693
- NIR I, HARVEY S, CHERRY JA, DUNNINGTON EA, KLANDORF H, SIEGEL PB**. Growth-associated traits in parenteral and F₁ populations of chickens under different feeding programs. 4. Growth and thyroid hormones. *Poult Sci* 1987;66:32-37
- NIR I, NITZAN Z, BEN-AVRAHAM**. Development of the intestine, digestive enzymes and internal organs of the newly hatched chick. *Proc 8th WPSA, Nagoya, Japan, 1988*
- NIR I, NITZAN Z, MAHAGNA M**. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *Br Poult Sci* 1993;34:523-532
- NIISAN Z, BEN-AVRAHAM G, ZOREF Z, NIR I**. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Br Poult Sci* 1991;32:515-523

- NITSAN Z, DUNNINGTON EA, SIEGEL PB** Organ growth and digestive enzymes levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight *Poult Sci* 1993;70:2040-2048
- NOY Y, SKLAN D** Digestion and absorption in the young chick. *Poult Sci* 1995;74(2):366-373
- NOY Y, SKLAN D** Posthatch development in poultry *J Appl Poult Res* 1997;6:344-354
- NOY Y, SKLAN D** Metabolic responses to early nutrition¹ *J Appl Poult Res* 1998;7:437-451
- NOY Y, SKLAN D** Energy utilization in newly hatched chicks *Poult Sci* 1999;78:1750-1756
- NRC.** National Research Council Nutrient requirements of poultry 8th rev ed National Academy of Sciences, Washington, DC 1984
- NRC.** National Research Council Nutrient requirements of poultry 9th rev ed National Academy of Sciences, Washington, DC 1994
- O'HEA EK, LEVEILLE GA** Lipogenesis in isolated adipose tissue of the domestic chick (*Gallus domesticus*) *Comp Biochem Physiol* 1968;26:111-120
- O'HEA EK, LEVEILLE GA** Significance of adipose tissue and liver as sites of fatty acid synthesis in the pig and the efficiency of utilization of various substrates for lipogenesis *J Nutr* 1969;99:338-344
- OHTA Y, ISHIBASHI T** Dietary levels and ratio of methionine and cystine for maximum performance of broilers *Jpn Poult Sci* 1994;31:369-380
- OJEDA OMA, ÁVILA GE, CASARÍN A** Efectos de diferentes niveles de proteína en dietas para pollos de engorda *Téc Pec Méx* 1978;34:39-48
- OLOMU JM, BARACOS VE** Influence of dietary flaxseed oil on the performance, muscle protein deposition and fatty acid composition of broiler chicks *Poult Sci* 1991;70:1403-1411
- OLOMU JM, OFFIONG A** The effect of different protein and energy levels and time of change from starter to finisher ration on the performance of broiler chickens in the tropics *Poult Sci* 1980;59:828-835
- PANTON D, FUTTER C, KESTIN S, FLINT DJ** Increased growth and protein deposition in rats treated with antibodies to adipocytes. *Am J Physiol* 1990;258:E985-E989
- PARKS RJ** A theory of feeding and growth of animals Springer-Verlog, Berlin-Heidelberg Germany 1982
- PARR FJ, SUMMERS DJ** The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. *Poult Sci* 1991;70:1540-1549
- PARSONS CM** Digestibility of amino acids in feedstuffs for poultry. Proceedings of Maryland Nutrition Conference for Feed Manufactures, 1990:22-29
- PARSONS CM** Amino acid digestibility in feedstuffs for poultry: Feedstuff evaluation and requirements *Bio Tech Rev*, 1991;1:1-15
- PARSONS CM** Digestible amino acids for poultry and swine *Anim Feed Sci Tech* 1996;59:147-153
- PARSONS CM, BAKER DH** Simposium Internacional de Producción de No-rumiantes In: Análisis de la XXXI reunión Anual de la Sociedad Brasileña de Zootecnia, 1994:119
- PEDERSEN ME, SCHOTZ MC** Rapid changes in rat heart lipoprotein lipase activity after feeding carbohydrate. *J Nutr* 1980;11:481-487 (Medline).

- PENZ AMJR, COLNAGO GL, JENSEN LS** Threonine requirement of broiler chickens from 3 to 6 wk of age *Poult Sci* 1991;70(Suppl):93
- PENZ AMJR** Memorias Simposium de Avances Tecnológicos. NOVUS Int Lat , 1993:35
- PENZ AMJR, COLNAGO GL, JENSEN LS** Threonine supplementation of practical diets for 3- to 6-wk-old broilers *J Appl Poult Res* 1997;6:355-361
- PENZ AMJR, DE MELLO KA** South American reflections on standard requirements Universidade Federal do Rio grande do sul Departamento de Zootecnia Porto Alegre, RS, Brazil Po Box, 1998
- PENZ AMJR, LUIZ V** Nutrición de los pollos de engorda en la primera semana de edad *Departamento de Zootecnia*; Univ Fed Do Rio Grande Do Sul Porto Alegre, Rs, Brazil, 1996
- PENZ AMJR, VIEIRA SL** Conferencia presentada en el Simposio Internacional sobre manejo del pollo de engorda Conferencia APINCO 1998. Campinas, SP, Brasil, 12 y 13 mayo 1998
- PEÑALVA GG** Proteína ideal. Aplicación práctica en aves Décimo primer ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos FERMEX, septiembre 1999:48-58
- PESTI GM** Characterization of the response of male broiler chickens to diets of various protein and energy contents. *Br Poult Sci* 1984;25:415-423
- PESTI GM, FLETCHER DL** The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases *Br Poult Sci* 1984;25:415-423.
- PEAFF FE, AUSTIC RE** Influence of diet on development of the abdominal fat pad in the pullet *J Nutr* 1976;106:443-450
- PINCHASOV Y, JENSEN LS** Comparison of physical and chemical means of feed restriction in broiler chicks *Poult Sci* 1989;68:61-69
- PINCHASOV Y, MENDOCA XC, JENSEN SL** Broiler chick response to low protein diets supplemented with synthetic amino acids. *Poult Sci* 1990;69:1950-1955
- PINCHASOV Y, NIR I** Effect of dietary polyunsaturated fatty acid concentration on performance, fat deposition and carcass fatty acid composition in broiler chickens *Poult Sci* 1992;71:1504-1512
- PINCHASOV Y, NIR I, NITZAN Z** Muscle growth and composition in heavy and light breed chickens adapted to intermittent feeding *Br Poult Sci* 1989;61:245-256
- PINCHASOV Y, NOY Y** Comparison of post-hatch holding time and subsequent early performance of broiler chicks and turkey poults *Br Poult Sci* 1993;34:111-120
- PLAVNIK I, HURWITZ S** The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age *Poult Sci* 1985;64:348-355.
- PLAVNIK I, HURWITZ S** Early feed restriction in chicks: effect of age, duration, and sex. *Poult Sci* 1988a;67:384-390
- PLAVNIK I, HURWITZ S** Early feed restriction in male turkeys: growth pattern, feed efficiency, and body composition *Poult Sci* 1988b;67:1407-1413
- PLAVNIK I, HURWITZ S** Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied severity during early life *Br Poult Sci* 1991;32:343-352.
- PLAVNIK I, MCMURTRY JP, ROSEBROUGH RW** Effect of early feed restriction in broilers I Growth performance and carcass composition. *Growth* 1986;50:68-76.

- POKNIAK JA, AVARIA MS, CORNEJO SB** Productive performance and changes in carcass composition of broiler under an initial energy-protein restriction and subsequent refeeding *Nutr Rep Int* 1984;30:1377-1383
- POKNIAK JA, CORNEJO SB** Effect of energy and protein under nutrition on productive performance and carcass, liver, and digestive tract composition of broiler males. *Nutr Rep Int* 1982;26:319-327
- POND C, MATTACKS CA** Cellular structure of adipose tissue in birds *J Morphol* 1985;185:195-202
- PRATI RHJR, TERNER C** Development of amino acid transport by the small intestine of the chick embryo *Biochem Biophys* 1971;225:113-122
- PRESTON LH, MARION WW** Eviscerated yield, component parts and meat skin and bone ratios in the chicken broiler *Poult Sci* 1973;52:718-722
- RANGEL-LUGO M, SU CL, AUSTIC RE** Threonine requirement and threonine imbalance in broiler chickens *Poult Sci* 1994;73:670-681
- REN-YU T, WALTER AB** Growth patterns of body and abdominal fat weights in male broiler chickens *Poult Sci* 1981;60:1001-1106
- RENNER R, HILL FW** The utilization of corn oil, lard and tallow by chickens of various ages *Poult Sci* 1960;39:849-854
- RICARD FH, TOURAILLE C** Selection for leanness and quality In: Leclercq, B and Wittehead, C. C (Eds) *Leanness in Domestic Birds* London, Butterworths 1988:377-386.
- RICKLEFS ER** Modification of growth and development of muscles of poultry *Poult Sci* 1985;64:1563-1576.
- ROBBINS KR, ADEKUNMISI AA, SHIRLEY HV** The effect of light regime on growth and pattern of body fat accretion of broiler chickens *Growth* 1984;48:269-277
- ROBBINS SL, KUMAR V, COTRAN SR** Pathologic basis of disease 5th edition (Schoen, J F, eds) W. B Saunders Company Philadelphia, Pennsylvania. In "Chapter 2 Cellular growth and differentiation Cellular adaptations of growth and differentiation 1994:44-47
- ROENIGK PW** Symposium Muscle growth and development. Keynote Address: World poultry consumption *Poult Sci* 1999;78:722-728
- ROJAS RE, ÁVILA GE, TIRADO AJ** El valor nutritivo de la harina de canola en el comportamiento del pollo de engorda y gallinas de postura *Téc Pec Méx* 1985;49:135
- ROMSOS DR, LEVEILLE GA** Effect of diet on activity of enzymes involved in fatty acid and cholesterol synthesis *Adv Lipid Res* 1974;12:97-146
- ROSEBROUGH RW, MCMURTRY JP, CALVERI CC, STEELE NC** Energy repletion and lipid metabolism during compensatory gain in broiler chick *Poult Sci* 1988;67 (Suppl 1):146 (Abstr)
- ROSEBROUGH RW, STEELE NC** Energy and protein relationships in the broiler. 1. Effect of protein levels and feeding regimens on growth, body composition, and *in vitro* lipogenesis of broiler chicks *Poult Sci* 1985;64:119-126
- ROSEBROUGH RW, STEELE NC, MCMURTRY JP, PAVNIK I** Effect of early feed restriction in broiler II Lipid metabolism *Growth* 1986;50:217-227

- ROZENBOIM I, ROBINZON B, ARNON E, SNAPIR N** Effect of embryonic and neonatal administration of tamoxifen on adiposity in the broiler chicken. *Br Poult Sci* 1989;30:607-612
- ROZENBOIM I, ROBINZON B, RON B, ARNON E, SNAPIR N** The response of broiler adiposity to testosterone after embryonic exposure to androgen and tomoxifen. *Br Poult Sci* 1990;31:645-650
- SALEH EA, WATKINS SE, WALDROUP PW** Changing time of feeding starter, grower, and finisher diets for broilers. 2. Birds grown to 2.2 kg. *J Appl Poult Res* 1997a;6:64-73
- SALEH EA, WATKINS SE, WALDROUP PW** Changing time of feeding starter, grower, and finisher diets of broilers. 3. Birds grown to 3.3 kg. *J Appl Poult Res* 1997b;6:290-297
- SALMON RE, CLASSEN HL, MCMILLAN RK** Effect of starter and finisher protein on performance, carcass grade, and meat yield of broilers. *Poult Sci* 1983;62:837-845
- SAS INSTITUTE INC** SAS/STAT User's Guide (computer program) Version 6, Fourth Edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC 1989
- SATO K, TAKAHASHI I, TAKAHASHI Y, SHIONO H, KATOH N, AKIBA Y** Preparation of chylomicrons and VLDL with monoacid-rich triacylglycerol and characterization of kinetic parameters in lipoprotein lipase-mediated hydrolysis in chickens. *J Nutr* 1999;129:126-131
- SCAIFE JR, MOYO J, GALBRAITH M, MICHIE M, CAMPBELL V** Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *Br Poult Sci* 1994;35:107-118
- SCANES CG, HARVEY S, MARSH JA, KING DB** Hormones and growth in poultry. *Poult Sci* 1984;63:2062-2074
- SCANES CG, MARSH JA, DECUYPERE E, RUDAS P** Abnormalities in the plasma concentrations of thyroxine, triiodothyronine and growth hormone in sex-linked dwarf and autosomal dwarf White Leghorn domestic fowl. (*Gallus domesticus*). *J Endocrinol* 1983;97:127-135
- SCOTT ML, NESHEIM MC, YOUNG RJ** Nutrition of the chicken. 3rd ed. M. L. Scott & Associates, Ithaca, New York, 1982
- SELL JL** Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. *J Appl Poult Res* 1996;5:96-101
- SELL PJ, TENESACA LG, BALES GL** Influence of dietary fat on energy utilization by laying hens. *Poult Sci* 1979;58:900-905
- SERAFIN JA, NESHEIM MC** Influence of dietary heat-labile factors in soybean meal upon bile acid pool and turnover in the chick. *J Nutr* 1970;100:786-796
- SHAPIRA N, NIR I, BUDOWSKI P** Response of lipogenic enzymes to intensity and duration of overfeeding in the adult Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Br J Nutr* 1978;39:289-295
- SHAPIRA N, NIR I, BUDOWSKI P** Response of lipogenic enzymes and plasma lipids to starvation and refeeding in the adult Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Br J Nutr* 1979;42:437-443
- SHRAGO E, GLENNON JA, GORDON ES** Comparative aspects of lipogenesis in mammalian tissues. *Metabolism* 1971;20:54-62

- SIBBALD IR** The TME system of feed evaluation methodology, feed composition Data and bibliography Tech Bull, 4E Ottawa, Canada, 1986
- SIEGEL PB, DUNNINGTON EA** Selection for growth in chickens Critical Rev in Poult Biol 1987;1:1-24
- SIMON G** Histogénesis Chapter II of handbook of physiology~adipose tissue Department of Histology and Pathology, University of Geneva, Geneva, Switzerland, 1982.
- SIMON J, LECLERCQ B** Longitudinal study of adiposity in chickens selected for high or low abdominal fat content: further evidence of a glucose-insulin imbalance in the fat line. J Nutr 1982;112:1961-1973
- SHEHATA AT, LERNER DS, MILLER DS** Development of brush-border membrane hexose transport system in chicken jejunum Am J Physiol 1981;240:102-G108
- SOTO RL, ÁVILA GE, VÁSQUEZ PCG** Estudio retrospectivo de algunas características del pollo de engorda comercial en el valle de México Téc Pec Méx 1996;34(1):1-11
- STEEL RGD, TORRIE JH** **Bioestadística: Principios y procedimientos.** 2a Ed ; *Edit* McGraw-Hill/Interamericana, 1992
- STEWART PA, WASHBURN KW** Variation in growth hormone, triiodothyronine (T3) and lipogenic enzyme activity in broiler strains differing in growth and fatness Growth 1983;47:411-425
- STILBORN HL, WALDROUP PW** Minimum levels of dietary proteins for growing broilers Poult Sci 1988;67(Suppl.1):36 (Abstr)
- SUKHDEV S, SUKHVINDER K** Age-dependent changes in lipogenesis in broiler chicken Indian J of Anim Sci 1988;58(6):703-704.
- SUMMERS JD, LEESON SJ** Dietary selection of protein and energy by pullets and broilers Br Poult Sci 1978;19:425-430
- SUMMERS JD, LEESON SJ** Composition of poultry meal as affected by nutritional factors Poult Sci 1979;58:536-542
- SUMMERS JD, LEESON SJ** Broiler carcass composition as affected by amino acid supplementation Can J Anim Sci 1985;65:717-723.
- SUMMERS JD, LEESON SJ, SPRATT D** Yield and composition of edible meat from male broilers as influenced by dietary protein level and amino acid supplementation Can J Anim Sci 1988;68:241
- SUMMERS JD, SLINGER SJ, ASHTON GC** The effect of dietary energy and protein on carcass composition with a note on a method for estimating carcass composition Poult Sci 1965;44:501-509
- SUMMERS JD, SPRATT D, ATKINSON LJ** Restricted feeding and compensatory growth for broilers Poult Sci 1990;69:278-289
- SUMMERS JD, SPRATT D, ATKINSON LJ** Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy and protein level Poult Sci 1992;71:263
- SUNIGA RG, OSCAR TP** Triiodothyronine attenuates somatostatin inhibition of broiler adipocyte lipolysis Poult Sci 1994;73:564-570
- TAKAHASHI K, KONASHI S, AKIBA Y, HORIGUCHI M** The effects of dietary methionine and dispensable amino acid supplementation on abdominal fat deposition in males broilers Anim Sci Tech (Jpn) 1994;65(3):244-250

