

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**  
**Departamento de Nutrición y Bromatología III**  
**(Higiene y Tecnología de los Alimentos)**



**INFLUENCIA DE LA DIETA EN LA COMPOSICIÓN  
LIPÍDICA DE LA CARNE DE CONEJO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

**Ángel Cobos García**

Bajo la dirección de los doctores

**Lorenzo de la Hoz Perales**  
**Juan Antonio Ordóñez Pereda**

**Madrid, 2002**

3

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE VETERINARIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA III  
(HIGIENE Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS)

**INFLUENCIA DE LA DIETA  
EN LA COMPOSICION LIPIDICA  
DE LA CARNE DE CONEJO**

Memoria que para optar al grado de  
Doctor en Veterinaria presenta el  
Licenciado Angel Cobos García.

Madrid, Septiembre de 1993

JUAN ANTONIO ORDOÑEZ PEREDA, CATEDRATICO DE  
TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS, Y LORENZO DE LA HOZ PERALES,  
PROFESOR TITULAR DE TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS DE LA  
FACULTAD DE VETERINARIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE  
MADRID,

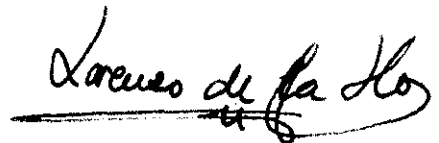
CERTIFICAN:

Que la tesis doctoral titulada "**Influencia de la dieta en la composición lipídica de la carne de conejo**", de la que es autor el licenciado en Veterinaria D. Angel Cobos García, ha sido realizada en el Departamento de Nutrición y Bromatología III (Higiene y Tecnología de los Alimentos) bajo la dirección conjunta de los que suscriben y cumple las condiciones exigidas para optar al título de Doctor en Veterinaria.



Fdo.: Juan A. Ordóñez Pereda

Madrid, 15 de Septiembre de 1993



Fdo.: Lorenzo de la Hoz Perales

*A Olga y mis padres*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Profesor Dr. Bernabé Sanz Pérez por acogerme en el Departamento que dirigía con tanto entusiasmo en el momento de la iniciación de esta tesis doctoral.

Deseo expresar igualmente mi gratitud al Profesor Dr. Juan Antonio Ordóñez Pereda, actual director del Departamento de Nutrición y Bromatología III, no sólo por la dirección de esta tesis sino también por el interés que ha mostrado en completar mi formación académica y en ayudarme y aconsejarme más allá de sus obligaciones como director de tesis.

También quiero mostrar mi agradecimiento al Profesor Dr. Lorenzo de la Hoz Perales, codirector también de esta tesis, por su paciente y permanente asistencia desde mis primeros pasos por un laboratorio hasta la realización de esta memoria.

A la Profesora Dra. Isabel Cambero Rodríguez por haberme facilitado abundantes referencias bibliográficas y ayudarme en la realización de este trabajo.

Al Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos en cuyas instalaciones se criaron los conejos necesarios para la realización de esta tesis, y a su personal, de forma especial a las Profesoras Dras. María Jesús Fraga Fernández-Cuevas y Rosa María Carabaño Luengo, que siempre me prestaron su ayuda cuando lo requerí.

A los demás profesores del Departamento de Nutrición y Bromatología III, en especial, por la relación con el tema, a los del Area de Tecnología de los Alimentos, por su desinteresada colaboración siempre que se la solicité.

A Marila López Buesa, por su ayuda en la iniciación del trabajo experimental.

A Manuela y Olga por la ayuda prestada, su paciencia en mis primeros momentos de trabajo en este Departamento y por los buenos momentos compartidos junto con ellas, María y los demás becarios del Departamento de Nutrición y Bromatología III.

Al Ministerio de Educación y Ciencia por la concesión de una beca del Plan de Formación de Personal Investigador con la que he realizado esta tesis. También quiero agradecer a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) la financiación de este estudio por el Proyecto de Investigación ALI 89-0386-C02-02 y la oportunidad de formar parte del equipo de dicho proyecto.

## **INDICE**

	Página
<b>I.- INTRODUCCION</b>	1
<b>I.1.- Aspectos generales</b>	2
<b>I.2.- Principales razas de conejos</b>	3
<b>I.3.- Producción mundial de carne de conejo</b>	4
<b>I.4.- Alimentación en el engorde</b>	6
<b>I.5.- Características productivas del conejo</b>	15
<b>I.6.- Composición química de la carne de conejo</b>	19
I.6.1.- Factores que influyen en la composición química	22
I.6.2.- Composición lipídica y factores de que dependen	31
<b>I.7.- Justificación del trabajo</b>	53
I.7.1.- Sustitución de cebada por pulpa de remolacha	56
I.7.2.- Adición de grasa	58
<b>II.- MATERIALES Y METODOS</b>	59
<b>II.1.- Materiales</b>	60
II.1.1.- Material biológico	60
II.1.2.- Alojamiento para la cría de los conejos	60
II.1.3.- Material general de laboratorio	61
II.1.4.- Reactivos	63

II.1.5.- Soportes cromatográficos y purificación	63
II.1.6.- Disolventes y purificación	64
II.1.7.- Gases	65
<b>II.2.- Métodos</b>	<b>65</b>
II.2.1.- Periodo de cebo de los animales	65
II.2.2.- Obtención, transporte y preparación de las muestras	65
II.2.3.- Peso de la canal de los conejos	66
II.2.4.- Rendimiento a la canal de los conejos	66
II.2.5.- Métodos químicos	67
II.2.5.1.- Obtención de la muestra	67
II.2.5.2.- Determinación del extracto seco	67
II.2.5.3.- Determinación del contenido en grasa	67
II.2.5.4.- Determinación de la proteína	68
II.2.5.5.- Determinación de la fibra y energía de los piensos	69
II.2.5.6.- Determinación de las cenizas	70
II.2.6.- Metodología lipídica	70
II.2.6.1.- Obtención de la muestra	70
II.2.6.2.- Fraccionamiento de los lípidos en columna de ácido silícico/celita	70
A.- Preparación de las columnas	70
B.- Colocación de la muestra	71
C.- Desarrollo de la cromatografía	71
II.2.6.3.- Fraccionamiento de los lípidos apolares por cromatografía en capa fina	72
A.- Preparación de las columnas	72
B.- Colocación de la muestra	72
C.- Desarrollo de la cromatografía	72
II.2.6.4.- Identificación de los diferentes componentes lipídicos de la fracción apolar	73
II.2.6.5.- Análisis de los ácidos grasos	77
A.- Preparación de ésteres metílicos	77
B.- Condiciones de la cromatografía de gases	77

II.2.7.- Estimación del índice de iodo	78
II.2.8.- Metodología estadística	79
<b>II.3.- Diseño experimental</b>	<b>80</b>
II.3.1.- Dietas experimentales	80
II.3.2.- Lotes experimentales	85
<b>III.- RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>89</b>
<b>III.1.- Peso vivo, peso en canal y rendimiento a la canal de los conejos. Influencia del peso de sacrificio y de la dieta en el rendimiento a la canal</b>	<b>90</b>
<b>III.2.- Influencia de la dieta y el peso de sacrificio en la composición química de la carne de conejo</b>	<b>96</b>
III.2.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha	96
III.2.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa	106
III.2.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral	113
<b>III.3.- Influencia de la dieta en la composición lipídica de la carne de conejo</b>	<b>118</b>
III.3.1.- Fraccionamiento del material lipídico en columna de ácido silícico-celita.	118
III.3.1.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha	121
III.3.1.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa	127
III.3.1.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral	132
III.3.2.- Fraccionamiento de la fracción apolar mediante cromatografía en capa fina	135
III.3.2.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha	135
III.3.2.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa	145

III.3.2.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral	150
III.3.2.4.- Colesterol	156
<b>III.4.- Influencia de la dieta y el peso de sacrificio en los ácidos grasos del extracto lipídico total y de las fracciones lipídicas apolares y polares</b>	<b>159</b>
III.4.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha	159
III.4.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa	178
III.4.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral	198
<b>IV.- DISCUSION GENERAL</b>	<b>214</b>
<b>V.- CONCLUSIONES</b>	<b>226</b>
V.1.- Conclusiones parciales	227
V.2.- Conclusiones generales	229
<b>VI.- BIBLIOGRAFIA</b>	<b>230</b>

## **I.- I N T R O D U C C I O N**

## I.1.- ASPECTOS GENERALES

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es un mamífero que pertenece a la familia de los *Lepóridos* y se incluye dentro del orden *Lagomorfos*.

Aunque estuvo muy difundido antes de la época glaciaria, desapareció con ésta de Europa, excepto en aquellos territorios de clima mediterráneo, como España. Los fenicios, que mantuvieron continuos contactos comerciales con los íberos, quedaron sorprendidos por la gran cantidad de estos pequeños mamíferos existentes, denominando a la península *I-Sapham-Im* o "tierra de conejos". La posterior latinización del nombre por parte de los romanos dio lugar a Hispania (Rougerot, 1981).

En la antigüedad, según los naturalistas del siglo XVI, el conejo sólo existía en la Península Ibérica, sur de Francia, Islas Baleares, Córcega y Cerdeña. Como se consideraba animal dañino, se le perseguía y no había interés en su protección; por el contrario, se procuraba extinguirlo, lo que explica lo lentamente que se propagaba por otros territorios. Durante la Edad Media se fue extendiendo hacia la Europa Central, pero tan lentamente, que a mediados del s. XVI ni siquiera había alcanzado el territorio alemán.

Por las razones anteriores, la cría doméstica del conejo ha sido muy lenta y sin prestarle atención, ciñéndose al medio rural y agrícola. La producción intensiva de razas variadas, por su carne, por su piel o por su pelo, en reclusión completa, es relativamente moderna. En realidad, hasta finales del siglo XVIII no comenzó a

desarrollarse la selección cunícola como se entiende actualmente.

La intensificación de los sistemas productivos en conejos conlleva una selección de los animales para una determinada aptitud (carne, piel o pelo), una mejora de los piensos suministrados a los animales con control absoluto de su composición y el empleo de instalaciones adecuadas con el mayor control posible de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, ventilación e iluminación). Con esta tecnificación se pretende obtener el mayor rendimiento en el más corto tiempo posible.

## **I.2.- PRINCIPALES RAZAS DE CONEJOS**

Aunque existen razas de pelo, como la de Angora, o de piel, como la Chinchilla y Rex, debido a que la principal producción es la de carne, las razas destinadas a este fin son las más utilizadas en las explotaciones cunícolas.

Se distinguen razas cárnicas pesadas y semipesadas. Dentro de las pesadas están el Gigante de Flandes, Gigante de España, Gigante Danés, Gigante Bouscat y Belier Francés. En las semipesadas, aparte del conejo común, se encuentran las dos principales razas empleadas en las granjas cunícolas: Californiano y Neozelandés. Otras razas semipesadas son Plateado Champagne, Plateado Belga, Plateado Alemán, Leonado de Borgoña, Azul de Viena, Blanco Danés y Blanco Termonde. Las razas Normanda, Mariposa y Gran Rusa se encuadran dentro de las semipesadas de aptitud mixta carne-piel.

Para la producción de carne se recurre con frecuencia a la utilización de

mestizos (HYLA, ELCO y France Lapin) conseguidos a partir de diversas razas autóctonas mediante cruzamiento y selección.

### **I.3.- PRODUCCION MUNDIAL DE CARNE DE CONEJO**

Se estima que la producción mundial de carne de conejo es de un millón doscientas mil toneladas, siendo los principales países productores, por este orden, Italia, Francia, la CEI, China y España, los cuales conjuntamente producen cerca del 70% del total (Lebas y Colin, 1992). Según estos autores se pueden clasificar los diferentes países en base a dos baremos: el tipo de producción y el patrón de consumo. Así, han establecido los siguientes grupos:

*Grupo 1. Países tradicionalmente productores y consumidores.* Italia, Francia, España, Bélgica, Portugal y, curiosamente, Malta pertenecen a este grupo. Producen cerca del 50% de la producción mundial (alrededor de 610.000 Tm). En estos países, el consumo anual *per cápita* de carne de conejo supera los 2 kg/habitante. Otra característica es que, en su conjunto, son deficitarios, pues precisan importar carne de conejo (unas 36.000 Tm) para completar sus consumo. Asimismo, el tipo de producción es fundamentalmente de tipo industrial (75%).

*Grupo 2. Países en los que la producción de conejo es para consumo doméstico pero que están experimentando un proceso de racionalización.* Son los países del Este de Europa, que producen el 18,3% del total mundial (220.000 Tm), predominando la cunicultura de tipo industrial (70%).

*Grupo 3. Países consumidores pero cuya producción se dedica principalmente a la exportación.* China es el único país de este grupo, con una producción de 120.000 Tm (10% del total mundial) en explotaciones de tipo no industrial principalmente. Las exportaciones se dirigen hacia la CE, Sudamérica y Africa (entre 30.000 y 60.000 Tm, aunque las cifras exactas se desconocen). Además dicho país es, destacadamente, el primer productor mundial de pelo de angora (de 6.000 a 9.000 Tm).

*Grupo 4. Países en los que se producen conejos en unidades familiares para el autoconsumo.* Túnez y ciertos países del Africa y Sudamérica.

*Grupo 5. Países no consumidores cuya producción se exporta.* Este grupo está casi exclusivamente representado por Hungría y Holanda, dedicándose sus producciones a la exportación a Francia, Italia y Bélgica.

*Grupo 6. Países con cunicultura de hobby.* Norteamérica, Gran Bretaña, Alemania y Suiza.

En España, la producción de carne de conejo supera las 70.000 Tm, no observándose variaciones importantes en toda la década de los 80, con un peso medio por canal de 1,26 kg (MAPA, 1987, 1988a, 1989, 1990). El consumo actual de esta carne es de 3kg/persona/año. Existe una distribución geográfica muy acusada, siendo las zonas de Levante y Noreste las de mayor consumo con 4,4 y 4,3 kg/habitante, respectivamente. En el lado opuesto, se sitúan Andalucía y Canarias, con 1,5 y 0,8 kg/habitante, respectivamente (MAPA, 1988b).

#### I.4.- ALIMENTACION EN EL ENGORDE

La intensificación de los sistemas productivos en conejos y el aumento de su importancia económica implican que la elección adecuada de los piensos adquiera una gran importancia si se tiene en cuenta su notable incidencia, tanto en los costos de la explotación (70% del total), como en los rendimientos productivos de los animales. Sin embargo, solamente con un buen manejo, piensos adecuados proporcionan rendimientos óptimos (De Blas *et al*, 1986a).

Para realizar una correcta formulación de los piensos de los conejos hay que tener en cuenta la peculiaridad del funcionamiento de su aparato digestivo. Los procesos digestivos a que son sometidos los alimentos en el estómago y en el intestino delgado son similares a los que ocurren en otros monogástricos unidos al fenómeno de la *cecotofagia*. Consiste en la producción diferenciada y normal de dos tipos de heces y el consumo voluntario de uno de ellos: los *cecotofos*. La dualidad en el tipo de heces se debe a las características del intestino grueso y, en particular, del colon cuyo segmento proximal tiene actividad antiperistáltica, lo que permite seleccionar las partículas más solubles y de menor tamaño (menores de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ ), el agua y los microorganismos que, debido a este movimiento antiperistáltico, retornan de nuevo al ciego. Las partículas de mayor tamaño (mayores de unos 300  $\mu\text{m}$ ), que representan un 80% de las partículas fibrosas, junto con sustancias poco solubles avanzan mediante movimientos peristálticos hacia tramos posteriores del colon, formando las heces duras. El contenido del ciego llega al ano en forma de pequeñas esferas (heces blandas o *cecotofos*) recubiertas por una capa de mucus y desde allí son

ingeridos directamente por el animal, sin masticarlos, pero ensalivándolos, almacenándose intactos en el estómago, donde permanecen 6-8 horas. La cubierta mucosa de los cecotrofos permite que la fermentación de origen bacteriano se prolongue hasta el interior del estómago (Proto, 1976). El jugo gástrico de estos animales contiene, además de pepsina, un agente bacteriolítico (Viallard y Raynaud, 1966), al objeto de poner a disposición de los enzimas proteolíticos del animal importantes cantidades de proteínas microbianas aportadas por los excrementos blandos.