- TALPAZ H, HURWITZ S, DE LA TORRE JR, SHARPE PJH** Economic optimization of a growth trajectory for broilers *Amer J Agr Econ* 1988;70:382-390
- TANAKA K, OHIANI S, SHIGENO K** Effect of increasing dietary energy on hepatic lipogenesis in growing chicks 2 Increasing energy by fat or protein supplementation *Poult Sci* 1983;62:452-458
- TARVID I** Effect of early postnatal long-term fasting on the development of peptide hydrolysis in chicks *Comp Biochem Physiol* 1992;101:161-166
- THOMAS OP, ZUCKERMAN AI, TAMPLIN CB, FARRAN MT** Amino acid requirements for rearing sexed broilers *Proceedings of Poultry Nutrition and Disease Control Technical Symposium for the Poultry Industry South America* 1986:79-85
- TWINING PV, THOMAS OP, BOSSARD EH** Effect of diet and type of birds on the carcass composition of broilers at 28, 49 and 59 days of age. *Poult Sci* 1978;57:492-497
- UEMO K, KOIDE K, ISHIBASHI T** Factors affecting arginine requirement in broilers *Anim Sci Tech (Jpn)* 1994;65:9-15
- UNI Z** Impact of early nutrition on poultry *Review of presentations J Appl Poult Res* 1998;7:452-455
- VALENCIA ME, WATKINS SE, WALDROUP AL, WALDROUP PW, FLETCHER DL** Utilization of crude and refined palm and pal kernel oils in broiler diets *Poult Sci* 1993;72:2200-2215
- VEGA GL, GROSZEK E, WOLF R, GRUNDY SM** Influence of polyunsaturated fats on composition of plasma lipoproteins and apolipoproteins *L Lipid Res* 1982;23:811-822
- VELU JG, BAKER DH** Body composition and protein utilization of chicks fed graded levels of fat *Poult Sci* 1974;53:1831-1838
- VIEIRA SL** Physiological changes in the intestinal digestive-absorptive system of the posthatch bird *Auburn Univ , Alabama, EUA* 1996:19
- VIEIRA SL** Feeding the newly-hatched broiler chick *World Poult* 1999;15:17-18
- VIEIRA SL, KESSLER AM** Programas alimentares para frangos de corte criados con separación de sexos *Symposium Latinoamericano de Nutrición de Aves; 1993:21-39*
- WALDROUP PW, MITCHEL JR, PAYNE RJ, HAZEN RK** Performance of chicks fed diets formulated to minimize excesses levels of essential amino acids *Poult Sci* 1976a;55:243-253
- WALDROUP PW, MITCHEL RJ, PAYNE JR, JOHNSON ZB** Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content *Poult Sci* 1976b;55:130-145
- WALDROUP PW, WATKINS SE, SKINNER JT, ADAMS MII, WALDROUP AL** Effect of dietary amino acid level on response to time of change from starter to grower diets for broiler chickens *J Appl Poult Res* 1992;1:360-366
- WALKINS SE, WALDROUP AL, WALDROUP PW** Effect of dietary amino acid level on time of change from starter to grower diets for broiler chickens *J Appl Poult Res* 1993;2:117-122
- WEBEL DM, FERNÁNDEZ SR, PARSON CM, BAKER DH** Digestible threonine requirement of broiler chickens during the period three to six and six to eight weeks post hatching *Poult Sci* 1996;75:1253-1257

- WHITEHEAD CC** Essential fatty acids in poultry nutrition In: *Fats in animal nutrition* J Wiseman, ed Butterworths, London, UK 1984:153-166.
- WHITEHEAD CC, GRIFFIN HD** Plasma lipoprotein concentration as an indicator of fatness in broilers: effects of age and diet *Br Poult Sci* 1982;23:299-305
- WHITEHEAD CC, GRIFFIN HD** Development of divergent lines of lean fat broilers using plasma very low density lipoprotein concentration as selection criterion: the first three generations. *Br Poult Sci* 1984;25:573-582.
- WHITEHEAD CC, GRIFFIN HD** Development of divergent lines using plasma very low density lipoprotein concentration as selection criterion, results over the fourth generation and lack of effect of dietary fat on performance and carcass fat content *Br Poult Sci* 1986;27:317-324
- WRIGHI JT, HAUSMAN GJ** Monoclonal antibodies against cell surface antigens expressed during porcine adipocyte differentiation *Int J Obes* 1990;14:395-409
- YAN JC, DENTON JH, BAILEY CA, SAMS AR** Customizing the fatty acid content of broiler tissues *Poult Sci* 1991;70:167-172
- YEH S-JC, LEVEILLE JA** Effect of dietary protein on hepatic lipogenesis in the growing ching ching chick *J Nutr* 1969;98:356-366
- YEH S-JC, LEVEILLE JA** Cholesterol and fatty acid synthesis in chicks fed different levels of protein *J Nutr* 1972;102:349-358
- YOSHIDA M, MARIMOTO H** Interrelationship between dietary protein level and carcass composition of chicks *Agric Biol Chem* 1970;34:414-422.
- YU ME, ROBINSON FE, CLANDININ MI, BODNAR L** Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction *Poult Sci* 1990;69:2074-2081
- ZHONG C, NAKAVE HS, HU CY, MIROSH LW** Effect of full and early feed restriction on broiler performance, abdominal fat level, cellularity, and fat metabolism in broiler chickens *Poult Sci* 1995;74:1636-1643
- ZORRILLA FF, CUCA GM, ÁVILA GE** Efecto de niveles de energía, lisina y proteína en dietas para pollos de engorda en iniciación *Vet Méx* 1993;24(4):311-316.
- ZUBAIR AK, LEESON SJ** Growth performance and body composition changes in male broilers subject to early feed restriction *Poult Sci* 1993;72 (Suppl 1): 85 (Abstr)
- ZUBAIR AK, LEESON SJ** Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers *Poult Sci* 1994a;73:129-136
- ZUBAIR AK, LEESON SJ** Effect of early feed restriction and realimentation on metabolic heat production and changes in digestive organs in broiler chickens *Poult Sci* 1994b;73:529-538
- ZUBAIR AK, LEESON SJ** Changes in body composition and adipose cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction *Poult Sci* 1996;75:719-728

A N E X O S

Experimentos 1, 2, 3, 4 y 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO 1: Experimento 1

CUADRO 1 CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE PESO CORPORAL ASOCIADA A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

VARIABLE DEPENDIENTE: PESO = log (peso)		
Origen de la Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
<i>Tratamiento</i>	5	0.61945 †
<i>Sexo</i>	1	4.12466 †
<i>Tratamiento * Sexo</i>	5	0.14645
<i>Individuo (Tratamiento*Sexo)</i>	648	0.10582
<i>Semana</i>	7	1107.21572 †
<i>lineal</i>	1	7251.18468 †
<i>cuadrático</i>	1	357.32692 †
<i>residuo</i>	5	141.99843
<i>Tratamiento * Semana</i>	35	0.09181 †
<i>Sexo * Semana</i>	7	0.19923 †
<i>Tratamiento * Sexo * Semana</i>	35	0.03846 †
<i>Error</i>	4173	0.00687
R^2		0.9965

† P < 0.01

CUADRO 2 ECUACIONES, R^2 Y PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA VARIABLE PESO CORPORAL PARA CADA TRATAMIENTO POR SEXO

TRATAMIENTO	SEXO	$Y=B_0+B_1x+B_2x^2$	R^2	Punto de inflexión
Testigo	Macho	$3.683+1.004s-0.063s^2$	0.988	7.97
	Hembra	$3.710+0.965s-0.061s^2$	0.985	7.91
Preiniciador	Macho	$3.722+0.980s-0.061s^2$	0.988	8.03
	Hembra	$3.713+0.957s-0.060s^2$	0.985	7.97
+ 1% PC	Macho	$3.723+0.946s-0.058s^2$	0.982	8.16
	Hembra	$3.686+0.936s-0.056s^2$	0.991	8.36
- 1% PC	Macho	$3.749+1.009s-0.067s^2$	0.985	7.53
	Hembra	$3.731+0.976s-0.063s^2$	0.988	7.75
+ 50 kcal/kg EM	Macho	$3.715+0.956s-0.059s^2$	0.985	8.10
	Hembra	$3.712+0.962s-0.060s^2$	0.989	8.02
- 50 kcal/kg EM	Macho	$3.713+0.951s-0.057s^2$	0.984	8.34
	Hembra	$3.698+0.917s-0.054s^2$	0.984	8.49

CUADRO 3 CONSUMO DE ALIMENTO (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ALIMENTO MACHOS									
Testigo	75	294	748	1394	2269	3406	5182	280.000 - 286.500s + 138.786s ²	0.998
Preiniciador	95	285	716	1294	2165	3313	4907	289.286 - 282.202s + 133.226s ²	0.999
+ 1% PC	81	283	689	1329	2099	2967	4415	126.143 - 131.667s + 104.762s ²	0.998
- 1% PC	85	294	717	1272	2016	3047	4359	156.571 - 149.798s + 106.345s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	75	278	709	1251	2070	3162	4636	226.143 - 229.476s + 121.595s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	73	275	697	1316	2124	3317	4943	282.429 - 291.202s + 135.155s ²	0.998
CONSUMO DE ALIMENTO HEMBRAS									
Testigo	78	273	665	1169	1825	2670	3898	128.286 - 114.643s + 92.071s ²	0.999
Preiniciador	91	268	650	1154	1824	2641	3711	75.857 - 64.714s + 83.000s ²	0.999
+ 1% PC	78	245	580	1048	1695	2505	3689	170.000 - 156.429s + 93.071s ²	0.999
- 1% PC	85	286	701	1264	1950	2855	3949	38.857 - 39.893s + 85.250s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	76	267	725	1257	2015	2922	4395	172.429 - 168.869s + 108.417s ²	0.997
- 50 kcal/kg EM	79	253	626	1119	1787	2722	4182	278.571 - 255.905s + 114.167s ²	0.997

CUADRO 4 CONSUMO DE PROTEÍNA (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE PROTEÍNA MACHOS									
Testigo	17	68	172	293	476	681	1036	43.571 - 40.845s + 25.583s ²	0.997
Preiniciador	23	65	165	272	455	663	981	48.000 - 41.619s + 24.667s ²	0.998
+ 1% PC	19	68	165	292	462	623	927	15.143 - 12.559s + 20.012s ²	0.997
- 1% PC	19	65	158	254	403	579	828	20.286 - 14.143s + 18.286s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	17	64	163	263	435	632	927	33.857 - 30.690s + 22.309s ²	0.998
- 50 kcal/kg EM	17	63	160	276	446	663	989	45.714 - 43.548s + 25.095s ²	0.998
CONSUMO DE PROTEÍNA HEMBRAS									
Testigo	18	63	153	234	365	507	741	16.714 - 7.536s + 15.536s ²	0.997
Preiniciador	22	62	150	231	365	502	705	8.429 + 1.238s + 13.881s ²	0.999
+ 1% PC	19	59	139	220	356	501	738	27.714 - 18.881s + 16.905s ²	0.998
- 1% PC	19	63	154	240	371	514	711	-1.143 + 7.917s + 13.274s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	17	61	167	251	403	555	835	22.429 - 15.881s + 18.405s ²	0.995
- 50 kcal/kg EM	18	58	144	224	357	517	795	45.286 - 35.024s + 19.833s ²	0.995

CUADRO 5 CONSUMO DE ENERGÍA (Kcal): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ENERGÍA MACHOS									
Testigo	224	881	2244	4321	7034	10900	16583	1028.4 – 1066.9s + 463.3s ²	0.998
Preiniciador	267	854	2149	4012	6712	10603	15703	1021.4 – 1031.5s + 443.1s ²	0.999
+ 1% PC	242	848	2068	4120	6508	9496	14128	522.6 – 559.0s + 352.9s ²	0.998
- 1% PC	254	883	2151	3942	6251	9750	13947	613.7 – 613.2s + 357.5s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	227	848	2162	3941	6520	10278	15067	852.1 – 881.7s + 412.6s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	214	812	2056	4014	6478	10448	15569	1012.7 – 1056.9s + 443.5s ²	0.998
CONSUMO DE ENERGÍA HEMBRAS									
Testigo	235	820	1996	3625	5656	8411	12277	450.9 – 427.7s + 298.9s ²	0.999
Preiniciador	255	803	1950	3576	5655	8320	11690	258.7 – 258.5s + 269.1s ²	0.999
+ 1% PC	235	736	1740	3250	5256	7891	11622	577.1 – 552.6s + 301.1s ²	0.999
- 1% PC	256	859	2103	3918	6045	8994	12439	173.1 – 197.5s + 278.1s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	230	815	2213	3960	6346	9349	14066	604.7 – 614.1s + 356.7s ²	0.998
- 50 kcal/kg EM	232	747	1847	3414	5452	8437	12964	905.6 – 855.6s + 362.2s ²	0.997

CUADRO 6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL (indice): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL MACHOS									
Testigo	0.793	1.229	1.520	1.636	1.934	2.052	2.395	0.532 + 0.337s – 0.011s ²	0.982
Preiniciador	0.942	1.196	1.492	1.616	1.916	2.064	2.366	0.716 + 0.244s – 0.002s ²	0.993
+ 1% PC	0.808	1.291	1.592	1.715	1.933	2.032	2.279	0.488 + 0.413s – 0.024s ²	0.980
- 1% PC	0.821	1.187	1.205	1.590	1.850	1.922	2.106	0.546 + 0.298s – 0.011s ²	0.973
+ 50 kcal/kg EM	0.793	1.230	1.515	1.650	1.947	2.108	2.346	0.493 + 0.367s – 0.015s ²	0.990
- 50 kcal/kg EM	0.772	1.234	1.518	1.691	1.905	2.113	2.398	0.489 + 0.363s – 0.014s ²	0.987
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL HEMBRAS									
Testigo	0.807	1.173	1.443	1.586	1.749	1.823	2.118	0.552 + 0.321s – 0.015s ²	0.978
Preiniciador	0.928	1.174	1.441	1.585	1.782	1.828	2.027	0.655 + 0.294s – 0.015s ²	0.992
+ 1% PC	0.842	1.168	1.415	1.502	1.657	1.736	2.055	0.660 + 0.250s – 0.009s ²	0.967
- 1% PC	0.835	1.194	1.488	1.670	1.861	1.945	2.154	0.505 + 0.378s – 0.021s ²	0.993
+ 50 kcal/kg EM	0.763	1.173	1.557	1.688	1.900	1.946	2.298	0.430 + 0.405s – 0.022s ²	0.974
- 50 kcal/kg EM	0.873	1.206	1.491	1.611	1.795	1.922	2.287	0.672 + 0.261s – 0.006s ²	0.977

**CUADRO 7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD (índice):
VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO**

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD MACHOS									
Testigo	0.759	1.177	1.489	1.617	1.819	1.884	2.121	0.435 + 0.398s - 0.024s ²	0.983
Preiniciador	0.914	1.181	1.482	1.609	1.834	1.881	2.088	0.620 + 0.319s - 0.016s ²	0.990
+ 1% PC	0.776	1.249	1.524	1.658	1.888	1.997	2.172	0.441 + 0.419s - 0.025s ²	0.987
- 1% PC	0.818	1.170	1.196	1.582	1.811	1.793	1.964	0.514 + 0.326s - 0.017s ²	0.963
+ 50 kcal/kg EM	0.760	1.200	1.497	1.640	1.877	1.956	2.150	0.412 + 0.419s - 0.025s ²	0.989
- 50 kcal/kg EM	0.746	1.192	1.494	1.631	1.826	1.892	2.120	0.413 + 0.414s - 0.026s ²	0.983
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD HEMBRAS									
Testigo	0.779	1.166	1.415	1.565	1.734	1.794	2.052	0.508 + 0.340s - 0.018s ²	0.981
Preiniciador	0.930	1.168	1.440	1.583	1.757	1.811	2.011	0.662 + 0.289s - 0.014s ²	0.991
+ 1% PC	0.820	1.151	1.405	1.495	1.653	1.715	2.036	0.625 + 0.263s - 0.010s ²	0.966
- 1% PC	0.839	1.188	1.452	1.647	1.841	1.907	2.122	0.523 + 0.361s - 0.020s ²	0.993
+ 50 kcal/kg EM	0.686	1.118	1.439	1.589	1.819	1.887	2.243	0.387 + 0.377s - 0.018s ²	0.978
- 50 kcal/kg EM	0.810	1.154	1.460	1.591	1.778	1.875	2.197	0.557 + 0.311s - 0.012s ²	0.980

**CUADRO 8 EFICIENCIA ALIMENTICIA (peso corporal/consumo alimento por
100): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO**

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ALIMENTICIA MACHOS									
Testigo	126.16	81.36	65.78	61.13	51.70	48.73	41.76	150.257 - 34.985s + 2.889s ²	0.942
Preiniciador	106.10	83.62	67.01	61.89	52.19	48.44	42.26	124.979 - 22.895s + 1.627s ²	0.986
+ 1% PC	123.79	77.48	62.81	58.31	51.73	49.20	43.87	148.004 - 35.878s + 3.112s ²	0.928
- 1% PC	121.83	84.26	82.99	62.91	54.06	52.02	47.49	143.686 - 28.807s + 2.188s ²	0.957
+ 50 kcal/kg EM	126.16	81.29	66.01	60.59	51.36	47.43	42.62	151.126 - 35.648s + 2.969s ²	0.947
- 50 kcal/kg EM	129.57	81.06	65.86	59.12	52.50	47.34	41.70	155.193 - 37.518s + 3.152 ²	0.938
EFICIENCIA ALIMENTICIA HEMBRAS									
Testigo	123.88	85.28	69.28	63.03	57.17	54.87	47.21	146.806 - 32.151s + 2.666s ²	0.949
Preiniciador	107.80	85.20	69.38	63.10	56.13	54.71	49.34	127.434 - 23.845s + 1.866s ²	0.984
+ 1% PC	118.77	85.59	70.69	66.59	60.34	57.60	48.65	137.510 - 26.801s + 2.115s ²	0.945
- 1% PC	119.74	83.78	67.19	59.90	53.74	51.41	46.42	144.106 - 32.401s + 2.719s ²	0.966
+ 50 kcal/kg EM	131.11	85.28	64.24	59.26	52.62	51.37	43.52	159.306 - 39.415s + 3.399s ²	0.943
- 50 kcal/kg EM	114.55	82.94	67.07	62.09	55.72	52.03	43.73	134.061 - 26.836s + 2.079s ²	0.958

CUADRO 9 EFICIENCIA PROTEÍNIC (peso corporal/consumo proteína): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA PROTEÍNIC MACHOS									
Testigo	5.49	3.54	2.86	2.91	2.46	2.44	2.09	6.413 - 1.438s + 0.123s ²	0.905
Preiniciador	4.42	3.64	2.91	2.95	2.49	2.42	2.11	5.054 - 0.792s + 0.055s ²	0.962
+ 1% PC	5.16	3.23	2.62	2.65	2.35	2.34	2.09	6.063 - 1.425s + 0.128s ²	0.890
- 1% PC	5.54	3.83	3.77	3.15	2.70	2.74	2.50	6.399 - 1.222s + 0.097s ²	0.939
+ 50 kcal/kg EM	5.49	3.53	2.87	2.89	2.45	2.37	2.13	6.447 - 1.465s + 0.126s ²	0.913
- 50 kcal/kg EM	5.63	3.52	2.86	2.82	2.50	2.37	2.08	6.611 - 1.541s + 0.133s ²	0.904
EFICIENCIA PROTEÍNIC HEMBRAS									
Testigo	5.39	3.71	3.01	3.15	2.86	2.89	2.48	6.164 - 1.246s + 0.109s ²	0.875
Preiniciador	4.49	3.70	3.02	3.16	2.81	2.88	2.60	5.071 - 0.775s + 0.063s ²	0.923
+ 1% PC	4.95	3.57	2.95	3.17	2.87	2.88	2.43	5.514 - 0.966s + 0.080s ²	0.853
- 1% PC	5.44	3.81	3.05	3.15	2.83	2.86	2.58	6.326 - 1.321s + 0.117s ²	0.904
+ 50 kcal/kg EM	5.70	3.71	2.79	2.96	2.63	2.70	2.29	6.720 - 1.572s + 0.141s ²	0.883
- 50 kcal/kg EM	4.98	3.61	2.92	3.10	2.79	2.74	2.30	5.603 - 1.008s + 0.082s ²	0.882

CUADRO 10 EFICIENCIA ENERGÉTICA [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ENERGÉTICA MACHOS									
Testigo	0.421	0.271	0.219	0.197	0.167	0.152	0.130	0.504 - 0.119s + 0.010s ²	0.950
Preiniciador	0.379	0.279	0.223	0.200	0.168	0.151	0.132	0.452 - 0.093s + 0.007s ²	0.982
+ 1% PC	0.413	0.258	0.209	0.188	0.167	0.154	0.137	0.496 - 0.121s + 0.010s ²	0.938
- 1% PC	0.406	0.281	0.277	0.203	0.174	0.163	0.148	0.481 - 0.097s + 0.007s ²	0.960
+ 50 kcal/kg EM	0.414	0.267	0.216	0.192	0.163	0.146	0.131	0.499 - 0.119s + 0.010s ²	0.956
- 50 kcal/kg EM	0.439	0.275	0.223	0.194	0.172	0.150	0.132	0.529 - 0.129s + 0.011s ²	0.947
EFICIENCIA ENERGÉTICA HEMBRAS									
Testigo	0.413	0.284	0.231	0.203	0.184	0.174	0.150	0.493 - 0.110s + 0.009s ²	0.959
Preiniciador	0.385	0.284	0.231	0.204	0.181	0.174	0.157	0.461 - 0.097s + 0.008s ²	0.979
+ 1% PC	0.396	0.285	0.236	0.215	0.195	0.183	0.154	0.462 - 0.091s + 0.007s ²	0.957
- 1% PC	0.399	0.279	0.224	0.193	0.173	0.163	0.147	0.483 - 0.110s + 0.009s ²	0.972
+ 50 kcal/kg EM	0.430	0.280	0.211	0.188	0.167	0.161	0.136	0.526 - 0.131s + 0.011s ²	0.952
- 50 kcal/kg EM	0.388	0.281	0.227	0.204	0.183	0.168	0.141	0.457 - 0.093s + 0.007s ²	0.967

CUADRO 11 MORTALIDAD TOTAL (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	7.27	12.73	12.73	12.73	18.18	23.64	29.09
Preiniciador	Macho	5.45	5.45	5.45	5.45	10.91	18.18	23.64
+ 1% PC	Macho	7.27	10.91	10.91	12.73	12.73	12.73	16.36
- 1% PC	Macho	0.00	3.64	3.64	3.64	5.45	12.73	14.55
+ 50 kcal/kg EM	Macho	7.27	9.09	9.09	9.09	12.73	18.18	21.82
- 50 kcal/kg EM	Macho	7.27	10.91	10.91	14.55	16.36	23.64	27.27
Testigo	Hembra	3.64	3.64	5.45	5.45	5.45	7.27	9.09
Preiniciador	Hembra	0.00	1.82	1.82	1.82	3.64	3.64	3.64
+ 1% PC	Hembra	3.64	5.45	5.45	5.45	5.45	7.27	7.27
- 1% PC	Hembra	1.82	1.82	1.82	3.64	3.64	5.45	5.45
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	7.27	9.09	10.91	16.36	18.18	18.18	18.18
- 50 kcal/kg EM	Hembra	7.27	12.73	12.73	12.73	12.73	14.55	18.18

CUADRO 12 MORTALIDAD POR SÍNDROME ASCÍTICO (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45	10.91	16.36
Preiniciador	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45	12.73	18.18
+ 1% PC	Macho	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82	5.45
- 1% PC	Macho	0.00	1.82	1.82	1.82	3.64	10.91	12.73
+ 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	1.82	1.82	1.82	5.45	10.91	14.55
- 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	0.00	0.00	3.64	5.45	12.73	16.36
Testigo	Hembra	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	3.64
Preiniciador	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82
+ 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82
- 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	3.64	3.64
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	0.00	0.00	5.45	5.45	5.45	5.45
- 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	5.45

CUADRO 13 ÍNDICE DE PRODUCCIÓN: VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	157	121	135	162	142	147	131
Preiniciador	Macho	145	134	145	167	150	151	137
+ 1% PC	Macho	164	108	115	141	140	149	145
- 1% PC	Macho	179	144	227	173	159	171	171
+ 50 kcal/kg EM	Macho	157	119	134	149	136	139	134
- 50 kcal/kg EM	Macho	161	115	128	140	140	135	128
Testigo	Hembra	165	137	144	157	161	177	161
Preiniciador	Hembra	151	136	146	161	158	181	178
+ 1% PC	Hembra	152	121	130	157	167	184	165
- 1% PC	Hembra	171	141	148	156	155	170	164
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	172	126	127	132	130	150	139
- 50 kcal/kg EM	Hembra	137	109	117	134	138	150	134

CUADRO 14 CUADRADOS MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g) DE LAS MEDICIONES EN RASTRO ASOCIADAS A TRATAMIENTO Y SEXO

Origen de la Variación	VARIABLES DEPENDIENTES							
	GRASA		PECHUGA		PIERNAS		MUSLOS	
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.
Tratamiento	5	0.00078	5	0.00010	5	0.00045 ‡	5	0.00005
Sexo	1	0.02575 †	1	0.01210 †	1	0.00744 †	1	0.00019
Tratamiento * Sexo	5	0.00165 *	5	0.00076	5	0.00017	5	0.00025
Error	152	0.00065	149	0.00051	149	0.00021	149	0.00027
R^2	0.285		0.179		0.251		0.041	

† P < 0.01

* P < 0.05

‡ P < 0.10

CUADRO 15 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA MACHOS

		TRATAMIENTOS					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACION ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACIÓN		Testigo	Preiniciador	+1% PC	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	- 50 kcal/kg EM
COSTO POR TON DE ALIMENTO	A	\$2,177.14	\$2,176.69	\$2,202.84	\$2,151.45	\$2,214.77	\$2,139.52
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a. SEM.	B	0.202	0.206	0.203	0.205	0.199	0.198
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	(A B)=C	\$440.00	\$448.60	\$447.38	\$440.77	\$441.51	\$423.03
COSTO VARIABLE* POR TRATAMIENTO	C	\$440.00	\$448.60	\$447.38	\$440.77	\$441.51	\$423.03
COSTOS FIJOS**	D	\$146.74	\$146.74	\$146.74	\$146.74	\$146.74	\$146.74
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$586.73	\$595.34	\$594.11	\$587.51	\$588.25	\$569.76
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS AL FINAL (7a. SEM.)	F	39	42	46	47	43	40
PESO PROMEDIO (g) 7ª SEM.	G	2164	2074	1937	2070	1976	2061
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	84.40	87.11	89.10	97.29	84.97	82.44
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	I	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$632.97	\$653.31	\$668.27	\$729.68	\$637.26	\$618.30
INGRESOS NETOS	J-E	\$46.24	\$57.97	\$74.15	\$142.16	\$49.01	\$48.54
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	J/E	1.079	1.097	1.125	1.242	1.083	1.085
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		6	3	2	1	4	5

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo.

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CUADRO 16 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA HEMBRAS

		TRATAMIENTOS					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACION ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACION		Testigo	Preiniciador	+1% PC	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	- 50 kcal/kg EM
COSTO POR TON. DE ALIMENTO	A	\$2,097 41	\$2,096 95	\$2,122 33	\$2,071 70	\$2,134 15	\$2,058 94
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a. SEM.	B	0 195	0 197	0 188	0 205	0.198	0 188
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	(A B)-C	\$408 78	\$412 44	\$399 29	\$425 42	\$422 08	\$387 47
COSTO VARIABLE * POR TRATAMIENTO	C	\$408.78	\$412.44	\$399.29	\$425.42	\$422.08	\$387.47
COSTOS FIJOS **	D	\$136.42	\$136.42	\$136.42	\$136.42	\$136.42	\$136.42
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$545 20	\$548 85	\$535 71	\$561 83	\$558 50	\$523 89
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L. FINAL (7a. SEM.)	F	50	53	51	52	45	45
PESO PROMEDIO (g) 7 ^o SEM.	G	1840	1831	1795	1833	1913	1829
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)-H	92 00	97 04	91 54	95 32	86 08	82 30
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	I	\$7.50	\$7 50	\$7 50	\$7.50	\$7 50	\$7.50
INGRESOS BRUTOS	(H I)-J	\$690.00	\$727 83	\$686 59	\$714 87	\$645 64	\$617 29
INGRESOS NETOS	J-E	\$144 80	\$178 97	\$150 88	\$153 03	\$87 14	\$93 40
RELACION BENEFICIO/COSTO	J/E	1 266	1 326	1 282	1 272	1.156	1 178
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		4	1	3	2	6	5

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

ANEXO 2: Experimento 2

CUADRO 1 CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE PESO CORPORAL ASOCIADA A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

VARIABLE DEPENDIENTE: PESO = log (peso)		
Origen de la Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
<i>Tratamiento</i>	5	0.10941
<i>Sexo</i>	1	3.48706 †
<i>Tratamiento * Sexo</i>	5	0.27015 *
<i>Individuo (Tratamiento*Sexo)</i>	648	0.09859
<i>Semana</i>	7	1247.04695 †
<i>lineal</i>	1	8130.89249 †
<i>cuadrático</i>	1	503.29610 †
<i>residuo</i>	5	95.14007
<i>Tratamiento * Semana</i>	35	0.05454 †
<i>Sexo * Semana</i>	7	0.35656 †
<i>Tratamiento * Sexo * Semana</i>	35	0.03157 †
<i>Error</i>	4430	0.00540
R^2		0.9973

† P < 0.01

* P < 0.05

CUADRO 2 ECUACIONES, R^2 Y PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA VARIABLE PESO CORPORAL PARA CADA TRATAMIENTO POR SEXO

TRATAMIENTO	SEXO	$Y=B_0+B_1x+B_2x^2$	R^2	Punto de inflexión
Testigo	Macho	$3.821+1.036s-0.068s^2$	0.988	7.62
	Hembra	$3.829+1.015s-0.067s^2$	0.990	7.57
Preiniciador	Macho	$3.813+1.020s-0.066s^2$	0.988	7.73
	Hembra	$3.820+1.033s-0.070s^2$	0.990	7.38
+ 1% PC	Macho	$3.832+1.040s-0.068s^2$	0.993	7.65
	Hembra	$3.789+1.031s-0.069s^2$	0.994	7.47
- 1% PC	Macho	$3.816+1.058s-0.071s^2$	0.991	7.45
	Hembra	$3.799+1.030s-0.070s^2$	0.986	7.36
+ 50 kcal/kg EM	Macho	$3.789+1.060s-0.070s^2$	0.987	7.57
	Hembra	$3.811+1.034s-0.070s^2$	0.992	7.39
- 50 kcal/kg EM	Macho	$3.781+1.021s-0.065s^2$	0.984	7.85
	Hembra	$3.849+1.002s-0.066s^2$	0.990	7.59

CUADRO 3 CONSUMO DE ALIMENTO (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ALIMENTO MACHOS									
Testigo	91	335	805	1386	2295	3436	4624	58.857 - 71.131s + 103.940s ²	0.999
Preiniciador	87	320	788	1370	2279	3363	4391	-26.000 - 2.440s + 91.774s ²	0.998
+ 1% PC	89	338	809	1402	2372	3459	4494	-41.857 + 11.286s + 92.429s ²	0.998
- 1% PC	82	330	815	1418	2362	3452	4584	-18.143 - 13.393s + 96.750s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	98	341	816	1398	2440	3717	5044	141.429 - 156.643s + 123.214s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	91	320	765	1372	2298	3346	4478	13.143 - 36.976s + 97.238s ²	0.999
CONSUMO DE ALIMENTO HEMBRAS									
Testigo	98	331	772	1375	2211	3227	4234	-25.714 + 14.631s + 85.845s ²	0.999
Preiniciador	96	337	774	1367	2155	3109	4021	-73.000 + 65.000s + 75.357s ²	0.999
+ 1% PC	93	333	768	1371	2115	3067	4013	-59.714 + 54.155s + 76.155s ²	0.999
- 1% PC	56	295	725	1307	2029	3002	3907	-89.286 + 50.155s + 75.298s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	93	331	765	1357	2089	3032	4017	-36.286 + 35.881s + 78.095s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	90	318	748	1341	2102	3122	4080	-27.857 + 15.571s + 82.571s ²	0.999