La principal ventaja que supone la cecotrofagia reside en la posibilidad de utilizar la proteína microbiana (Proto, 1965; Fraga y De Blas, 1977; Stephens, 1977) mejorando notablemente el valor biológico de las proteínas ingeridas (Kennedy y Hershberger, 1974; Fraga y De Blas, 1977; Rosell, 1980), lo que podría permitir el empleo en la dieta de proteínas de bajo valor o incluso nitrógeno no proteico (Slade y Robinson, 1970; King, 1971; Cheeke, 1972; Lebas y Colin, 1973; Niedzwiadek *et al*, 1975; Salse *et al*, 1977). Viallard y Raynaud (1966) descubrieron en el estómago una microflora ureolítica que Houpt (1963) la había descrito previamente en el ciego. Se ha comprobado que cuando los gazapos reciben alimentos con un elevado contenido de proteínas tienden a ingerir menor cantidad de cecotrofos (Lleonart *et al*, 1980). No obstante, Ferrando (1970) y Lebas (1973, 1978) han señalado que el aporte de aminoácidos esenciales por los cecotrofos es insuficiente, por lo que las dietas han de estar bien equilibradas en aminoácidos (Kennedy y Hershberger, 1974). La exposición de los alimentos a una segunda digestión conduce a una mejora de la digestibilidad próxima al 30% (Jilge y Meyer, 1975).

Al igual que otros herbívoros no rumiantes, como el caballo, el conejo presenta un intestino grueso muy desarrollado, permitiendo la maceración, fermentación y solubilización de las partes fibrosas del alimento. Las enzimas de la microflora del ciego y colon proximal degradan la celulosa y otros carbohidratos inabsorbidos en ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), que atraviesan la pared intestinal y se utilizan como en los rumiantes, ingresando en el ciclo del ácido tricarbónico (Cools y Jeniaux, 1961). Sin embargo, los ácidos grasos volátiles representan sólo un 10% del metabolismo basal (Gallouin, 1984). Por tanto, a pesar de que la microflora del ciego ataca a la fibra, el conejo sólo utiliza una pequeña cantidad, entre 15 y 35% (Lux y Maccaferri, 1977). Este animal es menos eficiente en la utilización de los alimentos fibrosos que los rumiantes, équidos y otros herbívoros, pero más que las aves. Además, la microflora intestinal del conejo sintetiza vitaminas del complejo B y ácido ascórbico, de forma que el conejo es autosuficiente, salvo en el caso de las B<sub>6</sub> y B<sub>12</sub> (Harris, 1956; Arrington y Kelley, 1976); también juega un papel importante en la síntesis y remodelación de aminoácidos (Rosell, 1980).

Los piensos se presentan en forma de gránulos, siendo parámetros de gran importancia para su buen aprovechamiento la dureza, tamaño y forma del grano, así como la palatabilidad. Los piensos en forma de harina provocan retrasos en el crecimiento; Lebas (1973) lo atribuyó a una menor ingesta y Laplace y Lebas (1977) a un peor aprovechamiento de este tipo de piensos.

Los gránulos suelen estar compuestos de las siguientes materias primas: forrajes, cereales, tortas de semillas oleaginosas, subproductos de molinería y subproductos de industrias agroalimentarias. La alfalfa, en forma deshidratada o de

heno, es el principal forraje empleado en la alimentación de los conejos. La tasa de incorporación varía entre el 15 y el 40% (Lebas, 1989). Los trabajos de Cheeke y Patton (1980a) y Harris *et al* (1981) demuestran el efecto beneficioso de la alfalfa en los conejos. La paja de cereales tratada con hidróxido sódico también se emplea como forraje para sustituir parcialmente a la alfalfa (Gioffre, 1988).

Los cereales constituyen la principal fuente energética de la alimentación en la ganadería intensiva. En conejos, los cereales tienen menos importancia cuantitativa que en la producción avícola o porcina, pero globalmente constituyen del orden del 25-40% del total de la energía digestible de la ración (Santomá *et al*, 1985). Se incorporan a la dieta en un 15-25% (Lebas, 1989). Santomá *et al* (1985) estudiaron el valor relativo de los cereales más empleados en la fabricación de piensos: avena, cebada, maíz y trigo. Elaboraron cuatro piensos, uno para cada tipo de cereal, no encontrando diferencias significativas para los caracteres de crecimiento, índice de conversión y utilización digestiva, concluyendo que el nivel de inclusión de los cereales en la dieta puede incrementarse hasta un 33% sin que aumente el riesgo de presentación de problemas digestivos.

Las tortas de semillas oleaginosas se emplean como fuente de proteínas. Las más usadas son las de soja y girasol. La torta de cacahuete se excluye por su tendencia a presentar aflatoxinas a las que el conejo es muy sensible. La torta de colza puede, igualmente, emplearse en cunicultura (Lebas, 1989).

El salvado de trigo, subproducto de molinería, se incluye en la mayoría de fórmulas a niveles del 10-30% (Lebas, 1989). Se han realizado muchas experiencias

con otros subproductos en la alimentación del conejo (Battaglini y Costantini, 1971; Omole y Ajavi, 1976; Auxilia *et al*, 1979; Martínez y Fernández, 1980a,b; Lebas *et al*, 1981; Cavani *et al*, 1988; Motta, 1990). Algunas son un tanto peculiares, así las de Costa (1971), Auxilia *et al* (1980) y Omole y Onwndike (1981), que suplementan las dietas con residuos no habituales (serrín de madera, esquejes de clavel, etc.) sin que se hayan apreciado alteraciones notables de las características de la canal.

Es indispensable, por otra parte, un equilibrio entre los diferentes elementos nutritivos de la ración. Una carencia o exceso de uno u otro elemento provoca, generalmente, una disminución del crecimiento o, incluso, graves alteraciones digestivas que pueden causar la muerte del animal (Lebas, 1992).

Los conejos ingieren cada día la cantidad de energía digestible que precisan. Lebas *et al* (1986) señalaron que los conejos en cebo son capaces de ajustar el consumo de los alimentos basándose en la concentración energética de la dieta para mantener una ingestión diaria de 920-1000 kJ de energía digestible / kg<sup>0,75</sup>. Cuando la concentración en energía digestible del alimento aumenta, el consumo del mismo por los conejos se reduce. A similares conclusiones llegaron Spreadbury y Davidson (1978), los cuales observaron que los conejos ajustan su alimentación para mantener una ingesta diaria de energía metabolizable de alrededor de 1100 kJ. Este mecanismo de regulación funciona prácticamente a partir del destete y se mantiene durante todo el período de engorde (Lebas, 1992). Sin embargo, existe un límite inferior en las posibilidades de regular la ingestión. Partridge *et al* (1989) observaron que la compensación mediante el aumento de la ingestión de alimento es sólo posible en concentraciones de energía digestible superiores a 10,5 MJ / kg de materia seca. Con

alimentos de menor concentración energética, el conejo aumenta su ingestión hasta la repleción de su tubo digestivo y, a pesar de una alta velocidad de tránsito de los alimentos, no puede consumir más. Entonces, la velocidad de crecimiento está asociada con la energía digestible efectivamente ingerida (Partridge *et al*, 1989; Lebas, 1992).

Mientras que para la energía digestible existe un mecanismo regulador del consumo, para las proteínas no ocurre lo mismo. Si las proteínas se encuentran en proporción insuficiente con respecto a la energía digestible, el conejo reduce su consumo y su crecimiento, agravando la propia deficiencia proteica. Si, por el contrario, las proteínas se encuentran en exceso con respecto a la energía digestible del alimento, el conejo no modifica su ingestión, aunque, si la excreción de este exceso proteico no se realiza correctamente, presenta el riesgo de intoxicarse (Lebas, 1992). Por lo tanto, la cantidad de proteínas de la dieta de los conejos en crecimiento, no debe considerarse aisladamente sino en función de la concentración energética de dicha dieta. De Blas *et al* (1981) señalaron que una relación energía digestible / proteína digestible de 23,5 Kcal/g es la óptima para una velocidad de crecimiento máxima y una menor mortalidad de los conejos.

Las dietas para conejos con un bajo contenido de fibra favorecen un mayor tiempo de retención de la digesta en el intestino (Hoover y Heitmann, 1972; Lebas y Laplace, 1977; Fraga *et al*, 1984; Gidenne, 1987) y un incremento del contenido cecal (Fraga *et al*, 1984; Carabaño *et al*, 1988). Ambos efectos favorecen la aparición de diarreas y producen una alta mortalidad de los conejos en crecimiento. Lo mismo ocurre con fibra muy digestible y con la excesiva molturación de la materias primas (Cheeke y Patton, 1980b). Para evitar los problemas digestivos se recomienda un

mínimo de 10-12% de fibra en la dieta (NRC, 1977; Spreadbury y Davidson, 1978; Fraga *et al*, 1984). Según De Blas *et al* (1986a), un contenido menor de 13% de fibra bruta en el pienso incrementa el riesgo de incidencia de diarreas. No obstante, parece conveniente guardar un margen de seguridad (dos o tres unidades) para prevenir riesgos por un manejo inadecuado, sanidad deficiente o dietas desequilibradas (Fraga *et al*, 1984). Por ello, las recomendaciones sobre niveles de fibra en las dietas de los conejos giran en torno al 14%, variando en función del tipo de fibra y del equilibrio con los demás nutrientes (Niehaus, 1968; Heckmann y Mehner, 1970; Colin, 1976; Lux y Maccaferri, 1977; Lebas, 1978). Sin embargo, De Blas *et al* (1981) indicaron que un bajo contenido de fibra (7%) pero con una adecuada relación energía / proteína no provoca diarrea, mortalidad o menor velocidad de crecimiento. A similares conclusiones llegaron Davidson y Spreadbury (1975) y Spreadbury (1978). Por el contrario, la fibra tiene un escaso valor nutritivo para el conejo y por ello su inclusión en el pienso debe limitarse; niveles por encima del 17% de fibra bruta provocan una disminución de los rendimientos productivos (Fraga *et al*, 1984; De Blas *et al*, 1986a). Sin embargo, se ha señalado que un aumento de los niveles de fibra hasta un 20% no origina modificaciones del crecimiento, si se mantiene constante la relación energía / proteína, debido a que, hasta esos límites, el conejo es capaz de regular la ingestión de acuerdo con sus necesidades de energía (Davidson y Spreadbury, 1975; Lebas, 1975; Spreadbury y Davidson, 1978; Auxilia *et al*, 1980; De Blas *et al*, 1981). Para niveles superiores, funcionan mecanismos digestivos de limitación del apetito, en lugar de los metabólicos, produciéndose una caída cada vez mayor de la velocidad de crecimiento (De Blas *et al*, 1978).

La sustitución de las fuentes de fibra más tradicionales en las dietas de conejos

por subproductos, como la pulpa de cítricos o de remolacha, induce efectos similares a las dietas con bajo contenido en fibra en el peso de algunos segmentos del intestino y sus contenidos (Candau *et al*, 1979; Auvergne *et al*, 1987; Fraga *et al*, 1991). Por ello, la fibra altamente digestible de las pulpas puede ser inadecuada para satisfacer las necesidades de fibra en las dietas de los conejos (Fraga *et al*, 1991). Se precisa un nivel suficiente de fibra no digestible cuando se incluye en la dieta una alta cantidad de estos subproductos.

La adición de grasa al pienso, que aumenta la concentración energética y disminuye el índice de conversión (Santomá *et al*, 1987a), puede ser interesante para ampliar el rango de niveles de fibra recomendados (Fernández y Fraga, 1992). La mayoría de los piensos comerciales contienen una proporción de lípidos del 2 al 3%, aportados por las tortas de oleaginosas y los cloroplastos de las leguminosas. Es posible formular alimentos ricos, a la vez, en energía digestible y en fibra. Para ello, basta con reemplazar una parte del almidón de la dieta por lípidos, que aportan alrededor de dos veces más de energía por unidad de peso (Ouhayoun *et al*, 1987). Se han realizado diversos trabajos con el fin de estudiar el efecto de la adición de grasa a la dieta en el crecimiento de los conejos, usando grasas vegetales, como aceite de maíz (Arrington *et al*, 1974), de cacahuete (Raimondi *et al*, 1975b), oleínas de girasol, aceite de girasol y lecitina de soja (Santomá *et al*, 1987a), oleínas de girasol y algodón desodorizadas (Santomá *et al*, 1987b), aceite de oliva, linaza, coco y manteca de cacao (Ouhayoun *et al*, 1987) y grasas animales como la manteca (Santomá *et al*, 1987a) y el sebo (Raimondi *et al*, 1975b; Santomá *et al*, 1987a). En general, todos estos trabajos indican que la adición de grasa a las dietas de los conejos no modifica la velocidad de crecimiento. Incluso algunos autores (Thacker, 1956; Arrington *et al*, 1974) han

observado una mayor velocidad de crecimiento. No obstante, Santomá *et al* (1987a) señalaron que el incremento en la concentración de oleínas de girasol no desodorizadas en la dieta provocó menores ganancias de peso vivo de los animales, pero, cuando se utilizaron oleínas desodorizadas, se observaron las ganancias habituales de peso vivo (Santomá *et al*, 1987b), lo que sólo indica un rechazo por los animales de las oleínas no desodorizadas. Tampoco el nivel de grasa añadida afecta a la velocidad de crecimiento (Lebas, 1975; Partridge *et al*, 1986). Los conejos responden a una elevación en la concentración energética de las dietas disminuyendo el consumo de pienso para mantener constante el consumo de energía. Este hecho explica la falta de diferencias en la velocidad de crecimiento. Sin embargo, Paragi-Bini *et al* (1974) señalaron un descenso de la velocidad de crecimiento a medida que se incrementaba el porcentaje de grasa en la dieta, debido posiblemente a que, al aumentar el contenido de grasa, la proteína se convertía en el factor limitante. Por lo tanto, parece necesario al adicionar grasa a la dieta, elevar la cantidad de proteína para mantener constante la relación energía digestible / proteína digestible.

El aporte de carbohidratos proviene de los cereales. Cheeke y Patton (1980b) sugirieron que los problemas de enteritis de los conejos podrían estar relacionados con un exceso de almidón en la dieta. Sin embargo, Santomá *et al* (1985) observaron que hasta un 25% de almidón sobre materia seca en la dieta no conduce a problemas importantes de mortalidad derivada de enteritis. Tampoco De Blas *et al* (1986b) han observado efectos negativos del contenido de almidón de la dieta en el engorde de los conejos. Lebas (1992) señaló que para el engorde de los conejos de más de 6 semanas, la presencia de almidón en un nivel alto en la ración no es ningún inconveniente; sin embargo, en los gazapos de 4 a 5 semanas, debido a que todavía se está desarrollando

la capacidad enzimática para degradar el almidón, un alimento rico en este nutriente provoca una alta mortalidad; parece estar relacionado con una alteración de las fermentaciones cecales, las cuales favorecen la implantación de una flora colibacilar. Se han realizado experiencias utilizando otras fuentes de carbohidratos más baratas, como melazas de remolacha (Battaglini y Costantini, 1971), que facilitan la granulación por lo que se incorporan con frecuencia a los piensos. La adición de dextrosa o de sacarosa al pienso produce fuertes diarreas y mortalidad (Morisse, 1982). Las melazas, aunque se componen de distintos azúcares, tal vez podrían tener un efecto similar, por lo que se ha aconsejado, limitar su incorporación a un 3-4% (Martínez, 1984).

### **I.5.- CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS DEL CONEJO**

El conejo presenta unas características productivas que hacen de él, un animal idóneo para la producción rápida, masiva y barata de carne. Es un animal poco exigente en cuanto a la calidad del pienso requerido, siendo importante destacar que la producción de carne de conejo en nuestro país no precisa la importación de materias primas para la alimentación, como ocurre en otros sectores ganaderos, en los que la dependencia exterior es elevada (tal es el caso del pollo y del cerdo respecto a la soja y el maíz). Es, por tanto, una carne que puede producirse a partir de productos nacionales. Como datos significativos, baste decir que si se aumentara el consumo de carne de conejo 1 kg/hab/año supondría un ahorro en divisas de 4.000 millones de pesetas (Gurri, 1991). Además, es un animal muy prolífico, siendo la coneja, por su peso, la hembra doméstica con más capacidad de producción de carne (Lleonart *et al*, 1980). El empleo de razas selectas de tamaño medio, mucho más prolíficas y precoces, como las razas Neozelandesa y Californiana, e incluso híbridos como HYLA, ELCO y

France Lapin, hace que el peso de sacrificio (alrededor de 2 kg) se alcance en un período de vida relativamente corto (65-70 días), reduciéndose el período de engorde a unos 45 días, con una velocidad de crecimiento de 30-35 g carne/día (Rosell, 1980).

Sin embargo, el rendimiento a la canal de los conejos, con valores comprendidos entre el 55% según Ozimba y Lukefahr (1991) y el 62% señalado por Deltoro y López (1986), es relativamente bajo en comparación con el resto de monogástricos y similar al de los rumiantes, debido fundamentalmente al gran desarrollo del aparato digestivo. No obstante, diversos factores influyen en el rendimiento. Un mayor porcentaje de fibra en la dieta puede hacer disminuir el rendimiento a la canal. Spreadbury y Davidson (1978) comprobaron que la adición de celulosa, paja de cebada y cascarilla de avena a la dieta de los conejos disminuye el rendimiento. Scholaut *et al* (1984) obtuvieron un mayor rendimiento en los conejos alimentados con dietas a base de concentrados (61%) que en los que consumieron forrajes (55%). Poismans y Wittouck (1986) señalaron que una dieta con alta cantidad de proteína y baja de fibra provocaba una disminución del rendimiento. Sin embargo, cuando la velocidad de crecimiento es normal, aunque existan niveles importantes de fibra bruta en la dieta, el rendimiento de la canal no se ve afectado (Lebas, 1982; Masoero *et al*, 1984). En general, si la velocidad de crecimiento es grande, el rendimiento aumenta debido a la reducción de la proporción en el peso vivo de tejidos precoces y entre ellos el aparato digestivo (Ouhayoun, 1991). Finalmente, el rendimiento está en relación directa con el peso de sacrificio (Hiner, 1962; De Blas *et al*, 1978; Rao *et al*, 1978; Varewyck y Bouquet, 1982; Deltoro y López, 1986), ya que a medida que envejece el animal, se reduce continuamente la proporción del tracto digestivo, como señalaron Cantier *et al* (1969) al estudiar el crecimiento relativo de

órganos y tejidos.

Pero, aunque el rendimiento sea bajo, la canal de los conejos presenta una alta proporción comestible. Ubertalle (1970) lo cifra en un 82-85% siendo este porcentaje mayor en los conejos cuyo peso vivo está comprendido entre 1,4 y 3,2 kg, a lo que contribuye fundamentalmente el bajo peso del esqueleto. Scharner y Krahmer (1974) consideran que la porción comestible de la canal es del 70-74%, mientras que el esqueleto representa el 15-18% del total del peso de la canal y las vísceras el 8-10%. Bensley (1938), Cassens y Cooper (1971) y USDA (1973) afirman que el conejo tiene unos huesos finos, de características semejantes a los del pollo. Además, la canal de conejo tiene la ventaja de poseer un alto porcentaje de porciones magras y succulentas, ya que alrededor del 60% de su carne procede del lomo y cuarto trasero (Rao *et al.*, 1978), mientras que en el pollo (broilers), aún con un rendimiento a la canal claramente superior (alrededor del 80%, Reddy *et al.*, 1977), la porción magra representada por la pechuga, muslo y pierna, tan sólo supone el 40-42% del total.

En la conveniencia de un mayor o menor peso de sacrificio influyen diversos factores. El aumento del rendimiento con el peso del animal como consecuencia de la disminución continua de la proporción del aparato digestivo después del destete, justifica el sacrificio lo más tardío posible. Pero, teniendo en cuenta que se produce un aumento rápido del contenido en grasa por encima de los 2,3 kg y que la relación músculo / hueso tiende a disminuir por encima de los 2,7 kg, el peso de sacrificio óptimo se sitúa en los 2,5 kg, es decir, cuando el conejo alcanza el 55% del peso vivo adulto (Ouhayoun, 1991). Un sacrificio temprano presenta la ventaja de reducir el coste unitario, limitando la acumulación de grasa en la canal. Sin embargo, un sacrificio más

tardío permite explotar mejor los potenciales de crecimiento. Entre las 11 y 15 semanas, por ejemplo, el peso corporal de los conejos alimentados *ad libitum* puede mejorarse en un 26%. No obstante, el índice de transformación en ese período es superior al del engorde normal (de 4 a 11 semanas, según países). Globalmente, el coste de producción unitario se mejora en un 22%. Pero la mayor adiposidad de la canal no hace deseable un sacrificio tan tardío a menos que en las canales se realicen procesos de transformación que aumenten su valor añadido (Ouhayoun, 1991).

En España, los conejos se sacrifican con un peso de 2 kg, en respuesta a la demanda de los consumidores. Sin embargo, en Francia, Italia y otros países se produce y consume un conejo algo más pesado, de 2,5 kg. Si se sacrificaran los conejos a pesos superiores a los actuales, se conseguiría una mejor eficiencia productiva (Ouhayoun, 1991) y, consiguientemente, un abaratamiento del producto que sería ventajoso para el consumidor, sin que por ello disminuyeran los márgenes netos de beneficio.

La evolución de los hábitos alimentarios de los españoles, motivado por cambios en el ritmo de vida (trasvase de la población rural a las ciudades, incorporación de la mujer a los puestos de trabajo, etc.), hace que se consuman cada vez más productos transformados, muy variados y alejados de las zonas de producción. Es en este punto donde puede adquirir especial relevancia el conejo, como producto de fácil preparación, y el despiece en particular, como forma de introducción de las canales más pesadas. Aunque, un cambio radical ahora, produciría el rechazo del consumidor, acostumbrado a canales enteras más pequeñas y menos grasas.

Por lo tanto, en España, se hace necesario diversificar la producción, con canales más pesadas para el despiece, ya que con la liberación del comercio intracomunitario, si no se produce aquí, es probable que procedan de fuera. Además, un conejo más pesado abre la posibilidad de exportación a otros países de la CE.

### **I.6.- COMPOSICION QUIMICA DE LA CARNE DE CONEJO**

En la actualidad, la oferta y la demanda de este tipo de carne, aparte de la de los conejos silvestres, está totalmente orientada hacia la producción y consumo de conejos de razas selectas y precoces de 75-80 días de edad, con un peso vivo de 2-2,2 kg. Estos animales, seleccionados para la producción cárnica y con una alimentación equilibrada, proporcionan canales muy homogéneas, de carne totalmente blanca que presenta un sabor y textura excelentes. Comparativamente con otras especies de abasto, presenta un bajo contenido en grasa, calorías y sodio y una alta cantidad de proteína (Rao *et al*, 1978; Sunki *et al*, 1978; El-Gammal *et al*, 1984; Ouhayoun, 1985). Además, la digestibilidad de sus proteínas es alta, con un buen valor biológico (Gilka, 1975; Ouhayoun, 1991).

Diversas características referentes a la calidad de la grasa justifican el interés de la carne de conejo para formar parte de una dieta, en términos nutritivos, de calidad. Junto a una baja cantidad de colesterol (Holmes *et al*, 1984; Lukefahr *et al*, 1989), presenta un contenido relativamente elevado de fosfolípidos como consecuencia del bajo nivel de almacenamiento de triglicéridos (Chang-Han y Yeon-Hee, 1982; Ouhayoun, 1985) y una alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (Chang-Han y Yeon-Hee, 1982; Griffiths *et al*, 1989), lo que confiere a la carne de conejo un bajo

efecto colesterolémico. Los niveles de esteárico y oleico en la grasa de conejo son inferiores a los observados en otras carnes (Tsimbalova *et al*, 1979; Ouhayoun, 1985), mientras que los valores de los ácidos grasos mirístico, palmítico y palmitoleico suelen ser superiores que en la carne de otros animales de abasto (Chang-Han y Yeon-Hee, 1982).

La carne se compone principalmente de agua, proteína y grasa, aunque también posee pequeñas cantidades de otras sustancias, como nitrógeno no proteico, carbohidratos, minerales, etc.

El componente más abundante de la carne de los conejos domésticos es el agua (69-73%), seguido de las proteínas (18,5-21%), incluyéndose en ellas las sustancias nitrogenadas no proteicas. La grasa, junto con el agua, es el componente de la carne que más variaciones presenta (6,5-10,5%); mientras que las cenizas es la fracción menos variable, representando alrededor del 1% (tabla I.1). Finalmente, la carne de los conejos, como las del resto de los mamíferos, es una fuente pobre de carbohidratos. El contenido normal de glucógeno del músculo de los mamíferos oscila entre 0,5-1% (Price y Schweigert, 1976) en el animal vivo; pero éste es un componente lábil que desciende rápidamente tras un corto período de actividad muscular intensa que acompaña a la muerte del animal, así como con la glucolisis anaeróbica irreversible que tiene lugar en el músculo cuando acaece la muerte y falla el aporte de oxígeno.

Tabla I.1. Composición química\* de la carne de conejos domésticos

	1	2	3	4	5	6	7
Humedad	70,7-75,1	71,1-72,1	72,8	71	70	69,3-73,3	71,2-71,9
Grasa	3,3-7,9	7,9-8,8	6,8	7,4	5,9	6,5-10,5	6,3-7,1
Proteína	17,1-19,1	18,7-19,3	21,1	18,5	21,5	18,7-20,6	19,0-20,1
Cenizas	1,1-1,2			0,64	1,4	1,2	

\* g/100 g carne

1: Battaglioni y Costantini (1971); 2: Rao et al (1978); 3: Whiting y Jenkins (1981); 4: Cheeke et al (1982);

5: El-Gammal et al (1984); 6: Cambero (1987); 7: Deltoro et al (1988a)

### **I.6.1.- Factores que influyen en la composición química**

La composición química depende de muchos factores tales como la edad, peso de sacrificio, raza, sexo, parte de la canal considerada, alimentación, etc.

**Edad y peso de sacrificio.** Los conejos poseen un elevado índice de deposición de grasa subcutánea durante su vida prenatal, lo que determina que el conejo recién nacido presente un gran porcentaje de grasa (Vezinhet y Prud'hon, 1975; Robinson, 1976; Jones *et al*, 1980; Deltoro y López, 1985). La grasa subcutánea, de tonalidad parduzca, localizada principalmente en las regiones interescapular y nugal, es necesaria para mantener la temperatura de la superficie del cuerpo en los niveles apropiados durante las primeras fases de vida postnatal ya que el gazapo recién nacido está totalmente desprovisto de pelo y con una baja capacidad de termorregulación (Hull y Hardman, 1971; Deltoro *et al*, 1984). Deltoro y López (1986) señalan que el porcentaje de grasa de la canal de los conejos cambia de una fase inicial de disminución rápida (hasta las 5-6 semanas de edad) a una segunda fase de crecimiento moderado.

La mayoría de los autores (Battaglini y Costantini, 1971; Ouhayoun, 1974; Rao *et al*, 1978; El-Gammal *et al*, 1984; Cambero, 1987) señalan un incremento continuo del contenido de grasa y un descenso de la cantidad de humedad de la carne de los conejos con el peso del animal.

Petrov *et al* (1983) observaron, en conejos neozelandeses, que al aumentar la edad se produce un descenso de la proporción de tejido conectivo, así como un incremento de la grasa intramuscular.

Por lo tanto, la edad y el peso al sacrificio inciden de forma marcada en la terneza, estado de engrasamiento y valor nutritivo de la carne. Los conejos jóvenes presentan carne con mayor porcentaje de humedad y proteína y menor de grasa; llegada la edad reproductora su carne es mucho más insípida, compacta y grasienta. Tanto por las características de la carne, como por condiciones económicas y de rentabilidad, la edad comercial óptima para las razas precoces se establece en 10-11 semanas de vida, con un peso medio en vivo de 2-2,5 kg (Persiani, 1977; Chen *et al*, 1978)

El peso de sacrificio no parece afectar al contenido en cenizas de la carne (Battaglini y Costantini, 1971; Ouhayoun, 1974; Cambero, 1987). Tampoco Battaglini y Costantini (1971) y Rao *et al* (1978) observaron cambios en el contenido proteico de la carne con un mayor peso de sacrificio. Sin embargo, Ouhayoun (1974) y Cambero (1987) señalaron un incremento del contenido de proteínas de la carne con un mayor peso de sacrificio, aunque la influencia del peso es mucho menor que la observada en la grasa y humedad.

La edad de destete no tiene efecto apreciable en la composición corporal final de los conejos (Rao *et al*, 1978; Fraga *et al*, 1983).

La **raza** es otro de los factores que más influyen en la composición de la carne. Roca *et al* (1980), en una experiencia realizada con madres de raza Neozelandesa blanca que cruzaron con machos de distintas estirpes, estudiaron la influencia de estos últimos en la composición química de la carne de la descendencia. Los resultados demostraron que existía tal influencia y que era más manifiesta en el depósito de grasa.

Sotillo Ramos (1966) señaló un mayor contenido de proteína, sales minerales y agua y una menor cantidad de grasa en el gigante de España que en el común español (animales no selectos ni especializados). Ciruzzi *et al* (1973) obtuvieron mayores valores de humedad y de proteína en los conejos de raza Neozelandesa blanca que en los californianos que, sin embargo, presentaban más grasa. Porc y Widyk (1980) encontraron en el danés blanco el mayor porcentaje proteico y mineral observando, al igual que otros autores, un mayor contenido graso en el californiano. El efecto de la raza también ha sido estudiado por Ouhayoun (1980) y Deltoro *et al* (1988b); sugirieron que el orden de precocidad para la deposición de grasa en las principales razas utilizadas en explotaciones intensivas es, de mayor a menor, Californiano, Neozelandés y Gigante de Flandes, lo que implica que los conejos californianos deberían sacrificarse a pesos ligeramente menores para obtener una composición similar de la canal. Sin embargo, Brun y Ouhayoun (1989) no observaron diferencias significativas en el contenido de grasa de la canal entre los conejos neozelandeses y californianos, mientras que Deltoro y López (1986) sólo detectaron pequeñas diferencias en algunos componentes de la canal entre conejos de raza Californiana y Neozelandesa. Fraga *et al* (1978) utilizaron para sus experiencias conejos de las razas Gigante de España y Neozelandesa blanca, encontrando que los lactantes de esta última contenían más grasa y menos humedad que los gigantes del mismo peso. Estudios realizados sobre la variabilidad genética muestran que ésta se manifiesta, fundamentalmente, en la cantidad de tejido adiposo y en la relación músculo/grasa, siendo posible disminuir el porcentaje de grasa por selección genética (Ouhayoun, 1974). Costantini y Bosi (1968) investigaron el efecto de la raza, sexo y edad en la composición corporal e indicaron que el factor de mayor variabilidad es, sin duda, la raza. Sin embargo, Cambero (1987) señala que la composición química de los conejos

híbridos HYLA y los de raza Neozelandesa blanca es muy parecida.

Los conejos domésticos presentan un menor contenido de grasa y una mayor cantidad de humedad que los silvestres (Zegarska *et al*, 1979; Nath y Rao, 1983; Cambero *et al*, 1991c).

Respecto del sexo, Fraga *et al* (1983) observaron que los machos de la raza Gigante de España contienen un 1% más de nitrógeno y 0'8% menos de grasa que las hembras de la misma raza. El-Gammal *et al* (1984) señalaron un mayor contenido proteico y de humedad en los machos que en las hembras que, sin embargo, contenían más grasa, no observando diferencias en los valores de cenizas. Raimondi *et al* (1974) también observaron más grasa y menos humedad en la carne de las hembras. Partridge *et al* (1989) señalaron que las hembras tienen más grasa corporal, mientras que no encontraron diferencias en el contenido de nitrógeno y cenizas. Igualmente, Deltoro y López (1986) observaron que los machos tenían un contenido significativamente menor de grasa en la canal que las hembras. Deltoro y López (1985) señalaron que el mayor nivel de grasa en las hembras adultas se debe solamente al mayor coeficiente alométrico durante la segunda fase de crecimiento (7-20 semanas) ya que en la primera fase (1-6 semanas) presentan el mismo coeficiente. Sin embargo, otros autores (Canale *et al*, 1965; Costantini y Bosi, 1968; Ciruzzi *et al*, 1973; Fraga *et al*, 1978) no encontraron diferencias significativas debidas al sexo, lo que parece ser debido a que la mayor parte de los conejos se comercializan antes de la edad propia de reproducción (6 ó 7 meses).