CUADRO 4 CONSUMO DE PROTEÍNA (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE PROTEÍNA MACHOS									
Testigo	21	77	185	291	482	687	925	0.216 + 2.225s + 18.602s ²	0.999
Preiniciador	21	74	181	288	479	673	878	-15.566 + 15.241s + 16.250s ²	0.998
+ 1% PC	21	81	194	308	522	726	944	-20.589 + 19.061s + 17.196s ²	0.998
- 1% PC	18	73	179	284	472	656	871	-15.886 + 14.499s + 16.127s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	23	78	188	294	512	743	1009	16.623 - 14.545s + 22.412s ²	0.998
- 50 kcal/kg EM	21	74	176	288	483	669	896	-8.811 + 8.725s + 17.312s ²	0.999
CONSUMO DE PROTEÍNA HEMBRAS									
Testigo	23	76	177	275	442	613	805	-13.863 + 19.578s + 14.000s ²	0.999
Preiniciador	23	78	178	273	431	591	764	-21.299 + 28.380s + 12.088s ²	0.999
+ 1% PC	22	80	184	288	444	613	803	-20.856 + 27.435s + 12.946s ²	0.999
- 1% PC	12	65	160	248	386	540	703	-26.533 + 25.619s + 11.305s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	21	76	176	271	418	576	763	-15.613 + 23.261s + 12.573s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	21	73	172	268	420	593	775	-14.339 + 19.332s + 13.441s ²	0.999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 5 CONSUMO DE ENERGÍA (kcal): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ENERGÍA MACHOS									
Testigo	273	1004	2414	4298	7116	10996	14797	315.429 - 378.214s + 352.000s ²	0.999
Preiniciador	244	960	2365	4247	7065	10761	14050	23.429 - 147.333s + 311.809s ²	0.998
+ 1% PC	267	1013	2428	4346	7352	11068	14382	-0.286 - 119.417s + 315.726s ²	0.998
- 1% PC	245	989	2444	4397	7322	11047	14667	75.000 - 197.762s + 329.452s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	299	1041	2489	4403	7686	12079	16393	594.000 - 665.702s + 420.512s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	268	944	2258	4185	7009	10541	14107	169.143 - 265.309s + 325.405s ²	0.999
CONSUMO DE ENERGÍA HEMBRAS									
Testigo	294	994	2315	4264	6854	10165	13338	-27.429 - 32.583s + 280.917s ²	0.999
Preiniciador	270	1011	2322	4237	6681	9794	12667	-200.857 + 137.190s + 246.762s ²	0.999
+ 1% PC	278	1000	2303	4251	6557	9661	12642	-137.143 + 93.762s + 250.190s ²	0.999
- 1% PC	169	884	2176	4053	6290	9456	12308	-223.429 + 81.250s + 247.321s ²	0.999
+ 50 kcal/kg EM	283	1011	2333	4276	6580	9704	12855	-65.714 + 38.940s + 260.083s ²	0.999
- 50 kcal/kg EM	265	937	2207	4089	6411	9679	12647	-35.571 - 27.357s + 266.071s ²	0.999

CUADRO 6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL (índice): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL MACHOS									
Testigo	0.729	1.166	1.361	1.487	1.599	1.755	1.919	0.492 + 0.329s - 0.019s ²	0.974
Preiniciador	0.714	1.186	1.374	1.552	1.621	1.754	1.903	0.435 + 0.377s - 0.025 s ²	0.972
+ 1% PC	0.724	1.160	1.345	1.474	1.589	1.683	1.820	0.463 + 0.352s - 0.023 s ²	0.975
- 1% PC	0.644	1.115	1.329	1.488	1.609	1.734	1.871	0.343 + 0.394s - 0.026 s ²	0.980
+ 50 kcal/kg EM	0.814	1.157	1.351	1.456	1.700	1.824	2.045	0.613 + 0.257s - 0.008 s ²	0.987
- 50 kcal/kg EM	0.763	1.196	1.389	1.534	1.659	1.766	1.891	0.485 + 0.363s - 0.024 s ²	0.981
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL HEMBRAS									
Testigo	0.739	1.245	1.422	1.541	1.633	1.792	1.947	0.499 + 0.357s - 0.023 s ²	0.958
Preiniciador	0.782	1.207	1.417	1.499	1.573	1.725	1.925	0.582 + 0.301s - 0.017 s ²	0.953
+ 1% PC	0.787	1.209	1.423	1.559	1.577	1.732	1.877	0.540 + 0.342s - 0.023 s ²	0.960
- 1% PC	0.481	1.109	1.205	1.518	1.609	1.726	1.885	0.143 + 0.464s - 0.032 s ²	0.964
+ 50 kcal/kg EM	0.768	1.155	1.375	1.510	1.584	1.710	1.890	0.526 + 0.322s - 0.019 s ²	0.974
- 50 kcal/kg EM	0.658	1.191	1.401	1.506	1.607	1.743	1.885	0.381 + 0.400s - 0.028 s ²	0.958

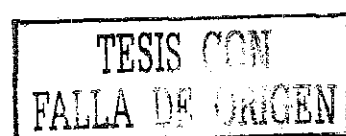
**TEJES CON
FALLA DE ORIGEN**

CUADRO 7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD (índice): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD MACHOS									
Testigo	0.726	1.164	1.360	1.486	1.599	1.715	1.841	0.461 + 0.356s - 0.024s ²	0.976
Preiniciador	0.710	1.183	1.373	1.551	1.620	1.753	1.874	0.417 + 0.390s - 0.027s ²	0.975
+ 1% PC	0.724	1.160	1.334	1.466	1.564	1.664	1.776	0.462 + 0.353s - 0.024s ²	0.974
- 1% PC	0.644	1.106	1.308	1.472	1.598	1.725	1.789	0.320 + 0.409s - 0.029s ²	0.985
+ 50 kcal/kg EM	0.804	1.151	1.347	1.454	1.639	1.713	1.839	0.552 + 0.310s - 0.019s ²	0.988
- 50 kcal/kg EM	0.756	1.191	1.387	1.505	1.638	1.749	1.849	0.480 + 0.362s - 0.024s ²	0.979
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD HEMBRAS									
Testigo	0.734	1.240	1.398	1.526	1.612	1.775	1.911	0.495 + 0.354s - 0.023s ²	0.958
Preiniciador	0.776	1.202	1.415	1.497	1.571	1.724	1.924	0.574 + 0.304s - 0.017s ²	0.954
+ 1% PC	0.784	1.207	1.398	1.542	1.545	1.705	1.840	0.547 + 0.333s - 0.022s ²	0.957
- 1% PC	0.481	1.109	1.205	1.518	1.609	1.726	1.885	0.142 + 0.465s - 0.032s ²	0.964
+ 50 kcal/kg EM	0.768	1.142	1.367	1.504	1.580	1.707	1.846	0.507 + 0.334s - 0.021s ²	0.980
- 50 kcal/kg EM	0.658	1.188	1.399	1.505	1.606	1.742	1.885	0.381 + 0.399s - 0.028s ²	0.959

CUADRO 8 EFICIENCIA ALIMENTICIA (peso corporal/consumo alimento por 100): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ALIMENTICIA MACHOS									
Testigo	137.16	85.76	73.49	67.26	62.54	56.97	52.12	161.173 - 37.204s + 3.206s ²	0.915
Preiniciador	140.08	84.35	72.76	64.42	61.70	57.01	52.56	166.195 - 40.504s + 3.597s ²	0.908
+ 1% PC	138.14	86.17	74.34	67.83	62.95	59.42	54.95	162.939 - 38.118s + 3.361s ²	0.913
- 1% PC	155.24	89.70	75.22	67.22	62.16	57.67	53.46	186.521 - 48.183s + 4.315s ²	0.909
+ 50 kcal/kg EM	122.85	86.45	74.02	68.66	58.82	54.83	48.89	142.912 - 28.397s + 2.209s ²	0.956
- 50 kcal/kg EM	131.02	83.64	71.98	65.17	60.29	56.63	52.87	154.815 - 35.669 + 3.119s ²	0.925
EFICIENCIA ALIMENTICIA HEMBRAS									
Testigo	135.23	80.32	70.32	64.87	61.25	55.81	51.35	158.230 - 37.606s + 3.318s ²	0.889
Preiniciador	127.83	82.87	70.56	66.72	63.59	57.97	51.94	147.916 - 32.017s + 2.732s ²	0.903
+ 1% PC	127.02	82.73	70.26	64.12	63.42	57.74	53.27	148.649 - 33.160s + 2.904s ²	0.911
- 1% PC	208.06	90.15	82.97	65.89	62.17	57.94	53.06	253.874 - 77.427s + 7.222s ²	0.857
+ 50 kcal/kg EM	130.24	86.58	72.72	66.24	63.14	58.47	52.91	153.035 - 33.794s + 2.895s ²	0.929
- 50 kcal/kg EM	152.02	83.98	71.37	66.42	62.23	57.38	53.04	180.657 - 47.009s + 4.272s ²	0.878



CUADRO 9 EFICIENCIA PROTEÍNIC A (peso corporal/consumo proteína): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA PROTEÍNIC A MACHOS									
Testigo	5.96	3.73	3.20	3.20	2.98	2.85	2.61	6.689 - 1.527s + 0.137s ²	0.867
Preiniciador	5.84	3.67	3.16	3.07	2.94	2.85	2.63	6.770 - 1.530s + 0.140s ²	0.874
+ 1% PC	5.76	3.59	3.10	3.08	2.86	2.83	2.62	6.667 - 1.509s + 0.139s ²	0.867
- 1% PC	7.06	4.08	3.42	3.36	3.11	3.04	2.81	8.332 - 2.095s + 0.194s ²	0.869
+ 50 kcal/kg EM	5.34	3.76	3.22	3.27	2.80	2.74	2.44	6.073 - 1.140s + 0.093s ²	0.913
- 50 kcal/kg EM	5.70	3.64	3.13	3.10	2.87	2.83	2.64	6.604 - 1.469s + 0.134s ²	0.879
EFICIENCIA PROTEÍNIC A HEMBRAS									
Testigo	5.88	3.49	3.06	3.24	3.06	2.94	2.70	6.656 - 1.483s + 0.138s ²	0.797
Preiniciador	5.33	3.60	3.07	3.34	3.18	3.05	2.73	5.897 - 1.096s + 0.098s ²	0.798
+ 1% PC	5.29	3.45	2.93	3.05	3.02	2.89	2.66	5.990 - 1.244s + 0.116s ²	0.818
- 1% PC	9.46	4.10	3.77	3.47	3.27	3.22	2.95	11.292 - 3.352s + 0.322s ²	0.810
+ 50 kcal/kg EM	5.66	3.76	3.16	3.31	3.16	3.08	2.78	6.422 - 1.312s + 0.119s ²	0.841
- 50 kcal/kg EM	6.61	3.65	3.10	3.32	3.11	3.02	2.79	7.628 - 1.890s + 0.179s ²	0.800

CUADRO 10 EFICIENCIA ENERGÉTICA [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ENERGÉTICA MACHOS									
Testigo	0.457	0.286	0.245	0.217	0.202	0.178	0.163	0.540 - 0.126s + 0.011s ²	0.928
Preiniciador	0.500	0.281	0.243	0.208	0.199	0.178	0.164	0.599 - 0.156s + 0.014s ²	0.903
+ 1% PC	0.460	0.287	0.248	0.219	0.203	0.186	0.172	0.545 - 0.128s + 0.011s ²	0.926
- 1% PC	0.517	0.299	0.251	0.217	0.201	0.180	0.167	0.624 - 0.162s + 0.014s ²	0.920
+ 50 kcal/kg EM	0.403	0.283	0.243	0.218	0.187	0.169	0.150	0.471 - 0.095s + 0.007s ²	0.965
- 50 kcal/kg EM	0.444	0.284	0.244	0.214	0.198	0.180	0.168	0.527 - 0.122s + 0.010s ²	0.937
EFICIENCIA ENERGÉTICA HEMBRAS									
Testigo	0.451	0.268	0.234	0.209	0.198	0.177	0.163	0.531 - 0.128s + 0.011s ²	0.903
Preiniciador	0.457	0.276	0.235	0.215	0.205	0.184	0.165	0.537 - 0.127s + 0.011s ²	0.900
+ 1% PC	0.423	0.276	0.234	0.207	0.205	0.183	0.169	0.498 - 0.112s + 0.010s ²	0.925
- 1% PC	0.694	0.300	0.277	0.213	0.201	0.184	0.168	0.850 - 0.260s + 0.024s ²	0.864
+ 50 kcal/kg EM	0.427	0.284	0.238	0.210	0.200	0.183	0.165	0.506 - 0.113s + 0.010s ²	0.941
- 50 kcal/kg EM	0.515	0.285	0.242	0.218	0.204	0.185	0.171	0.616 - 0.161s + 0.014s ²	0.892

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 11 MORTALIDAD TOTAL (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	5.36	8.93
Preiniciador	Macho	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	3.57
+ 1% PC	Macho	0.00	0.00	1.82	1.82	3.64	3.64	5.45
- 1% PC	Macho	0.00	1.82	3.64	3.64	3.64	3.64	7.27
+ 50 kcal/kg EM	Macho	3.51	3.51	3.51	3.51	8.77	12.28	19.30
- 50 kcal/kg EM	Macho	3.51	3.51	3.51	5.26	5.26	5.26	7.02
Testigo	Hembra	1.82	1.82	3.64	3.64	5.45	5.45	7.27
Preiniciador	Hembra	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
+ 1% PC	Hembra	1.82	1.82	3.64	3.64	5.45	5.45	7.27
- 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	5.45
- 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82

CUADRO 12 MORTALIDAD POR SÍNDROME ASCÍTICO (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79
Preiniciador	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+ 1% PC	Macho	0.00	0.00	1.82	1.82	3.64	3.64	5.45
- 1% PC	Macho	0.00	1.82	3.64	3.64	3.64	3.64	7.27
+ 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
- 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	1.75	3.51
Testigo	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82
Preiniciador	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+ 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82
- 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	5.45
- 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 13 ÍNDICE DE PRODUCCIÓN: VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
Testigo	Macho	240	173	203	220	252	251	233
Preiniciador	Macho	240	160	195	199	243	256	239
+ 1% PC	Macho	243	179	209	226	259	280	262
- 1% PC	Macho	282	186	212	221	251	263	248
+ 50 kcal/kg EM	Macho	204	176	205	227	220	233	199
- 50 kcal/kg EM	Macho	215	154	182	197	226	242	238
Testigo	Hembra	252	150	175	199	224	226	211
Preiniciador	Hembra	221	162	180	213	244	244	217
+ 1% PC	Hembra	210	160	174	194	230	230	215
- 1% PC	Hembra	349	171	238	203	224	240	225
+ 50 kcal/kg EM	Hembra	225	174	189	209	234	242	217
- 50 kcal/kg EM	Hembra	297	157	178	207	228	240	230

CUADRO 14 CUADRADOS MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g) DE LAS MEDICIONES EN RASTRO ASOCIADAS A TRATAMIENTO Y SEXO

Origen de la Variación	VARIABLES DEPENDIENTES							
	GRASA		PECHUGA		PIERNAS		MUSLOS	
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.
Tratamiento	5	1.2921 *	5	10.4815 †	5	0.3813	5	1.0329
Sexo	1	13.2249 †	1	50.9869 †	1	10.1111 †	1	0.1018
Tratamiento * Sexo	5	0.7264	5	0.9603	5	0.7938	5	0.6295
Error	116	0.5367	113	2.8360	112	0.5892	112	1.0828
R ²	0.384		0.238		0.213		0.102	

† P < 0.01

* P < 0.05

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 15 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA MACHOS

		TRATAMIENTOS					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACIÓN ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACIÓN		Testigo	Preiniciador	+1% PC	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	- 50 kcal/kg EM
COSTO POR TON. DE ALIMENTO	A	\$2,206 11	\$2,205 66	\$2,245 03	\$2,146 52	\$2,246 39	\$2,166 75
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a SEM.	B	0 232	0 233	0 234	0 234	0 224	0 229
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a SEM.	(A B)=C	\$510 96	\$513 65	\$524 64	\$501 82	\$502 93	\$496 20
COSTO VARIABLE * POR TRATAMIENTO	C	\$510 96	\$513 65	\$524 64	\$501 82	\$502 93	\$496 20
COSTOS FIJOS **	D	\$169 46	\$169 46	\$169 46	\$169 46	\$169 46	\$169 46
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$680 42	\$683 11	\$694 09	\$671 28	\$672 38	\$665 66
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L FINAL (7a SEM.)	F	50	53	52	51	44	51
PESO PROMEDIO (g) 7 ^a SEM.	G	2410	2308	2470	2450	2466	2368
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	120 72	122 41	128 44	124 95	109 46	121 10
PRECIO POR Kg. POLLO PIÉ DE GRANJA	I	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$905 36	\$918 05	\$963 30	\$937 13	\$820 92	\$908 25
INGRESOS NETOS	J-E	\$224 94	\$234 94	\$269 21	\$265 85	\$148 53	\$242 60
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	J/E	1 331	1 344	1 388	1 396	1 221	1 364
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		5	4	1	2	6	3

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 16 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA HEMBRAS

		TRATAMIENTOS					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACION ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACIÓN		Testigo	Preiniciador	+1% PC	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	- 50 kcal/kg EM
COSTO POR TON DE ALIMENTO	A	\$2,132.07	\$2,131.61	\$2,170.64	\$2,070.74	\$2,172.75	\$2,091.38
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a. SEM.	B	0.216	0.217	0.205	0.215	0.209	0.220
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	(A B)-C	\$460.38	\$462.85	\$444.25	\$444.97	\$453.85	\$460.77
COSTO VARIABLE* POR TRATAMIENTO	C	\$460.38	\$462.85	\$444.25	\$444.97	\$453.85	\$460.77
COSTOS FIJOS**	D	\$151.50	\$151.50	\$151.50	\$151.50	\$151.50	\$151.50
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$611.89	\$614.35	\$595.75	\$596.47	\$605.36	\$612.28
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L. FINAL (7a. SEM.)	F	51	54	51	55	52	54
PESO PROMEDIO (g) 7ª SEM.	G	2174	2089	2138	2073	2125	2164
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	110.87	112.81	109.04	114.02	110.50	116.86
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	I	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$831.55	\$846.05	\$817.78	\$855.11	\$828.75	\$876.42
INGRESOS NETOS	J-E	\$219.66	\$231.70	\$222.03	\$258.64	\$223.39	\$264.14
RELACION BENEFICIO/COSTO	J/E	1.359	1.377	1.373	1.434	1.369	1.431
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		6	3	5	2	4	1

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo



ANEXO 3: Experimento 3

CUADRO 1 CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE PESO CORPORAL ASOCIADA A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

VARIABLE DEPENDIENTE: PESO = log (peso)		
Origen de la Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
<i>Tratamiento</i>	5	0.16807 ‡
<i>Sexo</i>	1	10.31985 †
<i>Tratamiento * Sexo</i>	5	0.13059
<i>Individuo (Tratamiento*Sexo)</i>	648	0.08308
<i>Semana</i>	7	1208.39905 †
<i>lineal</i>	1	7516.18833 †
<i>cuadrático</i>	1	476.80393 †
<i>residuo</i>	5	465.80107
<i>Tratamiento * Semana</i>	35	0.03005 †
<i>Sexo * Semana</i>	7	0.70006 †
<i>Tratamiento * Sexo * Semana</i>	35	0.02019 †
<i>Error</i>	4208	0.00637
R^2		0.9970

† P < 0.01

‡ P < 0.10

CUADRO 2 ECUACIONES, R^2 Y PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA VARIABLE PESO CORPORAL PARA CADA TRATAMIENTO POR SEXO

TRATAMIENTO	SEXO	$Y=B_0+B_1x+B_2x^2$	R^2	Punto de inflexión
Testigo (Dieta 1)	Macho	$3.710+1.062s-0.069s^2$	0.989	7.70
	Hembra	$3.725+1.058s-0.073s^2$	0.992	7.25
-1% PC (Dieta 2)	Macho	$3.753+1.057s-0.070s^2$	0.993	7.55
	Hembra	$3.740+1.041s-0.072s^2$	0.988	7.23
+ 50 kcal/kg EM (Dieta 3)	Macho	$3.760+1.068s-0.072s^2$	0.986	7.42
	Hembra	$3.752+1.053s-0.072s^2$	0.992	7.31
- 1% PC + 50 kcal/kg EM (Dieta 4)	Macho	$3.712+1.067s-0.070s^2$	0.987	7.62
	Hembra	$3.731+1.035s-0.070s^2$	0.986	7.39
- 1% PC - 50 kcal/kg EM (Dieta 5)	Macho	$3.738+1.078s-0.072s^2$	0.991	7.49
	Hembra	$3.718+1.018s-0.067s^2$	0.990	7.60
+ 50 kcal/kg EM +1% PC (Dieta 6)	Macho	$3.726+1.095s-0.074s^2$	0.993	7.40
	Hembra	$3.707+1.077s-0.075s^2$	0.992	7.18

CUADRO 3 CONSUMO DE ALIMENTO (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ALIMENTO MACHOS									
1) Testigo	90	317	751	1377	2256	3302	4432	15.000 - 37.440s + 96.202s ²	0.999
2) - 1% PC	85	316	747	1383	2256	3311	4447	11.286 - 38.059s + 96.665s ²	0.999
3) + 50 kcal/kg EM	98	329	785	1415	2338	3418	4527	-1.714 - 20.405s + 96.381s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	96	316	744	1394	2297	3378	4444	-7.286 - 21.964s + 95.250s ²	0.999
5) - 1%PC - 50kcal/kg	96	326	768	1418	2322	3352	4533	14.429 - 34.202s + 97.655s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	95	323	777	1434	2355	3403	4583	3.714 - 29.262s + 98.309s ²	0.999
CONSUMO DE ALIMENTO HEMBRAS									
1) Testigo	84	294	692	1236	1944	2790	3646	-63.714 + 52.452s + 69.024s ²	0.999
2) - 1% PC	93	316	727	1280	2013	2864	3946	21.857 - 12.107s + 81.607s ²	0.999
3) + 50 kcal/kg EM	89	307	690	1232	1947	2805	3718	-22.286 + 22.048s + 73.762s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	86	306	692	1247	1970	2812	3703	-50.571 + 43.512s + 71.083s ²	0.999
5) - 1%PC - 50kcal/kg	78	288	672	1202	1903	2773	3683	-20.714 + 10.381s + 74.666s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	81	295	701	1249	1963	2838	3747	-45.714 + 33.595s + 73.238s ²	0.999

CUADRO 4 CONSUMO DE PROTEÍNA (g): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE PROTEÍNA MACHOS									
1) Testigo	21	73	173	289	474	660	886	-8.264 + 8.377s + 17.138s ²	0.999
2) - 1% PC	19	70	164	290	474	662	889	-10.469 + 7.186s + 17.433s ²	0.999
3) + 50 kcal/kg EM	22	76	181	297	491	684	905	-11.841 + 12.332s + 17.096s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	21	69	164	293	482	676	889	-14.200 + 10.456s + 17.149s ²	0.998
5) - 1%PC - 50kcal/kg	21	72	169	298	488	670	907	-9.887 + 8.176s + 17.603s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	23	78	186	301	494	681	917	-9.373 + 11.750s + 17.259s ²	0.999
CONSUMO DE PROTEÍNA HEMBRAS									
1) Testigo	19	68	159	247	389	530	693	-20.239 + 24.961s + 11.053s ²	0.999
2) - 1% PC	20	70	160	256	403	544	750	-5.486 + 12.242s + 13.559s ²	0.999
3) + 50 kcal/kg EM	20	71	159	246	389	533	706	-12.133 + 19.196s + 11.945s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	19	67	152	249	394	534	704	-19.016 + 22.334s + 11.625s ²	0.999
5) - 1%PC - 50kcal/kg	17	63	148	240	381	527	700	-13.439 + 15.716s + 12.355s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	20	71	168	250	393	539	712	-15.714 + 22.703s + 11.616s ²	0.999

CUADRO 5 CONSUMO DE ENERGÍA (kcal): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONSUMO DE ENERGÍA MACHOS									
1) Testigo	270	950	2253	4268	6995	10566	14184	174.857 - 267.667s + 326.833s ²	0.999
2) - 1% PC	256	949	2242	4286	6995	10595	14229	165.429 - 269.857s + 328.214s ²	0.999
3) + 50 kcal/kg EM	298	1004	2395	4386	7249	10936	14487	131.286 - 211.155s + 326.774s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	294	963	2271	4322	7121	10811	14222	112.857 - 213.548s + 322.809s ²	0.999
5) - 1%PC - 50kcal/kg	284	963	2264	4396	7197	10726	14506	170.571 - 267.726s + 333.131s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	291	986	2369	4446	7299	10889	14665	154.143 - 242.405s + 333.238s ²	0.999
CONSUMO DE ENERGÍA HEMBRAS									
1) Testigo	253	881	2075	3832	6025	8788	11485	-151.286 + 93.857s + 226.929s ²	0.999
2) - 1% PC	278	949	2182	3968	6241	9022	12431	115.857 - 110.000s + 266.714s ²	1.000
3) + 50 kcal/kg EM	270	936	2105	3820	6036	8835	11711	-19.571 + 6.429s + 240.500s ²	0.999
4) - 1%PC + 50kcal/kg	263	932	2112	3866	6106	8857	11664	-104.286 + 71.488s + 232.345s ²	0.999
5) - 1%PC - 50kcal/kg	229	849	1982	3726	5899	8734	11602	-25.286 - 41.024s + 245.333s ²	0.999
6) + 50kcal/kg + 1%PC	249	901	2138	3872	6084	8938	11802	-84.857 + 38.440s + 239.298s ²	0.999

CUADRO 6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL (índice): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL MACHOS									
1) Testigo	0.835	1.165	1.327	1.478	1.625	1.707	1.826	0.592 + 0.295s - 0.017s ²	0.992
2) - 1% PC	0.747	1.112	1.339	1.462	1.597	1.686	1.858	0.490 + 0.325s - 0.019s ²	0.984
3) + 50 kcal/kg EM	0.814	1.126	1.358	1.478	1.679	1.758	1.864	0.530 + 0.325s - 0.019s ²	0.995
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.846	1.146	1.338	1.468	1.616	1.691	1.832	0.610 + 0.282s - 0.016s ²	0.992
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.820	1.120	1.336	1.248	1.651	1.703	1.864	0.657 + 0.215s - 0.006s ²	0.940
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.827	1.115	1.287	1.415	1.596	1.697	1.782	0.588 + 0.275s - 0.015s ²	0.995
CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL HEMBRAS									
1) Testigo	0.754	1.048	1.297	1.431	1.579	1.674	1.803	0.477 + 0.316s - 0.019s ²	0.995
2) - 1% PC	0.823	1.148	1.397	1.539	1.681	1.775	1.993	0.571 + 0.305s - 0.016s ²	0.986
3) + 50 kcal/kg EM	0.765	1.078	1.290	1.373	1.565	1.665	1.774	0.525 + 0.290s - 0.016s ²	0.990
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.773	1.115	1.372	1.468	1.634	1.714	1.845	0.492 + 0.338s - 0.021s ²	0.988
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.737	1.075	1.424	1.434	1.593	1.684	1.816	0.445 + 0.358s - 0.024s ²	0.969
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.722	1.044	1.265	1.408	1.552	1.656	1.775	0.451 + 0.319s - 0.019s ²	0.994

CUADRO 7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD (índice): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD MACHOS									
1) Testigo	0.835	1.151	1.319	1.473	1.622	1.704	1.824	0.590 + 0.291s - 0.017s ²	0.993
2) - 1% PC	0.747	1.112	1.339	1.462	1.597	1.686	1.858	0.490 + 0.325s - 0.019s ²	0.984
3) + 50 kcal/kg EM	0.814	1.126	1.337	1.465	1.645	1.719	1.831	0.544 + 0.313s - 0.019s ²	0.994
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.836	1.141	1.335	1.462	1.611	1.687	1.829	0.599 + 0.285s - 0.016s ²	0.991
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.820	1.120	1.328	1.240	1.642	1.696	1.858	0.663 + 0.209s - 0.006s ²	0.939
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.822	1.112	1.285	1.414	1.595	1.696	1.772	0.577 + 0.281s - 0.016s ²	0.995
CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA PARA MORTALIDAD HEMBRAS									
1) Testigo	0.747	1.044	1.294	1.430	1.578	1.673	1.802	0.467 + 0.320s - 0.019s ²	0.995
2) - 1% PC	0.823	1.148	1.397	1.539	1.681	1.775	1.922	0.541 + 0.331s - 0.020s ²	0.992
3) + 50 kcal/kg EM	0.750	1.053	1.275	1.363	1.557	1.658	1.769	0.503 + 0.291s - 0.016s ²	0.991
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.773	1.099	1.354	1.446	1.617	1.701	1.833	0.501 + 0.325s - 0.020s ²	0.989
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.730	1.071	1.403	1.422	1.584	1.677	1.810	0.445 + 0.351s - 0.023s ²	0.972
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.719	1.039	1.243	1.393	1.540	1.647	1.767	0.457 + 0.308s - 0.018s ²	0.995

CUADRO 8 EFICIENCIA ALIMENTICIA (peso corporal/consumo alimento por 100): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ALIMENTICIA MACHOS									
1) Testigo	119.80	85.81	75.35	67.65	61.52	58.58	54.76	139.779 - 27.654s + 2.281s ²	0.959
2) - 1% PC	133.87	89.95	74.70	68.41	62.62	59.30	53.82	158.440 - 35.280s + 3.010s ²	0.941
3) + 50 kcal/kg EM	122.92	88.83	73.66	67.65	59.56	56.88	53.65	145.935 - 30.454s + 2.531s ²	0.969
4) - 1%PC + 50kcal/kg	118.19	87.23	74.71	68.11	61.89	59.15	54.60	137.905 - 26.580s + 2.163s ²	0.965
5) - 1%PC - 50kcal/kg	122.00	89.27	74.84	80.10	60.58	58.73	53.65	138.731 - 24.448s + 1.804s ²	0.923
6) + 50kcal/kg + 1%PC	120.87	89.68	77.70	70.65	62.68	58.93	56.11	141.232 - 26.928s + 2.157s ²	0.973
EFICIENCIA ALIMENTICIA HEMBRAS									
1) Testigo	132.56	95.45	77.11	69.86	63.32	59.75	55.47	158.489 - 34.105s + 2.850s ²	0.968
2) - 1% PC	121.53	87.12	71.56	64.98	59.50	56.33	50.18	143.472 - 29.837s + 2.445s ²	0.960
3) + 50 kcal/kg EM	130.79	92.80	77.49	72.82	63.89	60.07	56.36	153.837 - 31.780s + 2.623s ²	0.957
4) - 1%PC + 50kcal/kg	129.28	89.70	72.88	68.13	61.18	58.33	54.21	153.736 - 33.823s + 2.890s ²	0.952
5) - 1%PC - 50kcal/kg	135.68	93.04	70.23	69.74	62.76	59.37	55.06	162.616 - 37.573s + 3.283s ²	0.937
6) + 50kcal/kg + 1%PC	138.54	95.81	79.04	71.02	64.43	60.38	56.35	165.369 - 36.617s + 3.095s ²	0.959

CUADRO 9 EFICIENCIA PROTEÍNIC (peso corporal/consumo proteína): VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA PROTEÍNIC MACHOS									
1) Testigo	5.21	3.73	3.28	3.22	2.93	2.93	2.74	5.947 - 1.118s + 0.098s ²	0.915
2) - 1% PC	6.09	4.09	3.40	3.26	2.98	2.96	2.69	7.146 - 1.575s + 0.139s ²	0.920
3) + 50 kcal/kg EM	5.34	3.86	3.20	3.22	2.84	2.84	2.68	6.216 - 1.241s + 0.109s ²	0.931
4) - 1%PC + 50kcal/kg	5.37	3.97	3.40	3.24	2.95	2.96	2.73	6.216 - 1.181s + 0.101s ²	0.945
5) - 1%PC - 50kcal/kg	5.55	4.06	3.40	3.81	2.88	2.94	2.68	6.241 - 1.074s + 0.083s ²	0.883
6) + 50kcal/kg + 1%PC	5.04	3.74	3.24	3.36	2.98	2.95	2.81	5.675 - 0.979s + 0.084s ²	0.903
EFICIENCIA PROTEÍNIC HEMBRAS									
1) Testigo	5.76	4.15	3.35	3.49	3.17	3.14	2.92	6.659 - 1.325s + 0.118s ²	0.905
2) - 1% PC	5.52	3.96	3.25	3.25	2.97	2.96	2.64	6.376 - 1.261s + 0.109s ²	0.916
3) + 50 kcal/kg EM	5.69	4.03	3.37	3.64	3.19	3.16	2.97	6.448 - 1.218s + 0.107s ²	0.875
4) - 1%PC + 50kcal/kg	5.88	4.08	3.31	3.41	3.06	3.07	2.85	6.844 - 1.444s + 0.130s ²	0.905
5) - 1%PC - 50kcal/kg	6.17	4.23	3.19	3.49	3.14	3.12	2.90	7.242 - 1.611s + 0.147s ²	0.885
6) + 50kcal/kg + 1%PC	5.77	3.99	3.29	3.55	3.22	3.18	2.97	6.578 - 1.309s + 0.118s ²	0.862