**Región de la canal.** Aunque la canal de conejo es bastante homogénea, su composición química presenta ligeras modificaciones, dependiendo de la zona

analizada. Así, el tercio posterior de la canal es más rico en humedad y proteína y más pobre en grasa que el anterior, mientras que el lomo presenta valores intermedios (Ciruzzi *et al*, 1973; Granat *et al*, 1977; El-Gammal *et al*, 1984). Es decir, las partes que tienen crecimiento rápido son más ricas en proteína y humedad que las de crecimiento lento, lo que confirmaron las observaciones realizadas por Abdel-Naby (1979). El contenido de cenizas no presenta diferencias entre las distintas partes del cuerpo (El-Gammal *et al*, 1984).

**Alimentación.** La composición química del pienso también influye en la composición química de la carne. Diversos autores han estudiado el efecto de la variación del contenido en fibra de la dieta en la composición química corporal de los conejos. En términos generales, un incremento de la proporción de fibra en la dieta supone un aumento de la cantidad de proteína y una disminución del contenido de grasa y materia seca y por lo tanto, del contenido energético. Este comportamiento es independiente del origen de la fibra: celulosa, paja de cebada y cascarilla de avena (Spreadbury y Davidson, 1978), alfalfa (Holmes *et al*, 1984), heno de hierba (Partridge *et al*, 1989) y pulpa de remolacha (García, 1991). Spreadbury y Davidson (1978) encontraron un mayor contenido de cenizas en el cuerpo de los conejos alimentados con dietas con mayor cantidad de fibra, mientras que Partridge *et al* (1989) no observaron influencia del nivel de fibra en las cenizas.

La relación energía/proteína de la dieta influye también en la composición química. Fraga *et al* (1983) señalaron que una relación energía/proteína (kcal energía digestible / g proteína digestible) de 22,8 es la que proporciona un menor contenido de grasa y una mayor cantidad de proteína en el cuerpo del conejo. Dicho valor es próximo

al señalado por De Blas *et al* (1981) para obtener una velocidad de crecimiento máxima, que lo establecieron en 23,5 kcal energía digestible / g proteína digestible. Valores superiores a aquéllos supusieron una reducción significativa en el contenido de proteínas, agua y cenizas y un incremento del grado de engrasamiento. La relación energía/proteína de las dietas comúnmente usadas para conejos en cebo influye más en la composición corporal que el contenido de fibra de dichas dietas (Fraga *et al*, 1983).

Diversos autores han encontrado que la adición de grasa al pienso de cebo supone un aumento del nivel de engrasamiento de la canal. Así, Partridge *et al* (1986) y Fernández y Fraga (1992) han observado incrementos de un 18 y un 60% en el peso de la grasa perirrenal para niveles de grasa añadida a la dieta de un 3 y un 6%, respectivamente. El peso de la grasa escapular aumentó igualmente (14%) para la dieta con el 6% de grasa, pero no se observaron diferencias al nivel del 3%. El tipo de grasa utilizada (sebo, oleínas o aceite de soja) no tuvo influencia en la retención de grasa corporal. Ouhayoun *et al* (1987) observaron también que la suplementación de la dieta con grasa (aceite de coco, linaza, oliva o manteca de cacao) provocó un incremento del porcentaje de tejido adiposo perirrenal en la canal en relación con una dieta hipolipídica, sobre todo en los alimentados con aceite de coco. A resultados similares llegaron Teleki y Darwish (1969) y Lanari *et al* (1972). Sin embargo, Raimondi *et al* (1974) señalaron que la adición de aceite vegetal a las dietas redujo la cantidad de materia seca y grasa de la canal, lo cual pudo ser debido al alto contenido en ácido erúxico (C-22:1) y, en menor medida, del ácido eicosenoico (C-20:1), que presentaba el aceite vegetal añadido, lo que provoca una disminución del crecimiento del animal (Raimondi *et al*, 1973). Lanari *et al* (1972) observaron que el contenido proteico de la carne de conejo decreció significativamente mientras que los valores de cenizas no cambiaron al

adicionar grasa a la dieta.

Los resultados obtenidos por diversos autores en relación con el contenido proteico de la dieta son contradictorios. Ouhayoun y Cheriet (1983) alimentaron a conejos con tres dietas isocalóricas, con diferentes niveles de proteína (10,4; 13,8 y 17,2%). La relación músculo/hueso de la región del muslo aumentó al hacerlo el contenido proteico de la dieta; asimismo el contenido proteico y de humedad fue mayor, mientras que disminuyó el porcentaje graso de la canal. Por otra parte, Poismans y Wittouck (1986) señalaron que el tejido muscular de los conejos alimentados con una dieta con un exceso de proteína (27%) y un bajo contenido en fibra (12,4%) fue más rico en materia seca y lípidos y, sorprendentemente, más pobre en proteína que el de los conejos alimentados con una dieta control (18,9% de proteína y 20,2% de fibra). Raimondi *et al* (1974) observaron que la cantidad de proteína de la dieta no influyó ni en el contenido de humedad ni en el lipídico de la carne de conejo.

Forsberg *et al* (1989) y Al-Bar *et al* (1991) han estudiado el efecto de la adición de cimaterol al pienso en la calidad de la canal. Al igual que en otras especies animales, dosis crecientes (entre 0,1 y 10 ppm) supusieron, además de un incremento de la velocidad de crecimiento (25%), una elevación significativa de la retención de proteína corporal (14%).

**Factores ambientales.** La estación del año tiene una clara influencia en la velocidad de crecimiento de los conejos (Blasco *et al*, 1983; Ouhayoun, 1984). Este efecto es indirecto ya que la temperatura ambiente influye en la velocidad de crecimiento a través de la ingestión de alimentos. A medida que aumenta la temperatura, disminuye

la ingestión. No obstante, también se ha señalado un efecto directo de la estación al modificarse el metabolismo energético (Close y Stanier, 1984) o el fotoperíodo (Schanbacher *et al*, 1982; Tucker *et al*, 1984).

Deltoro *et al* (1988a), en conejos de granja de raza California y Nueva Zelanda sacrificados entre 1 y 20 semanas de edad, observaron que sólo aparecían diferencias significativas en la composición química de la carne en las tres primeras semanas de vida (la carne de los conejos nacidos en verano tenían un menor contenido en grasa y mayor de agua y proteína) y entre las 13 y 16 semanas de edad (la carne de los conejos de invierno presentaban contenidos más altos de grasa y menores de agua y proteína). Como se ha señalado anteriormente, aquellas especies, como el conejo, donde los animales nacen con un bajo grado de desarrollo fisiológico, tienen un alto contenido de grasa al nacer (Veziñhet y Prud'hon, 1975; Robinson, 1976; Jones *et al*, 1980; Deltoro y López, 1985). Evidentemente, en verano, las necesidades energéticas para la termorregulación corporal son menores y la deposición de grasa en la vida prenatal sería más pequeña. También, el nivel de alimentación de las hembras en esta estación es menor y así, las posibilidades de formación del tejido adiposo en el feto disminuyen.

Varios trabajos (Sugahara *et al*, 1970; Close *et al*, 1978; Dauncey e Ingram, 1983) han señalado una tendencia hacia un grado mayor de grasa en los animales adultos criados en un hábitat a temperatura ambiente elevada debido a que las necesidades para la termorregulación son menores en estas condiciones y en situaciones donde los animales reciben cantidades adecuadas de energía, una gran cantidad de grasa se almacena en los diferentes depósitos adiposos, incluyendo grasa inter- e intra-muscular.

En cunicultura, Estrada (1985) describió una velocidad de crecimiento óptima en el intervalo de temperaturas entre 8 y 20°C. Actualmente, las características del local para el engorde de conejos puede paliar en mayor o menor medida los efectos estacionales en la composición química de la carne mediante el control de la temperatura y de la iluminación.

Camero *et al* (1991c), en conejos silvestres, observaron un mayor contenido de grasa en los animales capturados en primavera y verano y menor en los de invierno; estos resultados reflejan la mayor disponibilidad de alimentos al final de primavera y al principio de verano. En el contenido de proteínas y cenizas no señalaron diferencias entre los capturados en distintas estaciones.

**El método de sacrificio en el contenido de glucógeno muscular y hepático.** Un período de ayuno previo al sacrificio provoca una disminución de la concentración de glucógeno muscular y hepático. Este descenso es particularmente importante entre las 6 y las 12 horas de ayuno. Niveles bajos de glucógeno implican un menor descenso del pH de la carne, con mayor capacidad de retención de agua. El aturdimiento previo antes del sacrificio de los animales es importante en la concentración de glucógeno de los músculos. Los animales sacrificados sin aturdimiento presentan menor cantidad de glucógeno muscular con el efecto consiguiente en el pH (DeFremery, 1966). No se han observado diferencias importantes entre los distintos métodos de aturdimiento (eléctrico, denervación, conmoción mecánica) en la calidad de la canal de los conejos (Makayawo y Coppings, 1985; Civera *et al*, 1989).

### **I.6.2.- Composición lipídica y factores de que dependen**

Los lípidos de la carne, además de su bien conocido valor nutricional, desempeñan otras funciones importantes como la de proporcionar jugosidad y participar en la textura y en el aroma de la carne.

Los fosfolípidos y el colesterol de los lípidos musculares son esenciales para el músculo por su papel en la estructura y función de las células y sus organelas. Los lípidos neutros no son esenciales para el músculo, pero proporcionan ácidos grasos necesarios para su metabolismo energético y contribuyen a las características de la carne (Allen y Foegeding, 1981). Al contrario que la mayoría de los fosfolípidos y del colesterol, que forman parte de las membranas, los lípidos neutros están presentes como gotas microscópicas dentro de las células musculares o en los adipocitos localizados principalmente dentro del tejido conectivo perimisial del músculo (Moody y Cassens, 1968). Cuando los adipocitos intramusculares crecen y se hacen más numerosos, la grasa es visible al realizar una sección transversal del músculo, formando lo que se conoce como veteado, marmorización o grasa intramuscular (Allen y Foegeding, 1981).

Los lípidos de reserva, fuente de energía metabolizable para el trabajo muscular, constituyen la mayor parte del contenido lipídico del organismo. Se encuentran en los diversos depósitos grasos en forma de ésteres del glicerol con los ácidos grasos, predominando los triglicéridos, aunque también pueden contener pequeñas cantidades de monoglicéridos, diglicéridos y ácidos grasos libres. Presentan

grandes diferencias dependiendo del tipo de músculo, especie, tejido, dieta e influencias medioambientales (German, 1990).

En contraste con los lípidos de reserva, los lípidos de las membranas celulares (fosfolípidos y colesterol) presentan una composición similar en todas las especies animales a pesar de las amplias diferencias en dieta y condiciones medioambientales (German, 1990).

Los lípidos, por su grado de polaridad, se pueden clasificar en apolares y polares. Los lípidos apolares (constituidos, de mayor a menor polaridad, por monoglicéridos, diglicéridos, colesterol, ácidos grasos libres, triglicéridos, hidrocarburos y ésteres del colesterol) son los mayoritarios en la carne, independientemente de la especie de que se trate. En el conejo, Chang-Han y Yeon-Hee (1982) observaron que el 91% del contenido lipídico total de la carne correspondía a los apolares. Este porcentaje es, en comparación con otras especies animales (vaca, cerdo, pollo, cordero y pavo), el más bajo. Cambero *et al* (1991a), en conejos de raza Neozelandesa blanca y en híbridos comerciales HYLA, señalaron un contenido de lípidos apolares entre el 74 y el 88% del total lipídico, mientras que en conejos silvestres el porcentaje variaba entre el 60 y el 81% (Cambero *et al*, 1991c). Los lípidos polares están constituidos fundamentalmente por fosfolípidos. El porcentaje de fosfolípidos en el total lipídico de la carne de conejo observado por diversos autores ha sido el siguiente: Gray y McFarlane (1961), un 23%; Kostetskii *et al* (1977), un 15,5%; Chang-Han y Yeon-Hee (1982), un 9,7% y Cambero *et al* (1991b), entre un 9 y un 19%. Cambero *et al* (1991c) describieron, en carne de conejo silvestre, un 16-34% de lípidos polares respecto al total lipídico. Chang-Han y Yeon-Hee (1982)

observaron que el porcentaje de fosfolípidos en los lípidos de la carne de conejo era superior al obtenido en otras especies animales, que presentan un contenido comprendido entre un 1,1 y un 2,4% del total lipídico.

Tanto en el ganado vacuno (Nakanishi y Suyama, 1967) como en los conejos (Cambero *et al*, 1991a,b,c), el incremento en el contenido de lípidos totales en la carne se debe al aumento de los lípidos apolares, ya que la cantidad de fosfolípidos se mantiene relativamente constante. Las variaciones en el contenido lipídico del animal debidas a la edad, raza, sexo, situación fisiológica del animal, régimen alimenticio, etc. (véase I.6.1), son motivadas por cambios en la fracción apolar de los lípidos. Por lo tanto, un incremento en el contenido lipídico de la carne da lugar a un mayor porcentaje de lípidos apolares y un menor de lípidos polares en el total lipídico.

Igualmente, el contenido y la composición de los lípidos musculares difieren, dentro de un animal, dependiendo de la función muscular. Los músculos blancos contienen menos lípidos totales que los rojos. Estas diferencias también se reflejan en los porcentajes de lípidos neutros y de fosfolípidos en el total lipídico (Allen y Foegeding, 1981). Turkii y Campbell (1967) y Campbell y Harrill (1971) señalaron que la relación entre estas dos clases de lípidos es más curvilínea que lineal. Cuando se produce un incremento inicial en el porcentaje de lípidos totales, decrece de una manera importante el porcentaje de fosfolípidos, pero un mayor incremento en el contenido de lípidos tiene un efecto mucho menor en el porcentaje de fosfolípidos. Así que, el metabolismo más aeróbico de los músculos rojos, en comparación con los blancos, no está asociado solamente con una mayor concentración de mioglobina, sino también con una mayor concentración de lípidos. Las dos principales consecuencias para el

consumidor de estos distintos contenidos lipídicos de la carne roja y blanca son las diferencias en el aroma y sabor y en el contenido calórico (Allen y Foegeding, 1981).

El contenido de fosfolípidos en el tejido muscular es de alrededor de 500 mg/100 g de músculo, en relación directa con la cantidad de membrana presente en el músculo (Christie, 1978). Sin embargo, Cambero *et al* (1991b) observaron que los conejos machos contenían, en la carne, un mayor contenido de fosfolípidos que las hembras. Weihrauch y Son (1983), basándose en los datos de Gray y McFarlane (1961) (510 mg/100 g de carne), señalaron que la carne de conejo tiene un menor contenido de fosfolípidos que la carne de otros animales (vacas, terneros y cerdos) aunque Chang-Han y Yeon-Hee (1982) no observaron diferencias en el porcentaje de fosfolípidos de la carne de conejo (0,09%) con respecto a otras especies animales (vaca, cerdo, pollo, cordero y pavo).

Los principales componentes de los lípidos apolares son los triglicéridos. Romans *et al* (1974) encontraron que el 91% de los lípidos apolares de la grasa intramuscular eran triglicéridos. Se ha podido observar que el paso de la vida libre a la cría en cautividad de los conejos ha originado un incremento del contenido de triglicéridos, consecuencia de la mejora de la nutrición que representa tal cambio. Así, Cambero (1987) obtuvo, en conejos de cría industrial, unos valores entre 80 y 91%, mientras que Cambero *et al* (1991c) hallaron, en conejos silvestres, unos valores inferiores (entre 59 y 84% de los lípidos apolares). De otra parte, los conejos de vida libre están sujetos a variaciones notables que dependen de múltiples factores, como la temperatura, la zona geográfica y la estación anual, que repercuten, tanto en la diversidad de especies vegetales como en la cantidad de alimento disponible; Cambero

*et al* (1991c) detectaron un contenido de triglicéridos más bajo en las muestras tomadas en invierno cuando es menor el contenido de lípidos totales. Por lo tanto, un incremento de lípidos en la carne de conejo, se acompaña de un aumento del contenido de triglicéridos, ya que son los principales lípidos de reserva.

Del resto de glicéridos, la cantidad de monoglicéridos es de un 3-4% de los lípidos apolares, tanto en conejos industriales (Cambero, 1987), como en silvestres (Cambero *et al*, 1991c) y la de diglicéridos de alrededor del 4% en conejos industriales (Cambero, 1987) y del 3% en silvestres (Cambero *et al*, 1991c). En éstos, cuanto menor es el contenido de triglicéridos de la fracción lipídica apolar (conejos capturados en invierno) mayor es el porcentaje de mono y diglicéridos (5,2 y 5,4% respectivamente).