CUADRO 10 EFICIENCIA ENERGÉTICA [peso corporal (g) /consumo energía (kcal)]: VALORES, ECUACIONES Y R² PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEMANA							Y=B ₀ +B ₁ x+B ₂ x ²	R ²
	1	2	3	4	5	6	7		
EFICIENCIA ENERGÉTICA MACHOS									
1) Testigo	0.399	0.286	0.251	0.218	0.198	0.183	0.171	0.469 - 0.094s + 0.007s ²	0.969
2) - 1% PC	0.446	0.300	0.249	0.221	0.202	0.185	0.168	0.531 - 0.119s + 0.010s ²	0.953
3) + 50 kcal/kg EM	0.403	0.291	0.241	0.218	0.192	0.178	0.168	0.479 - 0.100s + 0.008s ²	0.973
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.388	0.286	0.245	0.220	0.200	0.185	0.171	0.453 - 0.087s + 0.007s ²	0.971
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.414	0.303	0.254	0.258	0.195	0.184	0.168	0.477 - 0.087s + 0.006s ²	0.950
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.396	0.294	0.255	0.228	0.202	0.184	0.175	0.463 - 0.088s + 0.007s ²	0.977
EFICIENCIA ENERGÉTICA HEMBRAS									
1) Testigo	0.442	0.318	0.257	0.225	0.204	0.190	0.176	0.532 - 0.116s + 0.010s ²	0.976
2) - 1% PC	0.405	0.290	0.239	0.210	0.192	0.179	0.159	0.481 - 0.101s + 0.008s ²	0.968
3) + 50 kcal/kg EM	0.429	0.304	0.254	0.235	0.206	0.191	0.179	0.506 - 0.105s + 0.009s ²	0.962
4) - 1%PC + 50kcal/kg	0.424	0.294	0.239	0.220	0.197	0.185	0.172	0.506 - 0.112s + 0.009s ²	0.957
5) - 1%PC - 50kcal/kg	0.460	0.315	0.238	0.225	0.202	0.188	0.175	0.558 - 0.132s + 0.011s ²	0.954
6) + 50kcal/kg + 1%PC	0.454	0.314	0.259	0.229	0.208	0.192	0.179	0.543 - 0.121s + 0.010s ²	0.964

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CUADRO 11 MORTALIDAD TOTAL (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
1) Testigo	Macho	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
2) - 1% PC	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3) + 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	0.00	1.82	1.82	5.45	7.27	7.27
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Macho	1.82	1.82	1.82	3.64	3.64	3.64	3.64
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Macho	0.00	0.00	1.82	3.64	3.64	3.64	3.64
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Macho	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
1) Testigo	Hembra	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
2) - 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64
3) + 50 kcal/kg EM	Hembra	3.64	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Hembra	0.00	3.64	5.45	7.27	7.27	7.27	7.27
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Hembra	1.82	1.82	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Hembra	1.82	3.64	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45

CUADRO 12 MORTALIDAD POR SÍNDROME ASCÍTICO (%): VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
1) Testigo	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2) - 1% PC	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3) + 50 kcal/kg EM	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Macho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1) Testigo	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2) - 1% PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3) + 50 kcal/kg EM	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Hembra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CUADRO 13 ÍNDICE DE PRODUCCIÓN: VALORES POR SEMANA PARA CADA TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	SEXO	SEMANA						
		1	2	3	4	5	6	7
1) Testigo	Macho	185	164	199	221	240	265	266
2) - 1% PC	Macho	219	183	199	231	253	277	263
3) + 50 kcal/kg EM	Macho	211	186	199	227	224	244	247
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Macho	189	168	194	223	242	271	261
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Macho	205	186	201	313	235	265	257
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Macho	195	182	219	251	259	276	289
1) Testigo	Hembra	208	188	192	212	219	233	225
2) - 1% PC	Hembra	196	172	177	193	204	216	195
3) + 50 kcal/kg EM	Hembra	209	175	183	216	211	223	223
4) - 1%PC + 50kcal/kg	Hembra	206	169	166	192	195	211	206
5) - 1%PC - 50kcal/kg	Hembra	201	175	152	201	206	224	220
6) + 50kcal/kg + 1%PC	Hembra	219	187	197	213	220	233	230

CUADRO 14 CUADRADOS MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g) DE LAS MEDICIONES EN RASTRO ASOCIADAS A TRATAMIENTO Y SEXO

Origen de la Variación	VARIABLES DEPENDIENTES							
	GRASA		PECHUGA		PIERNAS		MUSLOS	
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.
Tratamiento	5	0.200	5	5.285	5	2.750	5	2.368
Sexo	1	7.119 †	1	5.453	1	33.343 †	1	5.582 ‡
Tratamiento * Sexo	5	0.389	5	7.657 ‡	5	2.974	5	0.829
Error	115	0.6041	109	3.485	108	2.087	110	1.962
R^2	0.259		0.179		0.206		0.101	

† P < 0.01

‡ P < 0.10

CUADRO 15 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA MACHOS

		TRATAMIENTOS (Dietas)					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACIÓN ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACION		Testigo	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	-1% PC + 50 kcal/kg EM	-1% PC - 50 kcal/kg EM	+ 50 kcal/kg EM +1% PC
COSTO POR TON. DE ALIMENTO	A	\$2,135 97	\$2,125 62	\$2,144 76	\$2,134 40	\$2,116 83	\$2,155 11
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a SEM.	B	0 239	0 245	0 231	0 236	0 240	0 247
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a SEM.	(A B)=C	\$511 20	\$519 89	\$495 17	\$502 72	\$508 57	\$533 35
COSTO VARIABLE * POR TRATAMIENTO	C	\$511 20	\$519 89	\$495 17	\$502 72	\$508 57	\$533 35
COSTOS FIJOS **	D	\$170 61	\$170 61	\$170 61	\$170 61	\$170 61	\$170 61
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$681 80	\$690 50	\$665 78	\$673 33	\$679 17	\$703 96
RELACION BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L FINAL (7a SEM.)	F	54	55	51	53	53	54
PESO PROMEDIO (g) 7a SEM.	G	2427	2393	2429	2427	2432	2571
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	131 06	131 62	123 88	128.63	128 90	138.83
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	I	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7.50	\$7 50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$982 94	\$987 11	\$929 09	\$964 73	\$966 72	\$1,041 26
INGRESOS NETOS	J-E	\$301 13	\$296 61	\$263 31	\$291 41	\$287 55	\$337 30
RELACION BENEFICIO/COSTO	J/E	1.442	1.430	1.395	1.433	1.423	1.479
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		2	3	6	4	5	1

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

CUADRO 16 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA HEMBRAS

		TRATAMIENTOS (Dietas)					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACION ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
FORMULACION		Testigo	-1% PC	+ 50 kcal/kg EM	-1% PC + 50 kcal/kg EM	-1% PC - 50 kcal/kg EM	+ 50 kcal/kg EM +1% PC
COSTO POR TON. DE ALIMENTO	A	\$2,044 21	\$2,033 86	\$2,053 00	\$2,042 65	\$2,025 07	\$2,063 36
CONSUMO TOTAL ALIM TON. 7a. SEM.	B	0 197	0 209	0.190	0 189	0 195	0 195
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	(A B)=C	\$402 47	\$425 36	\$389 29	\$385 76	\$395 29	\$402 03
COSTO VARIABLE* POR TRATAMIENTO	C	\$402 47	\$425 36	\$389 29	\$385 76	\$395 29	\$402 03
COSTOS FIJOS**	D	\$133 34	\$133 34	\$133 34	\$133 34	\$133 34	\$133 34
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$535 82	\$558 70	\$522 63	\$519 11	\$528 64	\$535 38
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L. FINAL (7a. SEM.)	F	54	53	51	51	53	52
PESO PROMEDIO (g) 7ª SEM.	G	2023	1980	2095	2007	2028	2111
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	109 24	104 94	106 85	102 36	107 48	109 77
PRECIO POR Kg. POLLO PIÉ DE GRANJA	I	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$819 32	\$787 05	\$801 34	\$767 68	\$806 13	\$823 29
INGRESOS NETOS	J-E	\$283 50	\$228 35	\$278 71	\$248 57	\$277 49	\$287 91
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	J/E	1 529	1 409	1 533	1 479	1 525	1 538
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		2	6	3	5	4	1

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

ANEXO 4: Experimento 4

CUADRO 1 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO

		TRATAMIENTOS (RELACIÓN LISINA:PROTEÍNA CRUDA)					
		4.70	5.00	5.30	5.60	5.90	6.20
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO
PRESENTACION ALIMENTO		HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA	HARINA
COSTO POR TON. DE ALIMENTO	A	\$2,150.71	\$2,134.00	\$2,122.51	\$2,114.29	\$2,107.37	\$2,109.99
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a. SEM.	B	1 232	1 237	1 303	1 234	1 277	1 308
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	(A B)=C	\$2,650.36	\$2,640.54	\$2,764.67	\$2,608.55	\$2,690.53	\$2,759.36
COSTO VARIABLE* POR TRATAMIENTO	C	\$2,650.36	\$2,640.54	\$2,764.67	\$2,608.55	\$2,690.53	\$2,759.36
COSTOS FIJOS**	D	\$895.22	\$895.22	\$895.22	\$895.22	\$895.22	\$895.22
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+D=E	\$3,545.58	\$3,535.76	\$3,659.90	\$3,503.78	\$3,585.76	\$3,654.59
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS INICIALES	F	330	330	330	330	330	330
(%) DE MORT. ACUM. A LOS 49 DÍAS.	G	18.18%	22.73%	17.27%	26.36%	22.12%	16.97%
POLLOS VIVOS A L FINAL (7a. SEM.)	F-G=H	270	255	273	243	257	274
PESO PROMEDIO (g) 7a. SEM.	I	2256	2335	2345	2348	2284	2262
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(H I)=J	609.13	595.43	640.19	570.57	586.99	619.79
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	K	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50
INGRESOS BRUTOS	(K J)=L	\$4,568.45	\$4,465.70	\$4,801.43	\$4,279.27	\$4,402.42	\$4,648.45
INGRESOS NETOS	L-E	\$1,022.86	\$929.94	\$1,141.53	\$775.49	\$816.67	\$993.86
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	L/E	1.288	1.263	1.312	1.221	1.228	1.272
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		2	4	1	6	5	3

ACOTACIONES:

El costo por tonelada de alimento, se refiere al costo promedio de los diferentes tipos de alimento utilizados en todo el ciclo productivo del pollo

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como Costos Variables el costo alimenticio

**Al Costo Fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los Costos Totales de Producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los Costos Variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación Beneficio/Costo

ANEXO 5: Experimento 5

CUADRO 1 CUADRADOS MEDIOS DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS ASOCIADOS A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

PARÁMETROS PRODUCTIVOS										
Origen de la Variación	GL	Consumo de Alimento	Ganancia Diaria	CAC	CACo	IP	MT	SA	GL	Peso Corporal
<i>Tratamiento</i>	2	2099379.3 †	394.18 †	0.0387 †	0.0096	4672.00 †	128.66 †	19.23 *	2	454687.2 †
<i>Sexo</i>	1	1509557.3 †	514.50 †	0.0069 ‡	0.0133 ‡	17814.88 †	3.30	7.49 ‡	1	656019.4 †
<i>Tratamiento por Sexo</i>	2	17939.4 *	12.25 ‡	0.0002	0.0027	2699.62 *	209.16 †	1.99	2	7487.7
<i>Semana</i>	6	532366766.2 †	30087.99 †	26.7035 †	25.6051 †	89119.08 †	144.11 †	101.53 †	7	172410878.2 †
<i>Tratamiento por Semana</i>	12	1466464.9 †	241.15 †	0.0330	0.0412	6841.67 ‡	38.84	30.10	14	390391.3 †
<i>Sexo por Semana</i>	6	1745176.2 †	314.75 †	0.0053	0.0591 *	6359.20 †	38.95	24.36 ‡	7	881499.2 †
<i>Tratamiento por Sexo por Semana</i>	12	12528.7	17.25	0.0320	0.0424	3576.05	6.69	5.16	14	20356.3
<i>Error</i>	126	365179.3	256.00	0.3144	0.5314	40641.00	529.75	272.58	144	299363.2
<i>R²</i>		0.9993	0.9920	0.9884	0.9798	0.7633	0.5182	0.4106		0.9983

† P < 0.01

* P < 0.05

‡ P < 0.10

GL= Grados de libertad

CAC= Conversión alimenticia comercial

CACo= Conversión alimenticia corregida por mortalidad

IP= Índice de producción

MT= Mortalidad total

SA= Mortalidad por síndrome ascítico

CUADRO 2 VALORES ACUMULADOS DE CONSUMO DE ALIMENTO (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	104 a	104 a	97 b	102 ab	101 ab	102 ab	1.94
2	408 a	388 b	384 b	391 ab	392 ab	384 b	5.93
3	929 a	858 cd	897 b	880 bc	834 d	775 e	10.79
4	1739 a	1599 c	1724 a	1653 b	1479 d	1382 e	16.04
5	2787 a	2519 c	2813 a	2631 b	2358 d	2185 e	25.55
6	4125 a	3703 c	4218 a	3856 b	3736 c	3401 d	33.74
7	5650 b	5041 d	5862 a	5265 c	5278 c	4716 e	53.56

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
 EE= Error estándar

CUADRO 3 VALORES ACUMULADOS DE GANANCIA DIARIA (g) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	18.75 a	18.25 a	18.00 a	18.00 a	18.50 a	18.25 a	0.32
2	25.75 a	24.25 b	24.00 b	24.00 b	25.00 ab	24.50 b	0.34
3	33.75 a	31.50 c	32.75 b	31.75 c	31.00 c	28.75 d	0.33
4	41.75 a	37.50 bc	41.50 a	39.00 b	35.50 cd	34.25 d	0.71
5	50.75 a	45.25 b	50.50 a	48.00 ab	45.25 b	39.25 c	1.52
6	57.50 a	50.50 c	57.50 a	51.50 bc	52.00 b	46.00 d	0.41
7	61.75 a	53.50 d	63.00 a	55.00 c	58.50 b	50.50 e	0.50

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
 EE= Error estándar

CUADRO 4 VALORES ACUMULADOS DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA COMERCIAL (ÍNDICE) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	0 801 a	0 802 a	0 769 b	0 804 a	0 785 ab	0 786 ab	0 008
2	1 143 ab	1 143 ab	1 147 ab	1 168 a	1 141 ab	1 124 b	0 013
3	1 327 a	1 330 a	1 328 a	1 335 a	1 313 a	1 302 a	0 017
4	1 539 a	1 583 a	1 527 a	1 549 a	1 560 a	1 499 a	0 033
5	1 647 a	1 666 a	1 677 a	1 643 a	1 572 a	1 658 a	0 042
6	1 840 bc	1 839 bc	1 865 ab	1 901 a	1 806 c	1 846 abc	0 019
7	2 040 bc	2 060 abc	2 097 ab	2 121 a	1 996 c	2 032 bc	0 025

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
EE= Error estándar

CUADRO 5 VALORES ACUMULADOS DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA CORREGIDA POR MORTALIDAD (índice) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	0 794 ab	0 786 ab	0 769 b	0 804 a	0 779 ab	0 786 ab	0 009
2	1 139 a	1 134 a	1 139 a	1 162 a	1 136 a	1 124 a	0 129
3	1 325 a	1 309 a	1 323 a	1 183 a	1 310 a	1 302 a	0 065
4	1 530 a	1 567 a	1 524 a	1 546 a	1 534 a	1 499 a	0 030
5	1 628 a	1 654 a	1 642 a	1 633 a	1 557 a	1 658 a	0 041
6	1 797 c	1 829 bc	1 823 bc	1 877 a	1 793 c	1 846 ab	0 013
7	1 991 cd	2 050 ab	2 014 bc	2 084 a	1 946 d	2 032 bc	0 015

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
EE= Error estándar

CUADRO 6 VALORES ACUMULADOS DE ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	231 a	221 a	235 a	225 a	230 a	235 a	4.84
2	223 a	206 b	209 b	206 b	213 ab	218 ab	4.54
3	254 a	225 cd	245 ab	238 bc	230 cd	222 d	4.85
4	268 a	224 b	269 a	251 ab	223 b	227 b	9.72
5	301 a	257 ab	294 a	289 ab	286 ab	238 b	17.57
6	299 a	261 c	297 a	264 bc	280 b	250 c	5.76
7	288 a	246 b	283 a	251 b	281 a	248 b	7.78

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
 EE= Error estándar

CUADRO 7 VALORES ACUMULADOS DE MORTALIDAD TOTAL (%) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	0.73 b	3.65 a	0.00 b	0.00 b	1.45 b	0.00 b	0.53
2	0.73 b	3.65 a	0.76 b	0.76 b	2.16 ab	0.00 b	0.82
3	0.73 b	5.12 a	0.76 b	0.76 b	2.16 b	0.00 b	0.82
4	1.47 bc	5.12 a	0.76 bc	0.76 bc	2.90 ab	0.00 c	0.93
5	2.23 ab	5.12 a	3.01 ab	1.51 b	2.90 ab	0.00 b	1.13
6	3.72 ab	5.12 a	3.74 a	2.27 ab	2.90 ab	0.00 b	1.26
7	4.48 a	5.12 a	5.97 a	3.03 ab	4.35 a	0.00 b	1.42

Valores con distinta literal en renglón, son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
 EE= Error estándar

CUADRO 8 VALORES ACUMULADOS DE MORTALIDAD POR SÍNDROME ASCÍTICO (%) PARA MACHO Y HEMBRA POR SEMANA PARA LOS 3 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS (Relación lisina:proteína cruda)							
SEMANA	5.0		5.6		Restricción alimenticia (5.0)		EE
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00 b	1.47 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.35
4	0.73 a	1.47 a	0.00 a	0.00 a	0.73 a	0.00 a	0.55
5	1.49 a	1.47 a	1.49 a	0.76 a	0.73 a	0.00 a	0.74
6	2.98 a	1.47 a	2.23 a	1.51 a	0.73 a	0.00 a	1.08
7	2.98 ab	1.47 ab	4.45 a	2.27 ab	2.18 ab	0.00 b	1.28

Valores con distinta literal en renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

CUADRO 9 CUADRADOS MEDIOS DE LA RELACIÓN PIEZA POR CANAL (g/100g) DE LAS MEDICIONES EN RASTRO ASOCIADAS A TRATAMIENTO Y SEXO

VARIABLES DEPENDIENTES					
Origen de la Variación	GL	GRASA	PECHUGA	PIERNAS	MUSLOS
Tratamiento	2	1.574	15.676 *	1.286	0.306
Sexo	1	8.996 †	24.984 †	1.976 *	0.021
Tratamiento * Sexo	2	0.086	1.458	0.129	2.593
Error	42	20.806	103.162	19.430	30.320
R^2		0.3387	0.2899	0.1486	0.0878

† $P < 0.01$

* $P < 0.05$

GL= Grados de libertad

TEJES CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 10 CUADRADOS MEDIOS DE LA RELACIÓN GRASA ABDOMINAL POR PESO VIVO (g/100g) ASOCIADA A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

VARIABLE DEPENDIENTE: GRASA ABDOMINAL		
Origen de la Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
<i>Tratamiento</i>	2	0.2021
<i>Sexo</i>	1	2.2971 †
<i>Tratamiento * Sexo</i>	2	0.5132
<i>Semana</i>	6	90.6947 †
<i>Tratamiento * Semana</i>	12	1.7466
<i>Sexo * Semana</i>	6	3.9982 †
<i>Tratamiento * Sexo * Semana</i>	12	0.8110
<i>Error</i>	150	26.7564
R^2		0.7919

† P < 0.01

CUADRO 11 CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES COLESTEROL, TRIGLICÉRIDOS, LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD (LAD) Y LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD (LBD) ASOCIADAS A TRATAMIENTO, SEXO Y DÍAS 35 Y 49 DE EDAD

Origen de la Variación	GL	VARIABLES DEPENDIENTES			
		COLESTEROL	TRIGLICÉRIDOS	LAD	LBD
<i>Tratamiento</i>	2	250.18	665.73	254.08	28.75
<i>Sexo</i>	1	1298.12	77.91	864.59 *	0.22
<i>Tratamiento * Sexo</i>	2	121.56	132.75	17.25	22.39
<i>Individuo (Tratamiento*Sexo)</i>	24	12220.37 †	3749.71 †	3840.46	663.71 †
<i>Día</i>	1	340.93	34.72	642.92 ‡	6.59
<i>Tratamiento*Día</i>	2	753.15 ‡	544.44 †	466.45	6.53
<i>Sexo*Día</i>	1	628.93 *	15.06	289.83	0.67
<i>Tratamiento*Sexo*Día</i>	2	199.21	27.31	425.07	22.52
<i>Peso vivo</i>	1	498.83	4.09	556.71 ‡	0.45
<i>Error</i>	23	2778.37	857.43	3855.71	116.54
R^2		0.8547	0.8918	0.6140	0.9025

† P < 0.01

* P < 0.05

‡ P < 0.10

GL= Grados de libertad

CUADRO 12 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS (P < 0.05) DE LAS VARIABLES PESO VIVO (PESO), COLESTEROL (COL), TRIGLICÉRIDOS (TGC), LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD (LAD) Y LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD (LBD) ASOCIADAS A TRATAMIENTO, SEXO Y DÍAS 35 Y 49 DE EDAD

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO COL	PESO TGC	PESO LAD	PESO LBD	COL TGC	COL LAD	COL LBD	TGC LAD	TGC LBD	LAD LBD
TRATAMIENTO										
5 0				0.53151 0.0159			0.61334 0.0040		-0.53070 0.0161	
5 6			-0.58979 0.0062	0.46927 0.0369			0.85392 <0.0001		-0.64636 0.0021	
Restricción		-0.61745 0.0037				0.66800 0.0013			-0.65214 0.0018	
SEXO										
Hembras		-0.36149 0.0497		0.45895 0.0107			0.82043 <0.0001		-0.62494 0.0002	-0.38503 0.0356
Machos		-0.45933 0.0107		0.50245 0.0047		0.55138 0.0016	0.46475 0.0097		-0.56309 0.0012	
TRATAMIENTO POR SEXO										
5 0 Hembras	0.65053 0.0417						0.65765 0.0388		-0.67835 0.0311	
5 0 Machos							0.74631 0.0132			
5 6 Hembras							0.94297 <0.0001		-0.63480 0.0486	
5 6 Machos		-0.75191 0.0121	-0.72676 0.0173	0.84369 0.0022					-0.75662 0.0113	-0.72440 0.0178
Restricción Hembras		-0.73549 0.0153		0.68068 0.0303					-0.75136 0.0122	
Restricción Machos						0.81550 0.0040				
DÍA										
Día 35		-0.41036 0.0243				0.61221 0.0003	0.55303 0.0015	-0.37892 0.0389	-0.52690 0.0028	
Día 49							0.72144 <0.0001		-0.50181 0.0047	-0.45270 0.0120
TRATAMIENTO POR DÍA										
5 0 Día 35						0.83877 0.0024				
5 0 Día 49										
5 6 Día 35							0.95914 <0.0001	-0.78840 0.0067	-0.65152 0.0413	
5 6 Día 49							0.85511 0.0016			
Restricción Día 35						0.78020 0.0078				
Restricción Día 49				-0.71346 0.0205						

CONTINÚA....

CUADRO 12 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO COL	PESO TGC	PESO LAD	PESO LBD	COL TGC	COL LAD	COL LBD	TGC LAD	TGC LBD	LAD LBD
SEXO POR DÍA										
Hembras Día 35							0.74717 0.0014		-0.60819 0.0161	
Hembras Día 49							0.82487 0.0002		-0.55141 0.0331	
Machos Día 35						0.74152 0.0016		-0.53038 0.0420		
Machos Día 49							0.53185 0.0413			-0.62571 0.0126
TRATAMIENTO POR SEXO POR DÍA										
5 0 Hembras Día 35										0.96064 0.0093
5 0 Hembras Día 49										
5 0 Machos Día 35										
5 0 Machos Día 49			0.89669 0.0392							
5 6 Hembras Día 35							0.97027 0.0061			
5 6 Hembras Día 49							0.94050 0.0173			
5 6 Machos Día 35				0.96888 0.0066			0.90688 0.0336			
5 6 Machos Día 49										
Restricción Hembras Día 35										
Restricción Hembras Día 49				-0.91878 0.0274						
Restricción Machos Día 35							0.88737 0.0446			
Restricción Machos Día 49	0.89321 0.0412									

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CUADRO 13 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS (P < 0.05) PARA PESO DE GRASA (GRASA) CON LAS VARIABLES PESO VIVO (PESO), COLESIEROL (COL), TRIGLICÉRIDOS (TGC), LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD (LAD) Y LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD (LBD) ASOCIADAS A TRATAMIENTO, SEXO Y DÍAS 35 Y 49 DE EDAD

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA COL	GRASA TGC	GRASA LAD	GRASA LBD
TRATAMIENTO					
5 0	0.82694 <0.0001	0.65691 0.0057			
5 6	0.89783 <0.0001				
Restricción	0.89240 <0.0001				
SEXO					
Hembras	0.92602 <0.0001				
Machos	0.89277 <0.0001				0.47813 0.0181
TRATAMIENTO POR SEXO					
5 0 Hembras	0.85219 0.0072	0.84999 0.0075			
5 0 Machos	0.83388 0.0101				
5 6 Hembras	0.98206 <0.0001				
5 6 Machos	0.91247 0.0016				0.76798 0.0261
Restricción Hembras	0.95882 0.0002				
Restricción Machos	0.93380 0.0007				
DÍA					
Día 35					
Día 49			0.48270 0.0169	0.47176 0.0199	
TRATAMIENTO POR DÍA					
5 0 Día 35					
5 0 Día 49				0.77388 0.0242	
5 6 Día 35					
5 6 Día 49					
Restricción Día 35					
Restricción Día 49			0.77833 0.0229		

CONTINÚA.....

CUADRO 13 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA COL	GRASA TGC	GRASA LAD	GRASA LBD
SEXO POR DÍA					
Hembras Día 35					
Hembras Día 49					-0.58295 0.0467
Machos Día 35					
Machos Día 49	0.72416 0.0077				
TRATAMIENTO POR SEXO POR DÍA					
5 0 Hembras Día 35					
5 0 Hembras Día 49					
5 0 Machos Día 35					
5 0 Machos Día 49					
5 6 Hembras Día 35					-0.96490 0.0351
5 6 Hembras Día 49					
5 6 Machos Día 35					
5 6 Machos Día 49					
Restricción Hembras Día 35		-0.95131 0.0487			
Restricción Hembras Día 49					-0.98107 0.0189
Restricción Machos Día 35					
Restricción Machos Día 49					

CUADRO 14 CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES LÍPIDOS Y DNA POR GRAMO DE TEJIDO GRASO ABDOMINAL SECO, HIPERPLASIA E HIPERTROFIA DEL TEJIDO GRASO ASOCIADOS A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

Origen de la Variación	GL	VARIABLES DEPENDIENTES			
		LÍPIDOS	DNA	HIPERPLASIA	HIPERTROFIA
<i>Tratamiento</i>	2	0.0012	50660.3	21.43 *	2.84E-6 *
<i>Sexo</i>	1	0.0178 †	32174.1	1.43	5.95E-6 †
<i>Tratamiento * Sexo</i>	2	0.0015	23409.7	0.47	7.63E-7
<i>Semana</i>	6	0.0366 *	146947.5	183.64 †	6.40E-6 *
<i>Tratamiento*Semana</i>	12	0.0442	225833.0	40.75	5.09E-6
<i>Sexo*Semana</i>	6	0.0355 *	143390.4	15.55	7.09E-6 *
<i>Tratamiento*Sexo*Semana</i>	12	0.0193	96346.4	19.81	1.41E-6
<i>Peso vivo</i>	1	0.0200 †	30848.8	0.46	4.29E-6 †
<i>Error</i>	125	0.308	1886649.2	337.41	5.60E-5
<i>R²</i>		0.6995	0.6808	0.4714	0.7668

† P < 0.01

* P < 0.05

GL= Grados de libertad

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUADRO 15 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS (P < 0.05) DE LAS VARIABLES PESO VIVO (PESO), LÍPIDOS (LIPID), DNA POR GRAMO DE TEJIDO GRASO ABDOMINAL SECO, HIPERPLASIA (PLAS) E HIPERTROFIA (TROF) DEL TEJIDO GRASO ASOCIADOS A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO LIPID	PESO DNA	PESO PLAS	PESO TROF	LIPID DNA	LIPID PLAS	LIPID TROF	DNA PLAS	DNA TROF	PLAS TROF
TRATAMIENTO										
5 0	0.63731 <0.0001	-0.75502 <0.0001		0.79142 <0.0001	-0.62340 <0.0001		0.66682 <0.0001		-0.88647 <0.0001	
5 6	0.74582 <0.0001	-0.69667 <0.0001		0.78594 <0.0001	-0.64572 <0.0001		0.71919 <0.0001	0.30717 0.0213	-0.90177 <0.0001	
Restricción	0.84964 <0.0001	-0.77984 <0.0001		0.83530 <0.0001	-0.80097 <0.0001		0.80093 <0.0001		-0.90461 <0.0001	
SEXO										
Hembras	0.72241 <0.0001	-0.72292 <0.0001	0.28826 0.0065	0.83544 <0.0001	-0.53236 <0.0001	0.30633 0.0037	0.67168 <0.0001		-0.86744 <0.0001	
Machos	0.74640 <0.0001	-0.66493 <0.0001		0.76490 <0.0001	-0.70991 <0.0001		0.73849 <0.0001	0.34343 0.0011	-0.90565 <0.0001	-0.24721 0.0210
TRATAMIENTO POR SEXO										
5 0 Hembras	0.65055 0.0002	-0.80751 <0.0001		0.85422 <0.0001	-0.52614 0.0040		0.58892 0.0010		-0.87744 <0.0001	
5 0 Machos	0.66060 0.0001	-0.75313 <0.0001		0.82430 <0.0001	-0.70830 <0.0001		0.77745 <0.0001	0.41789 0.0269	-0.91436 <0.0001	
5 6 Hembras	0.76844 <0.0001	-0.80006 <0.0001		0.86265 <0.0001	-0.67220 <0.0001		0.74238 <0.0001		-0.89411 <0.0001	
5 6 Machos	0.74820 <0.0001	-0.61556 0.0005		0.75259 <0.0001	-0.61565 0.0005		0.69203 <0.0001		-0.92010 <0.0001	
Restricción Hembras	0.85414 <0.0001	-0.78254 <0.0001		0.87941 <0.0001	-0.74838 <0.0001		0.83881 <0.0001		-0.88956 <0.0001	
Restricción Machos	0.86945 <0.0001	-0.82002 <0.0001		0.85100 <0.0001	-0.86539 <0.0001		0.76987 <0.0001		-0.92491 <0.0001	
SEMANA										
1	-0.40560 0.0493	0.47936 0.0178		-0.51930 0.0093			0.48497 0.0163	0.60283 0.0018	-0.93520 <0.0001	-0.52102 0.0090
2		-0.45266 0.0263		0.47957 0.0177				0.61381 0.0014	-0.87673 <0.0001	-0.61948 0.0012
3								0.69571 0.0002	-0.83895 <0.0001	-0.74225 <0.0001
4							0.44445 0.0296	0.57225 0.0035	-0.97265 <0.0001	-0.53150 0.0075
5					-0.83832 <0.0001		0.83087 <0.0001	0.48162 0.0172	-0.92650 <0.0001	-0.50845 0.0112
6									-0.96937 <0.0001	
7							0.49611 0.0161	0.63268 0.0009	-0.90262 <0.0001	-0.42287 0.0444

CONTINÚA...

CUADRO 15 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

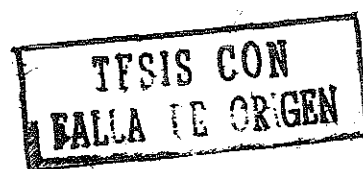
CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO LIPID	PESO DNA	PESO PLAS	PESO TROF	LIPID DNA	LIPID PLAS	LIPID TROF	DNA PLAS	DNA TROF	PLAS TROF
TRATAMIENTO POR SEMANA										
50 Semana 1				-0.71909 0.0444					-0.88452 0.0035	
50 Semana 2		-0.89756 0.0025		0.88295 0.0037				0.79401 0.0186	-0.96468 0.0001	
50 Semana 3									-0.83490 0.0099	-0.77469 0.0240
50 Semana 4									-0.98182 <0.0001	
50 Semana 5					-0.94576 0.0004		0.88626 0.0034		-0.97884 <0.0001	
50 Semana 6								0.81199 0.0144	-0.96313 <0.0001	
50 Semana 7									-0.78095 0.0382	
56 Semana 1									-0.96442 0.0001	
56 Semana 2					-0.77229 0.0247				-0.81240 0.0143	
56 Semana 3								0.74989 0.0321	-0.95273 0.0003	
56 Semana 4									-0.98984 <0.0001	
56 Semana 5					-0.83256 0.0103		0.84749 0.0079		-0.92748 0.0009	
56 Semana 6									-0.98748 <0.0001	
56 Semana 7								0.75015 0.0321	-0.95981 0.0002	-0.71244 0.0474
Restricción Semana 1			0.76957 0.0255			-0.75745 0.0295	0.74665 0.0333	0.74008 0.0358	-0.96146 0.0001	-0.72442 0.0421
Restricción Semana 2									-0.77953 0.0226	
Restricción Semana 3	-0.76138 0.0282							0.81599 0.0135	-0.81956 0.0128	-0.75436 0.0306
Restricción Semana 4							0.81835 0.0130	0.71567 0.0459	-0.95616 0.0002	
Restricción Semana 5							0.79021 0.0196		-0.97733 <0.0001	
Restricción Semana 6									-0.97736 <0.0001	
Restricción Semana 7									-0.97845 <0.0001	

CONTINÚA...