La concentración de ácidos grasos libres es menor que la de los distintos glicéridos, constituyendo entre un 1 y un 3% de la fracción lipídica apolar en conejos de cría dirigida (Cambero, 1987) y entre un 1,9 y un 3,6% en silvestres (Cambero *et al*, 1991c).

La tasa de hidrocarburos es igualmente mayor en conejos silvestres, con valores comprendidos entre 2,5 y 5,5% de los lípidos apolares (Cambero *et al*, 1991c), que en los industriales, con valores entre 0,2 y 1,4% (Cambero, 1987).

El contenido de colesterol libre está comprendido entre 0,2 y 1% de los lípidos apolares en conejos alimentados con dietas comerciales. La cantidad de ésteres de colesterol varía de 0,3 a 2% de los lípidos apolares en dichos conejos (Cambero,

1987). Estas cantidades son claramente inferiores a las señaladas en conejos silvestres, con un contenido de colesterol entre 1,19 y 8,39% y de ésteres del colesterol entre 2,74 y 9,49% del total de lípidos apolares. Para ambos componentes, los conejos capturados en invierno muestran unos valores superiores (Cambero *et al*, 1991c).

En lo que se refiere al contenido de colesterol total, Janieri (1987) señaló que la carne de conejo tenía unos valores de colesterol más bajos (169 mg/100 g de extracto seco) que la carne del ganado vacuno (348), pollo (220) y cerdo (323). No obstante, Lee y Ahn (1977) encontraron que la carne de ganado vacuno presentaba los niveles más bajos de colesterol total (238 mg/100 g de materia seca), seguidos de la carne de conejo (294), cerdo (320) y pollo (440). Otras investigaciones han ofrecido unos valores comprendidos entre 136 (Cheeke *et al*, 1982) y 288 mg de colesterol/100 g de materia seca (Holmes *et al*, 1984). Lukefahr *et al* (1989) indicaron unos valores de 163,6 mg/100 g de materia seca. Por lo tanto, los diferentes resultados señalan que, en general, la carne de conejo presenta un contenido en colesterol similar o inferior que las carnes de otros animales de abasto.

Respecto de los factores intrínsecos, Costantini y Bosi (1968) detectaron, aunque no de forma clara, un contenido mayor de colesterol en los conejos mestizos (neozelandés blanco x conejos autóctonos) que en los pertenecientes a algunas razas puras. Cambero (1987) señaló que, aunque los conejos silvestres mostraron una tasa de colesterol total referida a lípidos neutros mayor que la hallada en los industriales (debido a que estos últimos animales tienen mayor contenido de glicéridos), tal diferencia no se observó al referir los resultados al tejido muscular. Lukefahr *et al* (1989) no observaron influencia significativa alguna del sexo de los conejos en el

contenido de colesterol de la carne, al igual que se ha descrito para el ganado vacuno (Wheeler *et al*, 1987).

Desde un punto de vista biológico, el contenido relativamente bajo de colesterol total (libre y esterificado) de la carne de conejo podría atribuirse, en parte, a la naturaleza fibrosa de su dieta. Se ha descrito una reducción de los niveles de colesterol en el suero por efecto de las saponinas de la alfalfa (la más común fuente de forraje usada en las dietas comerciales de los conejos) (Cookson *et al*, 1967). Además, cuando los conejos se alimentan con una dieta baja en fibra, aterogénica, son muy susceptibles a la hipercolesterolemia y a la aterosclerosis aórtica. Por ello, se han utilizado como animal modelo en tales estudios (Moore y Williams, 1966). Paradójicamente, en una investigación más reciente realizada por Holmes *et al* (1984) no pudo mostrarse una reducción en el contenido de colesterol de la carne de conejo cuando los niveles de alfalfa de la dieta se incrementaron del 28 al 54 y 74%, comprobando que el nivel de colesterol en la carne no responde a las modificaciones de la dieta. Por tanto, el contenido de colesterol de la carne y del suero no presentan una relación directa (Lukefahr *et al*, 1989).

Lukefahr *et al* (1989) encontraron bajos coeficientes de correlación entre el contenido de colesterol total de la carne de conejo y diversas características del crecimiento, canal y rendimiento de los conejos (peso al destete y al sacrificio, ganancia diaria media de peso, peso de la canal, vísceras, piel y de la grasa abdominal, rendimiento a la canal, relación carne/hueso, porcentaje de lípidos totales, etc).

Holmes *et al* (1984) señalaron que el contenido de colesterol total de la carne

es mayor en la carne cruda que en la cocida expresando los resultados en materia seca. El calentamiento durante el cocinado reduce el contenido de colesterol (Lee y Ahn, 1977), lo que podría deberse, además de a las pérdidas ocasionadas por "goteo" durante el tratamiento (Tu *et al*, 1967), a una esterificación del colesterol con ácidos grasos insaturados (Bergstrom y Samuelson, 1961; Lee y Ahn, 1977; Kostenko *et al*, 1980). De todos modos, al formarse ésteres del colesterol, lo que realmente disminuiría no sería el colesterol total, sino sólo el libre.

Los **ácidos grasos** que se encuentran presentes formando parte de los lípidos difieren en la longitud de su cadena de átomos de carbono y en el tipo de enlace que une estos átomos. Los ácidos grasos saturados suelen tener de 12 a 20 átomos de carbono y los insaturados de 14 a 22, predominando los ácidos grasos de un número par de átomos de carbono. Los principales son el palmítico (C-16:0) y el oleico (C-18:1). La carne de conejo no es una excepción a esta norma general (Canale *et al*, 1966; Costantini y Bosi, 1968; Battaglini y Costantini, 1971; Ciruzzi *et al*, 1973; Raimondi *et al*, 1974, 1975b; Zegarska *et al*, 1979; Matter, 1981; Chang-Han y Yeon-Hee, 1982; Kühne *et al*, 1986; Cambero *et al*, 1991a,b,c; Rhee, 1992). Aunque el ácido oleico es el más abundante en la mayoría de las carnes (vacuno, cordero, cerdo y pollo), la grasa de los conejos está caracterizada por un mayor contenido de ácido palmítico (Chang-Han y Yeon-Hee, 1982; Cambero *et al*, 1991a).

El contenido de los principales ácidos grasos en la carne de conejo, descrito por diversos autores (tabla I.2), es el siguiente: mirístico, 2-5%; palmítico, 25-40%; palmitoleico, 2-6%; esteárico, 6-10%; oleico, 20-36%; linoleico, 10-23% y linolénico, 1-3%.

**Tabla I.2.** Ácidos grasos principales (% en peso) de la grasa de la carne de conejos domésticos

Ácido Graso	1	2	3	4	5	6	7
C-14:0	2,8-3,4	2,9-3,8	4,0-5,0	2,3-4,6	3,39	3,2	3,0-6,3
C-16:0	25,5-29,1	29,7-31,7	37,0-41,0	25,0-31,8	26,34	29,0	26,0-40,3
C-16:1	4,1-5,6	2,0-3,8	4,0-5,0	2,0-5,7	2,14	5,4	3,4-7,7
C-18:0	7,8-12,0	6,0-7,8	6,0-8,0	5,4-7,2	7,06	7,2	7,8-14,4
C-18:1	24,2-30,4	21,0-24,0	27,0-29,0	26,0-33,2	35,86	33,0	21,3-30,4
C-18:2	15,7-20,5	23,0-27,2	10,0-12,0	20,0-28,8	21,30	16,8	7,0-23,2
C-18:3	1,1-3,2	1,8-3,0	0,5-1,5	0,9-3,8	2,15		tr-0,8

1: Canale et al (1966); 2: Costantini y Bosi (1968); 3: Battaglini y Costantini (1971); 4: Ciruzzi et al (1973);  
5: Raimondi et al (1975b); 6: Kühne et al (1986); 7: Cambero et al (1991a)

tr: trazas

En los estudios realizados sobre composición en ácidos grasos de las distintas fracciones lipídicas, la apolar muestra una composición similar a la de los lípidos totales, al ser la fracción lipídica mayoritaria (Cambero *et al*, 1991a). Según estos autores, la única diferencia es la ausencia en la fracción apolar de ácidos grasos insaturados de longitud de cadena superior a 18 átomos de carbono, con la excepción de pequeñas cantidades de C-20:1. Estas observaciones coinciden con lo señalado por Christie y Moore (1971) en óvidos, Poukka y Oksanen (1972) en bóvidos, y Hay *et al* (1973) en pollos. Igualmente, en los triglicéridos, componente mayoritario de la fracción apolar, no se detectan ácidos grasos de longitud de cadena superior a 18 átomos de carbono (Otake *et al*, 1971). En la fracción de los ácidos grasos libres, estos autores señalaron que el ácido araquidónico se encontraba en cantidades notables (7-8,5%), aunque la fracción fosfolipídica era la más rica en ácidos grasos insaturados de 20 y 22 átomos de carbono. A su vez, esta fracción fue la más pobre en ácidos palmítico y oleico, siendo mayor la concentración de esteárico, linolénico y araquidónico. Cambero *et al* (1991b) señalaron que la fracción fosfolipídica presentó menores concentraciones de los ácidos grasos C-14:0 y C-16:1 y unos valores mayores de C-18:0, C-18:2 y de ácidos grasos poliinsaturados de 20 átomos de carbono (C-20:2, C-20:3 y C-20:4) que la fracción apolar.

El efecto de la dieta en la composición en ácidos grasos ha sido estudiado por diversos investigadores. Canale *et al* (1966) observaron que los ácidos grasos de los lípidos del tejido muscular del muslo de conejos de las razas Azul de Viena, Leonado de Borgoña y Mariposa, sólo presentaban ligeras diferencias debidas al régimen alimenticio (utilizaron una dieta seca constituida por harina de varios cereales y granos y una dieta mixta con heno fresco). Patrucco *et al* (1965) llegaron a similares

conclusiones en los ácidos grasos del tejido adiposo perirrenal de conejo bajo las mismas condiciones de cría y alimentación. Ciruzzi *et al* (1973) estudiaron la composición en ácidos grasos de varias razas de conejos (Neozelandés, Californiano, Leonado de Borgoña e indígena) alimentados con hierba y pienso comercial, no encontrando ninguna relación cuantitativa entre el contenido de ácidos grasos del alimento y el aparecido en las grasas perirrenal y muscular. Tampoco Battaglini y Costantini (1971) encontraron cambios importantes en la composición de ácidos grasos de los lípidos de depósito, hemáticos, hepáticos y de infiltración muscular al adicionar a las dietas melazas de remolacha, ricas en sacarosa (44-50%). Raimondi *et al* (1974) observaron que dietas con diferente contenido proteico no modificaban sensiblemente la composición en ácidos grasos de la carne de conejo, encontrando solamente una menor tasa de ácido palmitoleico y un mayor contenido en ácido linoleico en los animales alimentados con una ración con un mayor nivel proteico. Finalmente, Cambero *et al* (1991a,b) no señalaron diferencias significativas en los ácidos grasos de los lípidos totales, apolares y polares de la carne de conejos de raza Neozelandesa blanca e híbridos comerciales HYLA alimentados con dietas comerciales con diferentes niveles de fibra y proteína.

Por lo tanto, parece ser que los diferentes niveles de fibra (Patrucco *et al*, 1965; Canale *et al*, 1966; Ciruzzi *et al*, 1973; Cambero *et al*, 1991a,b), proteína (Raimondi *et al*, 1974; Cambero *et al*, 1991a,b) y azúcares (Battaglini y Costantini, 1971) en la dieta no influyen de una forma clara en la composición en ácidos grasos de los lípidos de los conejos.

Sin embargo, la grasa de la dieta sí que influye en la composición en ácidos

grasos de los tejidos de los monogástricos, especialmente del tejido adiposo, aunque, en los rumiantes, el efecto es menor, debido a que los microorganismos del rumen convierten los ácidos grasos insaturados en saturados y, por ello, es mucho más difícil incrementar la insaturación de los lípidos mediante la modificación dietética. No obstante, la dieta tiene algún efecto en la composición en ácidos grasos de los lípidos de los rumiantes (Rhee, 1992).

En los conejos, como monogástricos que son, diversos trabajos señalan que la adición de grasa, o la de ácidos grasos, a la dieta influye significativamente en la composición en ácidos grasos de los lípidos de los conejos. Así, Borgman (1964) señaló una profunda influencia de la adición de ácido oleico y linoleico a la dieta en la composición en ácidos grasos del hígado, riñones, corazón, depósitos adiposos, músculo esquelético y aorta torácica de los conejos. La presencia o no de vitamina E en los piensos no afectó a los porcentajes de ácidos grasos. Raimondi *et al* (1975b), utilizando sebo y aceite de cacahuete como aporte de grasa de la dieta de los conejos, observaron que el tipo de grasa utilizado influía de forma significativa en la composición de ácidos grasos de la grasa infiltrativa y del depósito perirrenal de la carne de los conejos. Finalmente, Ouhayoun *et al* (1981), sustituyendo alfalfa deshidratada por vainas de colza ricas en grasa y Ouhayoun *et al* (1987) comparando una dieta hipolipídica con otras cuatro adicionadas de aceite de oliva, linaza, coco y manteca de cacao, comprobaron la modificación de la composición en ácidos grasos de la grasa perirrenal del conejo al adicionar grasa a la dieta.

Sin embargo, cada ácido graso responde a la adición de grasa a la dieta de una manera distinta.

Los ácidos grasos esenciales están constituidos por aquellos ácidos grasos poliinsaturados pertenecientes a las familias n-3 y n-6, que no pueden ser sintetizados por los mamíferos y son necesarios para el crecimiento y la integridad dérmica (Holman, 1958). Por lo tanto, son componentes imprescindibles de las dietas de los mamíferos. Los animales que no consumen grasa o sólo grasa saturada presentan una deficiencia nutricional que es reversible con una suplementación dietética apropiada (Mead, 1981). Los conejos, como el resto de los mamíferos, alimentados con una dieta carente de grasa presentan disminución del crecimiento y de la eficiencia alimentaria, pérdida de pelo, degeneración de las gónadas, etc. (Ahluwalia *et al*, 1967). El ácido linoleico de la dieta es el precursor de los ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-6 (Cook, 1985), mientras que el ácido  $\alpha$ -linolénico es el precursor de la familia n-3 (Gurr, 1984; Cook, 1985); las mismas series de enzimas insaturan y elongan los correspondientes ácidos grasos poliinsaturados de cada familia (tabla I.3). A partir del ácido linoleico, se forma el ácido araquidónico, que es el principal precursor en la síntesis de los eicosanoides (prostanoides y leucotrienos). Por lo tanto, el ácido araquidónico y otros ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-6 no son esenciales *per se* ya que se pueden sintetizar a partir del ácido linoleico de la dieta (Rosenthal, 1987). Sin embargo, las distintas especies animales difieren en su capacidad para la insaturación y elongación del ácido linoleico (Willis, 1981), por lo cual se ha señalado una mayor necesidad, como ácido graso esencial, de ácido araquidónico con respecto al ácido linoleico (Brenner, 1981; Holman, 1986). El ácido araquidónico corrige la mayoría de los síntomas de la deficiencia de ácidos grasos esenciales excepto la pérdida de agua de la dermis. En este sentido, se ha observado que el ácido linoleico, además de ser precursor del ácido araquidónico y componente estructural de los fosfolípidos de

las membranas, forma parte de las acilglucosilceramidas de la capa subepidérmica de la piel y controla la permeabilidad de la dermis (Wertz y Downing, 1983). La enzima clave en la conversión del ácido linoleico en ácido araquidónico es la  $\Delta$ -6-desaturasa. La reacción por la que se forma el ácido araquidónico puede ser inhibida por un mecanismo de *feedback* por otros ácidos grasos poliinsaturados y de forma competitiva por el ácido  $\alpha$ -linolénico. La enzima  $\Delta$ -6-desaturasa muestra actividad decreciente con la edad y es estimulada por la insulina (Brenner, 1981; Sprecher, 1981).

**Tabla I.3.** Insaturación y elongación de los ácidos grasos linoleico y linolénico en las células de los mamíferos (Rosenthal, 1987; Kinsella, 1988).

<u>FAMILIA n-6</u>		<u>FAMILIA n-3</u>
Linoleico (18:2 n-6)		$\alpha$ -Linolénico (18:3 n-3)
↓	$\Delta$ -6-desaturasa	↓
$\gamma$ -Linolénico (18:3 n-6)		18:4 n-3
↓		↓
Dihomo- $\gamma$ -linolénico (20:3 n-6)		20:4 n-3
↓	$\Delta$ -5-desaturasa	↓
Araquidónico (20:4 n-6)		Eicosapentaenoico (20:5 n-3)
↓		↓
Docosatetraenoico (22:4 n-6)		22:5 n-3
	$\Delta$ -4-desaturasa	↓
		Docosaheptaenoico (22:6 n-3)

La concentración en ácido linoleico de los lípidos de la carne de conejo es tanto mayor cuanto más elevado es el aporte alimenticio de dichos ácidos (Borgman, 1964; Raimondi *et al*, 1975b; Ouhayoun *et al*, 1987). En la grasa del hígado y corazón del cerdo, Brooks (1971) observó que un mayor contenido de ácido linoleico en la dieta, por adición de aceite de soja, además de elevar la cantidad de dicho ácido, originó un aumento de la tasa de ácido araquidónico en los lípidos de ambas vísceras. Asghar *et al* (1990) observaron también que los lípidos de las mitocondrias y microsomas de los pollos alimentados con dietas con aceite de soja hidrogenado de alto contenido en ácido linoleico, presentaron una alta cantidad de dicho ácido y del araquidónico. Morgan *et al* (1992) señalaron también un aumento del porcentaje de los ácidos linoleico y araquidónico en la grasa de los cerdos alimentados con dietas adicionadas de aceite de soja respecto a los que consumieron dietas adicionadas de sebo. Todos estos resultados se deben a la síntesis del ácido araquidónico a partir del ácido linoleico. Sin embargo, Morgan *et al* (1992) no observaron un incremento significativo del contenido de ácido araquidónico en la grasa de los cerdos al adicionar ácido  $\gamma$ -linolénico a la dieta.

Un alto contenido de ácido linolénico en la dieta de los conejos eleva la cantidad de dicho ácido en los lípidos (Ouhayoun *et al*, 1987). Landes y Miller (1975), en los fosfolípidos del hígado y corazón de ratas y Asghar *et al* (1990) en los fosfolípidos de las mitocondrias y microsomas de los pollos, señalaron que la adición de aceite de linaza, donde el ácido linolénico es el predominante, provoca, además de un mayor contenido de ácido linolénico, un incremento de los contenidos de los ácidos grasos de la familia n-3 (C-22:5 y C-22:6) y una disminución relativa de las tasas de ácido araquidónico y demás ácidos grasos de la familia n-6 (C-22:4 y C-22:5). Morgan *et al* (1992) observaron que la adición a la dieta de los ácidos C-20:5 n-3 y C-22:6 n-3

ocasionaron un aumento significativo de los niveles de dichos ácidos en los lípidos de los cerdos y redujeron los valores del ácido araquidónico.

Los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta de la familia n-3, particularmente los ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico, reducen la síntesis de eicosanoides que se forman a partir del ácido araquidónico, debido a una disminución de los niveles de dicho ácido en los fosfolípidos, lo que parece producir efectos beneficiosos en la salud (Kinsella, 1988; Sanders, 1988).

Sin embargo, el resto de ácidos grasos presentes en cantidades importantes en los lípidos de la carne pueden ser sintetizados por el organismo a partir del AcetilCoA y, por lo tanto, su presencia es independiente del aporte alimenticio. No obstante, la adición de grasa, con un alto contenido en determinados ácidos grasos, a la dieta eleva la concentración de dichos ácidos grasos en los lípidos del animal.

Resulta, por consiguiente, que la mayor parte de los ácidos grasos suministrados por los alimentos no se modifican en el curso de la digestión y se absorben y depositan como tales (Raimondi *et al*, 1975b). Allee *et al* (1971) observaron que la incorporación de ciertas cantidades de grasa en la ración de cerdos provocó en el tejido adiposo una disminución de los procesos de síntesis de ácidos grasos, *de novo*, a partir del componente glucídico y nitrogenado; de esta forma, la grasa corporal guardaría una relación directa con la aportada por la dieta. Parece ser que todos los ácidos grasos de la dieta, tanto saturados como insaturados, son igualmente efectivos en la inhibición de su síntesis (Allee *et al*, 1972).

Un alto contenido de ácido oleico en la ración suele ocasionar un incremento de la cantidad de dicho ácido en la grasa (Borgman, 1964; Ouhayoun *et al*, 1981, 1987). Asimismo, un alto porcentaje de ácido mirístico en el pienso eleva su concentración en la grasa (Ouhayoun *et al*, 1987). Incluso el ácido láurico, que normalmente no está presente en tasas importantes en los lípidos de los conejos, puede alcanzar hasta un 12% de los ácidos grasos totales en conejos alimentados con dietas adicionadas de aceite de coco, de alto contenido en dicho ácido (Ouhayoun *et al*, 1987). Sin embargo, el ácido esteárico es poco variable, no observándose cambios importantes al variar la tasa de dicho ácido en la dieta (Ouhayoun *et al*, 1987).

Para explicar los diferentes resultados obtenidos en los ácidos grasos, es importante tener en cuenta que, en los estudios efectuados en monogástricos, la utilización digestiva global de la sustancia grasa depende de varios factores. Entre ellos, cabe destacar la longitud de la cadena y el grado de insaturación del ácido graso. En efecto, según Flanzky *et al* (1968), la digestibilidad de los ácidos grasos de la dieta disminuye al aumentar la longitud de la cadena, pasando del 90% del ácido láurico al 40% del ácido esteárico. Hamilton y McDonald (1969) describieron que los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico son más digeribles que los saturados. Raimondi *et al* (1975b) observaron que la relación ácidos grasos saturados / ácidos grasos insaturados tiende a disminuir en la carne de los conejos cuando aumenta el contenido de grasa en la dieta; posiblemente esta relacionado con la digestibilidad de la grasa que, como afirmó Flanzky (1969), disminuye al aumentar la cantidad de grasa añadida al pienso, lo que se debe a que la utilización de los ácidos grasos saturados posiblemente esté bloqueada por la precipitación de éstos en forma de sales de calcio insolubles, las cuales no se absorben en la luz intestinal.

La concentración de un ácido graso no sólo está afectada por la cantidad de dicho ácido graso en la dieta, sino también por los valores de otros ácidos grasos, tanto de la dieta como de la grasa de la carne. Ciruzzi *et al* (1973) encontraron en la grasa de conejo un cierto antagonismo entre el contenido de ácido oleico y linoleico y entre los niveles de ácido palmítico y linoleico así como una correlación positiva entre los porcentajes de esteárico y linoleico. Los ácidos miristoleico y palmitoleico suelen estar presentes en los lípidos de la carne a consecuencia de los procesos de insaturación de los ácidos mirístico y palmítico que tienen lugar en el hígado. Raimondi *et al* (1975b) observaron que en los conejos alimentados con piensos que contenían sebo, la composición en ácidos grasos reflejaba en parte la de la dieta suministrada, mientras que en los animales que consumieron alimentos con aceite de cacahuete, esto no sucedió. Parece ser que la síntesis de los ácidos grasos miristoleico y palmitoleico está influida por un mecanismo metabólico independiente de la concentración de los ácidos mirístico y palmítico en la dieta y más bien depende de la concentración de los ácidos grasos poliinsaturados (Guenter *et al*, 1971).

En los animales de vida libre es muy difícil establecer la influencia de la dieta en la composición lipídica de la carne, debido a la diversidad de alimentos que ingieren a lo largo del año. Sin embargo, los conejos silvestres presentan muchas diferencias estacionales en la composición en ácidos grasos de los lípidos totales y apolares, las cuales se deben a los distintos tipos de alimentos disponibles en cada estación (Cambero *et al*, 1991c). Las diferencias más significativas se observaron en la concentración de C-18:1, llegando respectivamente al 43 y 52% de los lípidos totales y apolares en los lotes capturados en otoño. Los valores de este ácido no llegaron al 30%

en los capturados en las otras estaciones del año, siendo sólo del 15% en los capturados en invierno. Sin embargo, el C-18:2 y el C-20:0 mostraron una menor concentración en los lotes de otoño que en los de otras estaciones. Tsimbalova *et al* (1979) señalaron que los conejos durante el período otoñal presentaron en su grasa un porcentaje mayor de ácidos grasos poliinsaturados que durante el invierno.

Además de la composición lipídica de la dieta, hay otros factores que influyen en la composición en ácidos grasos de los lípidos corporales. Costantini y Bosi (1968) compararon la composición en ácidos grasos de varias razas de conejos sacrificados con 90 y 120 días de edad, observando en los híbridos Neozelandés x Nostrana un mayor contenido de ácido palmitoleico y una menor cantidad de esteárico y linoleico en los de 120 días, mientras que en los de raza Nostrana, los de 120 días presentaron una mayor tasa de palmítico y esteárico y menor de linoleico que los sacrificados con sólo 90 días. Cambero *et al* (1991a) no encontraron diferencias importantes en los lípidos totales y apolares entre conejos sacrificados con 50 y 70 días de edad, mientras que en los lípidos polares, Cambero *et al* (1991b) sólo observaron un incremento gradual del contenido de ácido palmítico con la edad.

Se ha señalado que las mayores diferencias debidas a la edad se observan entre los conejos lactantes y los alimentados con dietas comerciales. La composición en ácidos grasos de los lípidos perirrenales de los conejos a la edad de 30 días está determinada, esencialmente, por los lípidos de la leche, la cual representa el alimento exclusivo de los gazapos durante las tres primeras semanas de vida (Ouhayoun *et al*, 1987). La leche de los conejos es rica en lípidos (12 g/100 ml). Los gazapos de 30 días de edad presentan un 2,9% de C-10:0 y un 3,2% de C-12:0. Normalmente, estos

ácidos grasos no están presentes en cantidades significativas en los lípidos de conejos de mayor edad (Ouhayoun *et al*, 1987). El tejido muscular de los gazapos contiene una tasa relativamente alta de fosfolípidos presentando una concentración elevada de los ácidos esteárico y poliinsaturados (Ouhayoun *et al*, 1985). Con una dieta baja en grasa, al crecer los animales, la concentración de los ácidos grasos monoinsaturados (C-16:1 y C-18:1) se incrementa, mientras que disminuye la proporción de los ácidos grasos poliinsaturados (C-18:2 y C-18:3) (Ouhayoun *et al*, 1985; 1987). Cambero *et al* (1991a) señalaron una mayor contenido de C-16:0 y C-16:1 y menor de C-18:0 y C-18:2 en los lípidos totales y apolares de los conejos de 50 y 70 días que en los lactantes. En la fracción polar, se observó que los conejos lactantes presentaban una menor proporción de C-16:0 y mayor de C-18:2 (Cambero *et al*, 1991b) .

Otros autores han estudiado el efecto de la raza y el sexo en la composición cuantitativa en ácidos grasos de los lípidos del conejo. Patrucco *et al* (1965) y Canale *et al* (1966) utilizaron para sus estudios conejos de las razas Azul de Viena, Leonado de Borgoña y Mariposa, encontrando sólo ligeras diferencias cuantitativas en la composición en ácidos grasos de la grasa perirrenal y de la infiltrativa de la carne debidas a la raza y al sexo. Costantini y Bosi (1968) señalaron que las diferencias debidas a estos factores dependen de la edad de sacrificio. Así, los conejos autóctonos sacrificados a los 90 días tenían menos ácido linoleico y más linolénico que los conejos procedentes de cruces de autóctonos con los de raza Neozelandesa. A los 120 días de edad, el porcentaje de ácido palmitoleico en los machos era mayor mientras que en las hembras había mayor cantidad de los ácidos palmítico y esteárico. En general, los machos presentaban un mayor porcentaje de ácido linoleico que las hembras. Ciruzzi *et al* (1973) realizaron un estudio sobre la composición de ácidos grasos de la carne y de

la grasa perirrenal en varias razas de conejos (Neozelandesa, Californiana, Leonado de Borgoña y dos indígenas), observando que las variaciones debidas al sexo eran poco importantes, siendo mucho más manifiestas las dependientes de la raza. Raimondi *et al* (1974), comparando la composición en ácidos grasos de la carne de conejos machos y hembras, señalaron una única diferencia: un mayor contenido de ácido palmitoleico en las conejas. Borgman (1964) no detectó influencias apreciables del sexo en los porcentajes de ácidos grasos de las vísceras. Cambero *et al* (1991a) observaron solamente diferencias debidas a la raza y al sexo en los ácidos grasos C-16:0, C-18:0 y C-18:2 de los lípidos totales y apolares de los conejos de raza Neozelandesa e híbridos HYL A. Los híbridos HYL A presentaron un mayor contenido de ácido palmítico y una menor cantidad de ácido esteárico que los conejos de raza Neozelandesa. Los machos mostraron un mayor porcentaje de ácido palmítico y una menor proporción de linoleico que las hembras de la misma edad, raza y alimentación. Al igual que en los lípidos apolares, estos autores observaron en los híbridos HYL A un mayor porcentaje de palmítico y menor de esteárico que en los de raza Neozelandesa.

La región anatómica influye también en la composición en ácidos grasos. El grado de insaturación del tejido adiposo de los animales decrece progresivamente desde las localizaciones subcutáneas hacia posiciones más profundas del cuerpo, tales como la grasa abdominal o perirrenal (Cramer y Marchello, 1964; Marchello *et al*, 1967; Koch *et al*, 1968; Villegas *et al*, 1973; Eichhorn *et al*, 1985, 1986). La grasa perirrenal del ganado porcino, bovino y ovino es más firme que la grasa subcutánea de las respectivas especies (Pearson *et al*, 1977). En conejos, Zegarska *et al* (1979) observaron que la grasa subcutánea tenía un mayor contenido en ácidos grasos saturados que la perirrenal, mientras que la muscular era la que contenía ácidos grasos

más poliinsaturados. La gran mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados de la carne están presentes en los fosfolípidos del tejido muscular (Hornstein *et al*, 1967; Pearson *et al*, 1977; Eichhorn *et al*, 1986). Otake *et al* (1971) estudiaron, en el conejo, la composición en ácidos grasos de los lípidos de distintas regiones anatómicas, no encontrando diferencias significativas en el caso de los triglicéridos; sin embargo, la fracción de ácidos grasos libres correspondiente a la región de la espalda mostró, comparativamente con la del tercio anterior y posterior de la canal, un menor contenido de ácidos grasos C-14:0 y C-16:1 y una mayor concentración de los ácidos C-18:0 y C-20:4. De otra parte, los fosfolípidos de la grasa obtenida de la espalda contenían más ácido C-18:1 y menos C-18:0 y C-18:2 que los de las demás regiones anatómicas consideradas. La mayoría de las vísceras de los animales contienen proporcionalmente menos grasa total que la carne. Asimismo, muchos órganos tienen un porcentaje mayor de ácidos grasos poliinsaturados que el tejido muscular de la canal debido principalmente al alto contenido en fosfolípidos de las vísceras. La cantidad de fosfolípidos de la grasa de los riñones, hígado, pulmones, bazo y cerebro varía del 50 al 83% (Anderson, 1988). El cerebro, corazón, riñones, hígado y pulmones son los despojos que contienen menos ácidos grasos monoinsaturados y más poliinsaturados, presentando la mayor relación ácidos grasos poliinsaturados / ácidos grasos saturados (Anderson, 1988). No obstante, la mayoría de las vísceras contienen más colesterol que el tejido muscular de sus respectivas especies (Anderson, 1988), por lo que se ha recomendado limitar su consumo (USDA-USDHHS, 1985). Sin embargo, también se ha señalado que algunas vísceras, tales como hígado, riñones y sobre todo cerebro (por su alta proporción relativa de ácido docosahexaenoico) son unas buenas fuentes de ácidos grasos poliinsaturados n-3 y pueden ser equivalentes, por ello, al pescado (Payne, 1989). En los conejos, Griffiths *et al* (1990) señalaron en el hígado, al igual que en el

tejido muscular, una alta relación de ácidos grasos poliinsaturados / ácidos grasos saturados con cantidades apreciables de ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga. Con conejos de diversas razas, Battaglioni y Costantini (1971) observaron un menor porcentaje de ácido linoleico en la grasa de infiltración que en los lípidos de depósito, hemáticos y hepáticos, señalando la presencia en los lípidos hemáticos y hepáticos de ácido araquidónico, el cual no fue detectado en los lípidos infiltrativos y de depósito.