CUADRO 15 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO LIPID	PESO DNA	PESO PLAS	PESO TROF	LIPID DNA	LIPID PLAS	LIPID TROF	DNA PLAS	DNA TROF	PLAS TROF
SEXO POR SEMANA										
Hembras Semana 1	-0.61578 0.0330	0.81658 0.0012		-0.82709 0.0009			0.59301 0.0421		-0.93653 <0.0001	
Hembras Semana 2								0.66352 0.0186	-0.96296 <0.0001	-0.58012 0.0480
Hembras Semana 3								0.78106 0.0027	-0.89459 <0.0001	-0.82415 0.0010
Hembras Semana 4									-0.96514 <0.0001	
Hembras Semana 5					-0.62617 0.0294		0.73704 0.0062		-0.97611 <0.0001	
Hembras Semana 6									-0.96722 <0.0001	
Hembras Semana 7							0.62515 0.0297	0.70320 0.0107	-0.98689 <0.0001	-0.67116 0.0169
Machos Semana 1								0.68135 0.0147	-0.95712 <0.0001	-0.59048 0.0432
Machos Semana 2				0.59409 0.0417					-0.84104 0.0006	-0.66756 0.0177
Machos Semana 3								0.71466 0.0090	-0.84326 0.0006	-0.72031 0.0082
Machos Semana 4	0.76693 0.0036							0.72340 0.0078	-0.97916 <0.0001	-0.63766 0.0257
Machos Semana 5					-0.85438 0.0004		0.84697 0.0005		-0.93133 <0.0001	-0.64610 0.0232
Machos Semana 6									-0.97343 <0.0001	
Machos Semana 7	0.64679 0.0230							0.78939 0.0023	-0.79906 0.0032	
TRATAMIENTO POR SEXO POR SEMANA										
5.0 Hembras Semana 1									-0.99120 0.0088	
5.0 Hembras Semana 2		-0.97596 0.0240		0.99193 0.0081						
5.0 Hembras Semana 3										
5.0 Hembras Semana 4										
5.0 Hembras Semana 5									-0.99219 0.0078	
5.0 Hembras Semana 6									-0.95765 0.0424	
5.0 Hembras Semana 7									-0.99520 0.0048	

CONTINÚA...



CUADRO 15 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO LIPID	PESO DNA	PESO PLAS	PESO TROF	LIPID DNA	LIPID PLAS	LIPID TROF	DNA PLAS	DNA TROF	PLAS TROF
5.0 Machos Semana 1		0.99411 0.0059							-0.96287 0.0371	
5.0 Machos Semana 2			-0.95064 0.0494						-0.98370 0.0163	
5.0 Machos Semana 3									-0.98574 0.0143	
5.0 Machos Semana 4							0.96056 0.0394		-0.99370 0.0063	
5.0 Machos Semana 5									-0.98661 0.0134	
5.0 Machos Semana 6								0.96882 0.0312	-0.97199 0.0280	-0.99731 0.0027
5.0 Machos Semana 7				0.99999 0.0030						
5.6 Hembras Semana 1										
5.6 Hembras Semana 2							0.95153 0.0485		-0.99991 <0.0001	
5.6 Hembras Semana 3	-0.95194 0.0481								-0.97097 0.0290	-0.98683 0.0132
5.6 Hembras Semana 4								-0.98532 0.0147		0.97008 0.0299
5.6 Hembras Semana 5	0.99651 0.0035								-0.97894 0.0211	
5.6 Hembras Semana 6									-0.98579 0.0142	
5.6 Hembras Semana 7								0.97005 0.0300	-0.99713 0.0029	-0.95057 0.0494
5.6 Machos Semana 1									-0.98043 0.0196	
5.6 Machos Semana 2										
5.6 Machos Semana 3			0.96871 0.0313						-0.95353 0.0465	
5.6 Machos Semana 4									-0.99696 0.0030	
5.6 Machos Semana 5			-0.96848 0.0315				0.97074 0.0293		-0.96443 0.0356	
5.6 Machos Semana 6									-0.99656 0.0034	
5.6 Machos Semana 7									-0.98486 0.0151	

CONTINÚA....

CUADRO 15 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES										
Origen de la Variación	PESO LÍPID	PESO DNA	PESO PLAS	PESO TROF	LÍPID DNA	LÍPID PLAS	LÍPID TROF	DNA PLAS	DNA TROF	PLAS TROF
Restricción Hembras Sem. 1				-0.96094 0.0391					-0.96041 0.0396	
Restricción Hembras Sem. 2				-0.96498 0.0350					-0.95335 0.0466	
Restricción Hembras Sem. 3				0.96340 0.0366					-0.99165 0.0084	
Restricción Hembras Sem. 4									-0.96906 0.0309	
Restricción Hembras Sem. 5			0.96078 0.0392						-0.98517 0.0148	
Restricción Hembras Sem. 6									-0.98419 0.0158	
Restricción Hembras Sem. 7									-0.99210 0.0079	
Restricción Machos Sem. 1									-0.98208 0.0179	
Restricción Machos Sem. 2										
Restricción Machos Sem. 3										
Restricción Machos Sem. 4									-0.99972 0.0003	
Restricción Machos Sem. 5					-0.97705 0.0229		0.97445 0.0256		-0.99681 0.0032	
Restricción Machos Sem. 6									-0.97317 0.0268	
Restricción Machos Sem. 7						0.98619 0.0138			-0.98537 0.0146	

CUADRO 16 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ($P < 0.05$) PARA PESO DE GRASA (GRASA) CON LAS VARIABLES PESO VIVO (PESO), LÍPIDOS (LIPID), DNA POR GRAMO DE TEJIDO GRASO ABDOMINAL SECO, HIPERPLASIA (PLAS) E HIPERTROFIA (TROF) DEL TEJIDO GRASO ASOCIADOS A TRATAMIENTO, SEXO Y SEMANA

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA LIPID	GRASA DNA	GRASA PLAS	GRASA TROF
TRATAMIENTO					
5 0	0.91435 <0.0001	0.61544 <0.0001	-0.73590 <0.0001		0.85509 <0.0001
5 6	0.92035 <0.0001	0.70307 <0.0001	-0.66747 <0.0001		0.77455 <0.0001
Restricción	0.91009 <0.0001	0.78471 <0.0001	-0.74851 <0.0001		0.88009 <0.0001
SEXO					
Hembras	0.92910 <0.0001	0.64880 <0.0001	-0.67741 <0.0001	0.33517 0.0014	0.84411 0.0001
Machos	0.93598 <0.0001	0.71792 <0.0001	-0.66855 <0.0001		0.78525 <0.0001
TRATAMIENTO POR SEXO					
5 0 Hembras	0.93432 <0.0001	0.59004 0.0010	-0.74219 <0.0001		0.88168 <0.0001
5 0 Machos	0.93823 <0.0001	0.64580 0.0002	-0.73383 <0.0001		0.81120 <0.0001
5 6 Hembras	0.92490 <0.0001	0.66978 <0.0001	-0.70111 <0.0001		0.80433 <0.0001
5 6 Machos	0.93876 <0.0001	0.74327 <0.0001	-0.62679 0.0004		0.73946 <0.0001
Restricción Hembras	0.92913 <0.0001	0.79873 <0.0001	-0.72138 <0.0001		0.88314 <0.0001
Restricción Machos	0.92912 <0.0001	0.77646 <0.0001	-0.78197 <0.0001		0.87893 <0.0001
SEMANA					
1				0.49595 0.0137	
2	0.63167 0.0009		-0.41753 0.0423		0.51948 0.0093
3	0.48084 0.0174			0.52738 0.0081	
4	0.41626 0.0430		-0.48744 0.0157		0.57145 0.0035
5	0.53090 0.0076	0.56286 0.0042	-0.45356 0.0260	0.42921 0.0364	0.46145 0.0232
6			-0.51421 0.0102	0.53370 0.0072	0.48987 0.0151
7		0.58355 0.0028		0.57749 0.0031	

CONTINÚA...

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 16 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

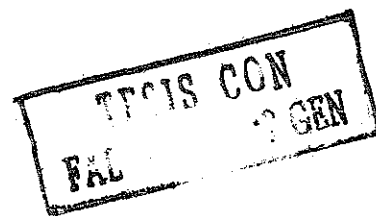
CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA LIPID	GRASA DNA	GRASA PLAS	GRASA TROF
TRATAMIENTO POR SEMANA					
5 0 Semana 1				0.81957 0.0128	
5 0 Semana 2	0.73461 0.0379				
5 0 Semana 3					
5 0 Semana 4					
5 0 Semana 5		0.74354 0.0345			
5 0 Semana 6					
5 0 Semana 7		0.70774 0.0495			
5 6 Semana 1			-0.86161 0.0060		0.90600 0.0019
5 6 Semana 2		0.79397 0.0186			
5 6 Semana 3					
5 6 Semana 4					0.71319 0.0470
5 6 Semana 5					
5 6 Semana 6					
5 6 Semana 7				0.82866 0.0110	
Restricción Semana 1					
Restricción Semana 2					
Restricción Semana 3				0.85047 0.0074	
Restricción Semana 4					
Restricción Semana 5		0.91302 0.0015			
Restricción Semana 6			-0.78917 0.0199		0.71816 0.0448
Restricción Semana 7					

CONTINÚA...

CUADRO 16 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA LIPID	GRASA DNA	GRASA PLAS	GRASA TROF
SEXO POR SEMANA					
Hembras Semana 1				0.72741 0.0073	
Hembras Semana 2					
Hembras Semana 3					
Hembras Semana 4			-0.61290 0.0341		0.60814 0.0359
Hembras Semana 5	0.59522 0.0412	0.91105 <0.0001		0.72982 0.0071	0.63031 0.0280
Hembras Semana 6					
Hembras Semana 7	0.67534 0.0159				
Machos Semana 1					
Machos Semana 2	0.85083 0.0005				0.63580 0.0263
Machos Semana 3	0.62715 0.0291				
Machos Semana 4	0.63247 0.0273				
Machos Semana 5		0.64270 0.0242	-0.69393 0.0123		
Machos Semana 6					
Machos Semana 7	0.86003 0.0003	0.85115 0.0004			
TRATAMIENTO POR SEXO POR SEMANA					
5 0 Hembras Semana 1					
5 0 Hembras Semana 2		0.95779 0.0422			
5 0 Hembras Semana 3					
5 0 Hembras Semana 4		-0.97275 0.0272			
5 0 Hembras Semana 5		0.99119 0.0088			
5 0 Hembras Semana 6					
5 0 Hembras Semana 7					

CONTINUA...



CUADRO 16 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA LÍPID	GRASA DNA	GRASA PLAS	GRASA TROF
5 0 Machos Semana 1					
5 0 Machos Semana 2	0.97010 0.0299				
5.0 Machos Semana 3					0.95233 0.0477
5 0 Machos Semana 4					
5 0 Machos Semana 5					
5.0 Machos Semana 6					
5.0 Machos Semana 7		0.96857 0.0314			
5 6 Hembras Semana 1					
5 6 Hembras Semana 2					
5 6 Hembras Semana 3					
5 6 Hembras Semana 4			-0.96078 0.0392	0.95397 0.0460	0.97482 0.0252
5 6 Hembras Semana 5					
5 6 Hembras Semana 6					
5 6 Hembras Semana 7					
5 6 Machos Semana 1			-0.98733 0.0127		0.99910 0.0009
5 6 Machos Semana 2					
5.6 Machos Semana 3		0.97428 0.0257			
5 6 Machos Semana 4					
5 6 Machos Semana 5					
5.6 Machos Semana 6					
5.6 Machos Semana 7		0.98952 0.0105			

CONTINÚA.....

CUADRO 16 CORRELACIONES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

CORRELACIONES					
Origen de la Variación	GRASA PESO	GRASA LIPID	GRASA DNA	GRASA PLAS	GRASA TROF
Restricción Hembras Semana 1					
Restricción Hembras Semana 2					
Restricción Hembras Semana 3					
Restricción Hembras Semana 4					
Restricción Hembras Semana 5	0.98502 0.0150				
Restricción Hembras Semana 6					
Restricción Hembras Semana 7					
Restricción Machos Semana 1		0.95202 0.0480			
Restricción Machos Semana 2					
Restricción Machos Semana 3	0.97643 0.0236				
Restricción Machos Semana 4					
Restricción Machos Semana 5		0.95463 0.0454			
Restricción Machos Semana 6					0.99328 0.0067
Restricción Machos Semana 7					

CUADRO 17 RELACIÓN DE COSTOS Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO PARA MACHOS Y HEMBRAS

		TRATAMIENTOS					
		1	2	3	4	5	6
CONSUMO ALIMENTO		LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	LIBRE ACCESO	Restricción: 8h consumo del día 15 al día 35	Restricción: 8h consumo del día 1 al día 35
FORMULACION (Relación lisina:proteína cruda)		5:0 Machos	5:0 Hembras	5:6 Machos	5:6 Hembras	5:0 Machos Restricción Alimenticia	5:0 Hembras Restricción Alimenticia
COSTO POR TON DE ALIMENTO INICIADOR	A	\$2,296 88	\$2 296 88	\$2,296 88	\$2,296 88	\$2,296 88	\$2,296 88
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 3a. SEM.	B	0 122	0 107	0 118	0 115	0 108	0 102
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 3a. SEM.	(A B)=C	\$279 73	\$246 79	\$269 89	\$264 93	\$247 55	\$234 90
COSTO POR TON DE ALIMENTO DE ALIMENTO CRECIMIENTO	A'	\$2,252 56	\$2,252 56	\$2,224 905	\$2,224 905	\$2,252 56	\$2 252 56
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 3a.-5a. SEM.	B'	0 240	0 208	0 245	0 228	0 195	0 186
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 3a.-5a. SEM.	(A' B')=C'	\$540 03	\$467 83	\$546 02	\$506 47	\$439 35	\$419 47
COSTO POR TON DE ALIMENTO FINALIZADOR	A ²	\$2,540 63	\$2,540 63	\$2,506 97	\$2,506 97	\$2,540 63	\$2,540 63
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 5a.-7a. SEM.	B ²	0 361	0 315	0 379	0 337	0 368	0 334
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 5a.-7a. SEM.	(A ² B ²)=C ²	\$917 12	\$800 77	\$949 43	\$845 31	\$935 97	\$848 80
CONSUMO TOTAL ALIM. TON. 7a. SEM.	B+B'+B ²	0 723	0 630	0 742	0 680	0 671	0 623
COSTO DEL CONSUMO TOTAL 7a. SEM.	C+C'+C ²	\$1,736 88	\$1,515 39	\$1,765 34	\$1,616 71	\$1,622 86	\$1,503 17
COSTO VARIABLE* POR TRATAMIENTO	C+C'+C ²	\$1,736 88	\$1,515 39	\$1,765 34	\$1,616 71	\$1,622 86	\$1,503 17
COSTOS FIJOS**	D	\$542 24	\$542 24	\$542 24	\$542 24	\$542 24	\$542 24
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO	C+C'+C ² +D=E	\$2,279 12	\$2,057 64	\$2,307 58	\$2,158 96	\$2,165 11	\$2,045 41
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO POR TRATAMIENTO							
POLLOS VIVOS A L FINAL (7a. SEM.)	F	126	125	124	128	126	132
PESO PROMEDIO (g) 7° SEM.	G	3019	2620	3086	2692	2864	2476
KGS. POLLO PRODUCIDOS	(F G)=H	380 62	327 53	383 25	344 64	361 24	326 77
PRECIO POR Kg. POLLO PIE DE GRANJA	I	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50	\$7 50
INGRESOS BRUTOS	(H I)=J	\$2,854 67	\$2,456 48	\$2,874 37	\$2,584 83	\$2,709 32	\$2,450 75
INGRESOS NETOS	J-E	\$575 55	\$398 85	\$566 78	\$425 87	\$544 22	\$405 33
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	J/E	1 253	1 194	1 246	1 197	1 251	1 198
Lugar obtenido de mayor a menor en base a los Ingresos Netos		1	6	2	4	3	5

ACOTACIONES:

Las literales indican los cálculos realizados

*Se tomó únicamente como costos variables el costo alimenticio

**Al costo fijo por tratamiento se le asignó el 25% dentro de los costos totales de producción; tomado sólo como un factor común obtenido del promedio de los costos variables para todos los tratamientos, para destacar el efecto del costo alimenticio en la relación beneficio/costo