### **I.7.- JUSTIFICACION DEL TRABAJO**

Cuando se proyectó realizar la investigación que se recoge en la presente memoria, se perseguían dos objetivos:

I) la inclusión de subproductos de la industria alimentaria en dietas para conejos con el fin de reducir el coste de los mismos

II) la obtención de una carne nutritivamente más sana.

La ventaja del primer objetivo es obvia si se tiene en cuenta que la inclusión de un subproducto acarrea la reducción del precio de la ración que se traduce directamente en una disminución de los costes de producción. El segundo objetivo merece un análisis más detallado en relación con los efectos de la grasa en la salud de los consumidores.

Las enfermedades coronarias son una de las causas más importantes de muerte en los países industrializados y, generalmente, se piensa que hay una relación entre la incidencia de enfermedades coronarias y los niveles de colesterol en el suero de las

personas. Factores dietéticos, genéticos y medioambientales pueden jugar un importante papel en el desarrollo de altos niveles de colesterol sérico (Grundy, 1986b). Altas cantidades de grasa saturada, colesterol y calorías en la dieta incrementan el colesterol sérico en muchas personas, y dentro de estos factores dietéticos, la grasa saturada tiene una gran influencia (USDA/USDHHS, 1985). Aunque globalmente, los ácidos grasos saturados han sido correlacionados positivamente con la prevalencia de enfermedades cardiovasculares en muchos estudios epidemiológicos (Hegsted *et al*, 1965; Keys, 1970; Stamler, 1979), los distintos ácidos grasos saturados pueden diferir en sus efectos en el colesterol sérico (NRC, 1988).

La evaluación del efecto de los diferentes ácidos grasos en el nivel de colesterol sérico debe realizarse en términos de las fracciones de colesterol específicas en el suero sanguíneo. Cuando los ácidos grasos saturados de la dieta ocasionan un aumento del nivel de colesterol sérico lo hacen incrementando los valores en el plasma de lipoproteínas de baja densidad (LDL-colesterol). Los ácidos grasos C-12:0, C-14:0 y C-16:0 son los que principalmente se han asociado con el aumento de la concentración de LDL-colesterol (Gurr *et al*, 1989). El riesgo de presentación de enfermedades coronarias aumenta cuando el nivel en sangre de LDL-colesterol sobrepasa una concentración de 5 mmol/l y lo hace en mayor grado cuando la tasa se sitúa por encima de 6,5 mmol/l (Martin *et al*, 1986). Si los ácidos grasos poliinsaturados reemplazan a ciertos ácidos grasos saturados de la dieta, se reduce el nivel de LDL-colesterol, pero también disminuyen las lipoproteínas de alta densidad del plasma (HDL-colesterol), que tienen una relación inversa con la incidencia de enfermedades coronarias (Grundy, 1986b). Sin embargo, los ácidos grasos monoinsaturados originan una disminución de los valores de LDL-colesterol sin reducir

los de HDL-colesterol (Mattson y Grundy, 1985; Grundy, 1986a).

El colesterol de la dieta influye en el colesterol sérico de una manera diferente en cada individuo debido fundamentalmente a factores genéticos. La concentración de colesterol del plasma sanguíneo depende más de la composición y contenido en ácidos grasos de la dieta que de la cantidad de colesterol en la misma (Beynen *et al*, 1987).

Estos conocimientos han ocasionado una menor demanda de los productos de origen animal, ya que todo el colesterol y gran parte de la grasa saturada de la dieta humana están contenidos en este tipo de alimentos. Sin embargo, en líneas generales, se constata que el sector ganadero ha mantenido su nivel de producción en los países industrializados, adaptándose a los cambios en la demanda, fundamentalmente por dos vías:

I) aumentando la producción de carne blanca (pollo y otras aves) en relación con la de carnes rojas (cerdo, vacuno, ovino), de mayor nivel colesterolémico, de modo que en el período 1965-1985 la carne de ave ha aumentado su proporción respecto a la producción total de carne en la CE desde un 15 hasta un 20% (Harrington, 1988).

II) modificando los sistemas de producción y selección genética para obtener una carne de cerdo y vacuno con menor contenido en grasa y colesterol (Girard *et al*, 1988; Topel, 1986). Así, por ejemplo, el contenido en grasa de la carne de cerdo en USA se ha reducido desde un 20% hasta un 5% entre 1961 y 1980 (Freeden y Harmon, 1983).

La población es cada vez más consciente de la relación entre la dieta y la salud.

Por ello, es de gran importancia producir carnes hipocalóricas e insaturadas. En este contexto, el presente trabajo se ideó para profundizar en los factores de variación de la calidad de la carne de conejo, como posible alternativa para la producción de carne con un bajo índice colesterolémico. Como se ha señalado anteriormente, la carne de conejo puede ser un componente beneficioso de la dieta humana por su bajo contenido de sodio, grasa (Rao *et al*, 1978; Sunki *et al*, 1978; El-Gammal *et al*, 1984) y colesterol (Holmes *et al*, 1984; Lukefahr *et al*, 1989) y su relativamente alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (Chang-Han y Yeon-Hee, 1982; Griffiths *et al*, 1989).

Los factores de variación que se eligieron para desarrollar el trabajo fueron la cantidad y tipo de carbohidratos y grasas del pienso suministrado a conejos en cebo. Se eligieron pesos de sacrificio de acuerdo con las tendencias actuales en España (conejos de 2 kg de peso) y en el resto de Europa (de 2,5 kg). Teniendo presente estas consideraciones se programaron las siguientes experiencias:

#### **I.7.1.- Sustitución de cebada por pulpa de remolacha**

La posibilidad del conejo de utilizar dietas basadas en forrajes o materias primas de alto contenido en fibra ha originado la expansión de esta especie zootécnica en muchos países, especialmente a nivel de pequeñas explotaciones. En las dos últimas décadas, se ha producido un aumento notable en la producción de carne de conejo gracias a procesos de intensificación de la producción, los cuales llevan inherentes el uso de razas mejoradas con un excelente potencial genético. Sin embargo, para lograr la máxima expresión, necesitan acompañarse de una exigente alimentación basada en la utilización de piensos elaborados con una correcta formulación.

No obstante, el empleo de piensos ricos en proteína y energía conduce a la frecuente presentación de trastornos digestivos. Esta situación ha llevado a diversos autores a señalar y recomendar la adición de fibra indigestible a las dietas para conejos, con lo que disminuye la incidencia de este tipo de problemas digestivos. No obstante, es preciso tener en cuenta que las distintas formas de aportar fibra pueden condicionar el proceso digestivo y también la eficacia nutritiva de la dieta, reflejándose en los rendimientos productivos.

En la primera fase experimental de esta tesis doctoral, se ha estudiado el efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha en la composición química básica y en la lipídica así como en la de ácidos grasos de la carne de conejo. Con la sustitución total o parcial de una materia prima tradicional como la cebada por un subproducto no convencional (la pulpa de remolacha) se logra disminuir los costes de producción de los piensos. La pulpa de remolacha deshidratada es un subproducto de la industria azucarera que tiene un contenido aceptable de proteína bruta (10%), y una alta cantidad de fibra (18-20%), de la que un porcentaje elevado corresponde a hemicelulosa relativamente muy digestible. Estas características convierten a la pulpa de remolacha en una materia prima con un gran valor energético lo que supone un alimento potencialmente muy útil para los piensos destinados a la alimentación de conejos. Las principales diferencias que existen entre los cereales y la pulpa de remolacha estriban en sus contenidos en fibra digestible y almidón, aumentando en la dieta el contenido en fibra y disminuyendo la cantidad de almidón al sustituir total o parcialmente la cebada por pulpa de remolacha.

De forma paralela y dentro del mismo proyecto de investigación (ALI89-0386-C02), García (1991) ha estudiado la influencia de la inclusión de pulpa de remolacha en la dieta sobre los índices y rendimientos productivos del conejo.

### **I.7.2.- Adición de grasa**

En la segunda fase de esta tesis doctoral, se ha estudiado el efecto de la adición de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja), únicamente y de éstas acompañadas de un 18% de soja integral (contenido total de grasa del 6%), en los mismos parámetros que se estudiaron en la primera fase (composición química básica, composición lipídica y ácidos grasos de los lípidos de la carne). La elección de las grasas se ha hecho en base a los siguientes criterios: una grasa de origen animal, el sebo, subproducto de las industrias cárnicas, y dos grasas de origen vegetal altamente insaturadas (oleínas de soja y girasol y aceite de soja). Las oleínas son un subproducto de la extracción de aceites vegetales. El aceite de soja, en España, se destina en gran cantidad a la exportación, debido a que se importan altas cantidades de haba de soja destinadas a la obtención de harina de soja, utilizada para aportar proteínas en la alimentación animal.

Dentro del mismo proyecto de investigación (ALI89-0386-C02), Fernández y Fraga (1992) han estudiado el efecto del tipo y del nivel de grasa (empleando las mismas dietas que las anteriormente mencionadas) en la velocidad de crecimiento y en el índice de conversión de los conejos.

## **II.- M A T E R I A L E S Y M E T O D O S**

## **II.1.- MATERIALES**

### **II.1.1.- Material biológico**

Para la realización de este trabajo se utilizaron conejos híbridos Neozelandés x Californiano gentilmente donados por el Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.

### **II.1.2.- Alojamiento para la cría de conejos**

Las instalaciones usadas para la cría de los animales fueron las pertenecientes al Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.

Todas las experiencias se realizaron controlando al máximo las condiciones ambientales. Para ello, la nave estaba provista de aislamiento térmico de poliuretano expandido, con un sistema de calefacción interna aerodinámica y equipada con extractores de aire ajustables a un sistema de ventilación dinámica por subpresión.

Durante el período de cebo de los conejos, la temperatura media diaria dentro de la nave fue de  $17,4 \pm 3,8^{\circ}\text{C}$ .

Los animales durante el período de cebo se alojaron en jaulas metálicas individuales provistas de comedores convencionales tipo tolva y de bebederos tipo "chupete".

### **II.1.3.- Material general de laboratorio**

La destilación del agua utilizada para realizar las extracciones y para la preparación de las disoluciones acuosas se realizó en un aparato "Pobel" modelo 706.

Las pesadas de precisión se efectuaron en una balanza analítica "Sartorius" mod. 2443 y para las pesadas ordinarias se emplearon balanzas electrónicas "AND" mod. FX 320 y mod. EK 1200 A.

La carne obtenida de la canal de cada animal se homogeneizó en una picadora Moulinex. Las homogeneizaciones de las muestras con mezclas de disolventes para la extracción de la grasa se efectuaron en un aparato Polytron mod. PT 10-35 o en un triturador de cuchillas Sorvall Omni-Mixer mod. 17106.

Para la determinación de las proteínas por el método Kjeldahl, se utilizaron un digestor "Buchi" mod. 425 y una unidad de destilación también "Buchi" mod. 315.

En la determinación de extractos secos se empleó una estufa "Heraeus" mod. T-6200.

En la determinación de las cenizas se empleó un horno mufla "Heraeus" mod. MR 170.

El hielo necesario para el baño de agua-hielo empleado para el enfriamiento de la

muestra y los solventes en la homogeneización para la extracción de la grasa lo proporcionó una máquina de hielo "Scotsman" mod. AF-10.

Las centrifugaciones necesarias para la extracción de grasa se realizaron en un aparato Sorvall mod. RC-5B.

Las muestras se conservaron en arcones de congelación "Liebherr", frigoríficos "Fagor" y "Philco" y cámaras frigoríficas "Frikey" construidas para tal fin por un proveedor local. La temperatura de congelación fue inferior a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Las cromatografías en columna se efectuaron en columnas de vidrio "Afora" provistas de placas filtrantes de vidrio y llave de teflón.

Para la cromatografía en fase gaseosa se empleó un cromatógrafo "Konik" mod. KNK-3000-HRGC, provisto de un detector de ionización de llama (FID) y un registrador-integrador "Hewlett-Packard" mod. 3390 A.

Para la activación y posterior revelado de las cromatoplas se empleó otra estufa "Heraeus" mod. KTFU-K. El revelado de las placas de cromatografía en capa fina se realizó con un pulverizador a presión Fungicrom. La lectura de las placas reveladas se efectuó en un densitómetro-integrador-registrador Shimadzu mod. CS-9000.

Las concentraciones de volúmenes relativamente grandes de disolventes orgánicos se efectuaron en un rotavapor "Buchi" mod. EL, equipado con un dispositivo de elevación, acoplado a un baño maría y conectado a una trompa de agua o a una bomba

de vacío Eyela mod. A-3S para conseguir el vacío adecuado.

Los volúmenes pequeños de disolventes orgánicos (menos de 25 ml) se eliminaron total o parcialmente mediante corriente de nitrógeno.

Para la colocación de la muestra en la placa de cromatografía en capa fina y para la inyección en el cromatógrafo de gases se han empleado microjeringas Hamilton.

Se ha utilizado también material general de laboratorio: desecadores, baños de calentamiento, agitadores, etc.

#### **II.1.4.- Reactivos**

Todos los productos químicos utilizados en este trabajo fueron de calidad reactivo, suministrados por Panreac, Merck y Carlo Erba.

Los patrones empleados procedían de la firma Sigma.

#### **II.1.5.- Soportes cromatográficos y purificación**

Los soportes cromatográficos utilizados para las cromatografías en columna fueron suministrados por Mallinckrodt (el ácido silícico) y por Johns Manville (la celita). El ácido silícico y la celita se purificaron, después de mezclados en la proporción 1/1 (p/p), mediante percolación de la mezcla con un volumen apropiado de cloroformo-metanol (1/1) (p/p), con el fin de eliminar el material orgánico que contenía, y

posterior calentamiento a 110°C en una estufa de desecación.

Para la cromatografía en capa fina se utilizaron cromatoplasas Merck de gel de sílice G-60 (sin indicador fluorescente) de 10x20 y 20x20 cm y de espesor de capa de 0,25 mm.

Como soporte para la cromatografía en fase gaseosa se empleó una columna capilar de 25 m de longitud y de un diámetro interno de 0,22 mm, empaquetada con BP5 (0,25  $\mu\text{m}$ ) sobre sílica fundida.

#### **II.1.6.- Disolventes y purificación**

Los disolventes utilizados en las extracciones y cromatografías fueron cloroformo, metanol, éter etílico y éter de petróleo 40°-60°.

El cloroformo se purificó por destilación fraccionada, utilizando una columna de rectificación de Vigreux y eliminando, como es normal, las fracciones de cabeza y cola.

El éter etílico se deshidrató adicionándole alambre de sodio preparado por extrusión en una prensa. Antes de su uso, se liberó de peróxidos destilándolo con polvo de hierro reducido.

Los disolventes que no se sometieron a destilación eran de calidad analítica y fueron suministrados por Panreac.

### **II.1.7.- Gases**

El nitrógeno utilizado para evaporar los disolventes orgánicos fue suministrado por la Sociedad Española del Oxígeno (S.E.O.). Los empleados para cromatografía de gases (N<sub>45</sub>, aire e hidrógeno), todos ellos de alto grado de pureza, procedían, igualmente, de la firma S.E.O..

## **II.2.- METODOS**

### **II.2.1.- Periodo de cebo de los animales**

Los conejos híbridos del cruce Neozelandés x Californiano se destetaron entre los 27 y 32 días de edad, independientemente del sexo, con un peso medio de 615 g.

Los animales fueron alojados al azar y alimentados *ad libitum* durante el período experimental en jaulas individuales hasta alcanzar pesos de 2000 y 2500 g, aproximadamente.

### **II.2.2.- Obtención, transporte y preparación de las muestras**

Los conejos se sacrificaron a dos niveles de peso vivo: 2000 y 2500 g. Se han utilizado dos pesos de sacrificio para observar las posibles diferencias debidas a este factor. Estos pesos son los más frecuente en los mataderos españoles (2000 g) y en otros países productores (2500 g). Se analizaron un total de 6 ó 7 animales por cada nivel de peso de sacrificio.

El sacrificio se realizó en todos los casos, previa conmoción cerebral, por sangrado. Inmediatamente, se transportaron al laboratorio donde se realizaron el desuello y la evisceración.

En cada canal se procedió a separar del correspondiente soporte óseo, la totalidad de la musculatura junto con la grasa de depósito que se presentaba en las distintas regiones anatómicas, eliminándose en todos los casos la grasa perirrenal y subcutánea de la región interescapular y cuello. La carne obtenida de cada animal se homogeneizó en una picadora. Se pesaron las cantidades necesarias para las determinaciones de extracto seco, grasa, cenizas y proteína.

### **II.2.3.- Peso de la canal de los conejos**

Antes de la separación de la carne se procedió a determinar el peso de cada canal (cuerpo del animal exento de sangre, piel, parte distal de las extremidades seccionadas a nivel del metacarpo y metatarso, tracto gastrointestinal y urogenital e incluyendo cabeza, hígado, riñones, pulmones, esófago, tráquea, timo y corazón) en una balanza-granatarario con una precisión  $\pm 0,1$  g. Esta operación se realizó inmediatamente después de la obtención de la canal, sin que ésta hubiera sufrido ningún tipo de oreo (pesada en caliente).

### **II.2.4.- Rendimiento a la canal de los conejos**

Como es sabido, se denomina rendimiento a la canal al porcentaje del peso de la

canal dividido por el peso vivo.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{peso canal} \times 100}{\text{peso vivo}}$$

### **II.2.5.- Métodos químicos**

#### **II.2.5.1.- Obtención de la muestra**

Todas las determinaciones y/o extracciones se hicieron a partir de alícuotas procedentes de los homogeneizados obtenidos según se ha descrito en II.2.2.

#### **II.2.5.2.- Determinación del extracto seco**

Se realizó por desecación en estufa a 110°C hasta peso constante.

#### **II.2.5.3.- Determinación del contenido en grasa**

El contenido de lípidos de la carne de los conejos se determinó por el método de Bligh y Dyer (1959) modificado por Hanson y Olley (1963) usando butilhidroxitolueno (BHT) como antioxidante. Los lípidos se cuantificaron gravimétricamente. Para ello, en un tubo de vidrio de centrífuga se homogeneizó una cantidad conocida (aprox. 20 g) de muestra con una mezcla de disolventes compuesta por un volumen de cloroformo igual al peso de la muestra y dos volúmenes de metanol en un baño de agua-hielo durante unos 2

minutos y se añadió una punta de espátula del antioxidante. Tras la homogeneización, se le añadió a la mezcla otro volumen igual de cloroformo y se volvió a homogeneizar durante unos 30 segundos. Por último, se adicionó un volumen de agua destilada y se homogeneizó de nuevo durante otros 30 segundos. La mezcla final se centrifugó a 0°C (3000 rpm durante 10 minutos), obteniéndose una clara separación trifásica con la capa de metanol-agua arriba, el tejido en el centro y la fase clorofórmica (donde van disueltos los lípidos) en el fondo. La capa superior se eliminó por succión, el tejido fue apartado cuidadosamente y de la capa inferior se recogió un volumen (20 ml si se partió de una muestra de 20 g) que se filtró a través de algodón impregnado con cloroformo/metanol (2/1) (v/v) y con sulfato sódico anhidro. El extracto lipídico se obtuvo evaporando los disolventes mediante corriente de nitrógeno manteniéndose posteriormente a vacío en un desecador hasta pesada constante de la muestra. Para la determinación del contenido en grasa de la muestra se tuvo en cuenta que el volumen de disolventes recuperados sólo rinde la mitad de la grasa presente en la muestra.

El extracto lipídico así obtenido se almacenó a -25°C hasta su posterior análisis.

#### **II.2.5.4.- Determinación de la proteína**

El contenido proteico de los piensos y de la carne se determinó mediante el método de Kjeldahl. Los tubos de digestión con aproximadamente 1,5 g de muestra, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, unas perlas de vidrio y un catalizador compuesto por sulfato potásico y sulfato de cobre (Kjeltabs CK, Thompson & Capper Ltd. England) se calentaron en el digestor durante el tiempo necesario para que la digestión fuera completa (1,5-2 horas). Posteriormente, la muestra así digerida se diluyó con agua destilada y se

llevó a la unidad de destilación. El amoníaco obtenido se recogió en una solución de ácido bórico al 4% utilizando como indicador una disolución (p/v) al 0,2% de rojo de metilo y al 0,1% de azul de metileno en alcohol etílico del 96% (v/v). Este indicador vira de violeta a verde a pH 5,4. A continuación, se valoró con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N.

El porcentaje en proteína se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ proteína} = \frac{V \times N \times 14,007 \times 6,25 \times 100}{\text{mg de muestra}}$$

donde,

V= volumen en ml de HCl empleado en la valoración

N= normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

#### **II.2.5.5.- Determinación de la fibra y energía de los piensos**

Los valores de fibra bruta, fibra y lignina ácido detergente, fibra neutro detergente, extracto etéreo y energía bruta de las dietas utilizadas se determinaron en el Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, dentro de las investigaciones complementarias a las de estos experimentos, realizadas en el mismo proyecto de investigación (ALI89-0386-C02).

#### **II.2.5.6.- Determinación de cenizas**

La determinación de cenizas se realizó por pesada tras la incineración de la muestra a 500-600°C en un horno-mufla.

#### **II.2.6.- Metodología lipídica**

##### **II.2.6.1.- Obtención de la muestra**

Las muestras destinadas al estudio de los componentes lipídicos del músculo estaban constituidas por alícuotas procedentes del extracto lipídico obtenido para la determinación del contenido en materia grasa total (véase II.2.5.3.).

##### **II.2.6.2.- Fraccionamiento de los lípidos en columna de ácido silícico/celita**

###### **A.- Preparación de las columnas**

Una cantidad apropiada de la mezcla de ácido silícico/celita, purificada según se describe en II.1.5., se depositó en un mortero y se le añadió un volumen adecuado de cloroformo, mezclándose a continuación a homogeneidad. La suspensión así obtenida se vertió, con la ayuda de más cloroformo, en una columna cromatográfica de 2,5 x 100 cm, manteniéndose en el soporte cromatográfico una relación de altura/diámetro próxima a 25.

### **B.- Colocación de la muestra**

La muestra a cromatografiar se pesó, se disolvió en la mínima cantidad posible de cloroformo y se depositó cuidadosamente sobre el lecho cromatográfico, teniendo la precaución de que siempre existiera por encima del último un pequeño volumen de disolvente. La relación muestra/soporte fue, en todos los casos, de alrededor de 1/40.

### **C.- Desarrollo de la cromatografía**

Las diferentes fracciones lipídicas se eluyeron con dos fases móviles sucesivas, de acuerdo a una modificación del método original de Vorbeck y Marinetti (1965): cloroformo, para arrastrar los lípidos neutros (25 ml por gramo de soporte) y metanol, para arrastrar los lípidos polares (25 ml por gramo de soporte).

Durante el desarrollo de las cromatografías, tanto la columna como las fracciones recogidas, se protegieron de la luz.

Los disolventes de las fracciones eluidas se evaporaron parcialmente en el rotavapor hasta obtener un volumen de unos 10-20 ml. El volumen final se eliminó mediante corriente de nitrógeno. La muestra se mantuvo posteriormente a vacío en un desecador hasta pesada constante.

### **II.2.6.3.- Fraccionamiento de los lípidos apolares por cromatografía en capa fina**

#### **A.- Preparacion de las placas**

Se utilizaron cromatoplasmas de gel de sílice G-60 de 10 x 20 y de 20 x 20 cm (0,25 mm de grosor) suministradas por Merck. Para su utilización fue necesaria su activación a 120°C durante 6-18 horas.

#### **B.- Colocación de la muestra**

Se tomaron 5 µl de las muestras disueltas en cloroformo (200 mg/ml) y se depositaron cuidadosamente con una microjeringa en la superficie de la capa de gel de sílice G-60 a unos 2 cm del borde de la placa (línea de origen) procurando no dañar la superficie de la capa.

#### **C.- Desarrollo de la cromatografía**

Una vez aplicada la muestra en la línea de origen de la capa de gel de sílice G-60, las placas se llevaron a la cubeta cromatográfica. En este caso (lípidos apolares) la fase móvil empleada fue éter de petróleo/éter etílico/ácido acético (80/20/1) (v/v/v).

#### **II.2.6.4.- Identificación de los diferentes componentes lipídicos de la fracción apolar**

El revelado de las placas, con el fin de visualizar los diferentes componentes separados por cromatografía, se efectuó rociándolas con el reactivo de Lowry (1968) constituido por  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  al 0,05% en una mezcla de agua/ácido acético/ácido sulfúrico (90/5/5) (v/v/v). Tras rociar las placas con el reactivo, se calentaron durante 20 minutos a  $100^\circ\text{C}$ .

El colesterol se hace visible antes que sus ésteres; ambos aparecen como manchas de color rojo-violeta. El resto de componentes lipídicos aparecen de color marrón.

La identificación de las sustancias se hizo por comparación de sus Rfs con los de sustancias patrones cromatografiadas en las mismas condiciones.

Una vez reveladas las placas, se midió en el densitómetro Shimadzu la absorbancia de cada sustancia a una longitud de onda de 390 nm. La cuantificación se realizó utilizando los valores proporcionados por el integrador-registrador acoplado al densitómetro. Las áreas de los picos correspondientes a cada sustancia se refirieron a una curva patrón previamente obtenida relacionando la intensidad de respuesta (área de pico) con concentraciones conocidas del mismo componente. Se utilizaron las curvas patrón de monoglicéridos con monooleína (figura II.1), diglicéridos con dioleína (figura II.2), colesterol (figura II.3), ácidos grasos libres con ácido oleico (figura II.4), triglicéridos con trioleína (figura II.5) y ésteres del colesterol con oleato de colesterol (figura II.6).

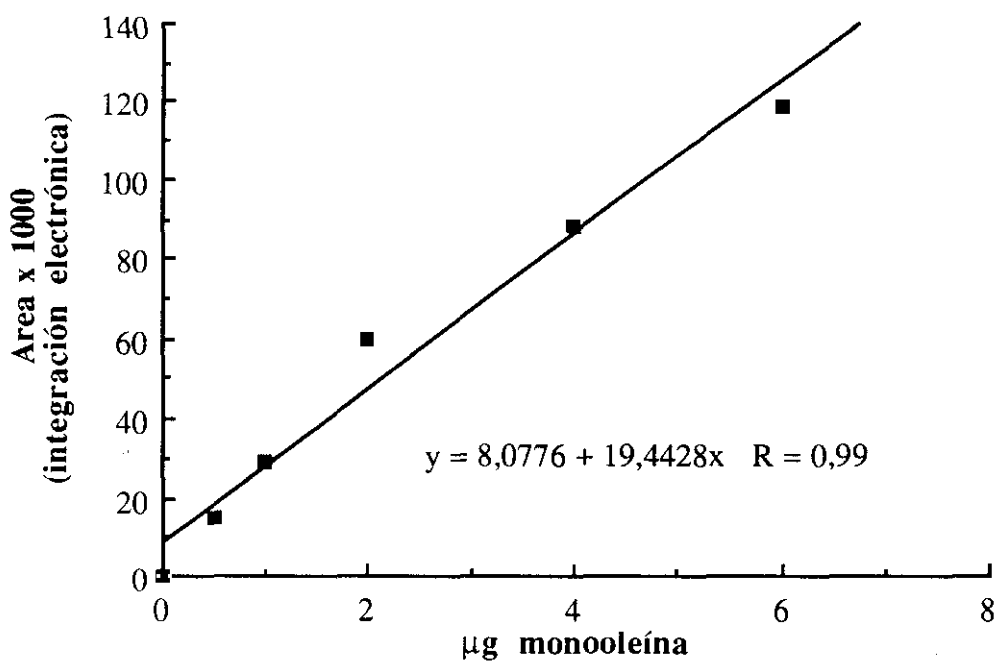


Figura II.1. Curva patrón para las determinaciones de monoglicéridos

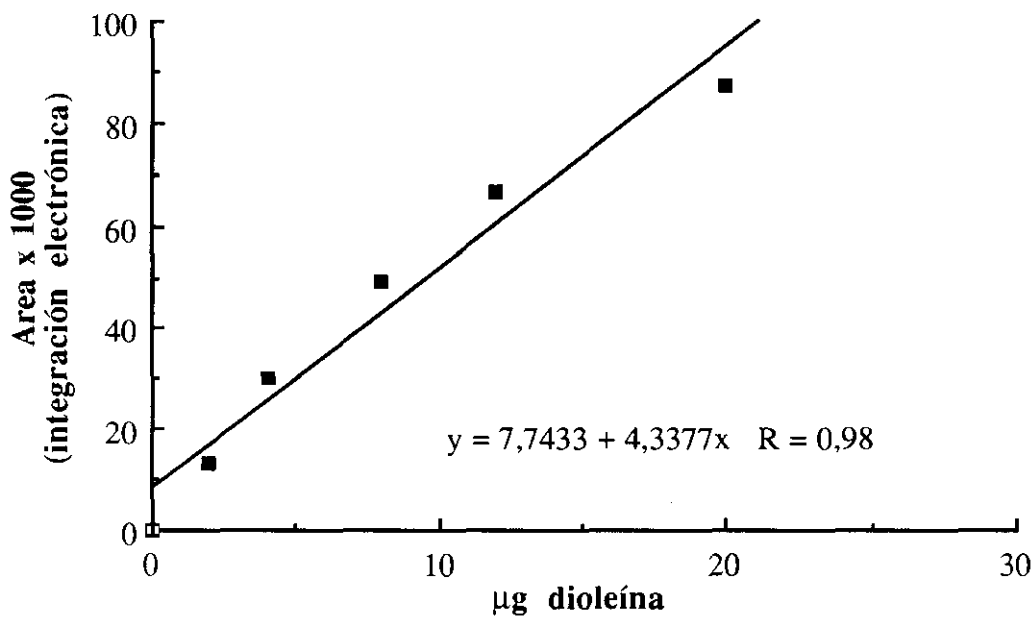


Figura II.2. Curva patrón para las determinaciones de diglicéridos

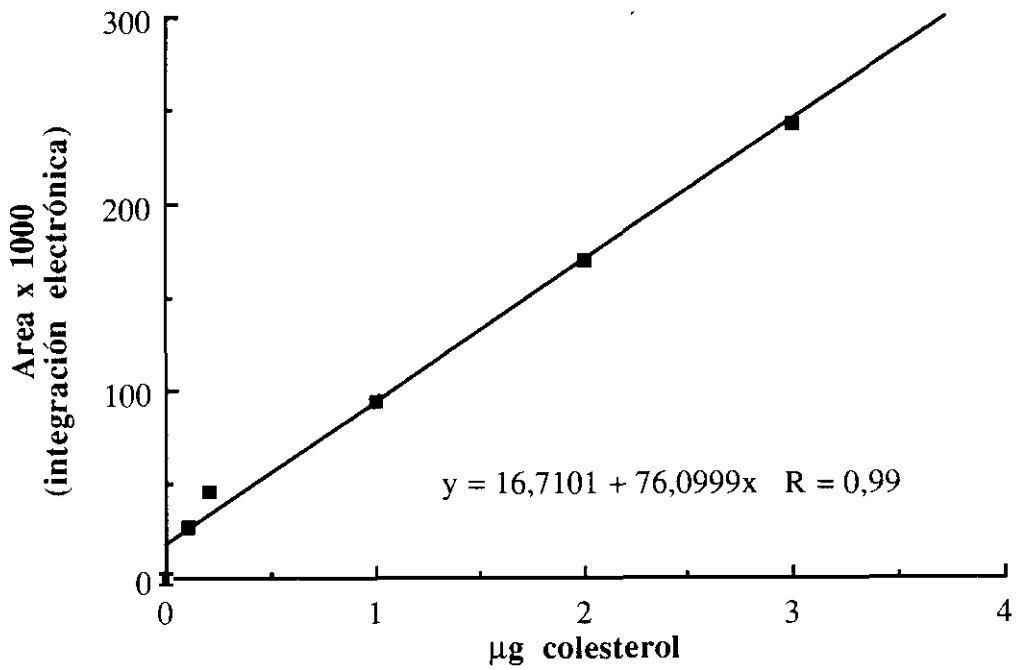


Figura II.3. Curva patrón para las determinaciones de colesterol

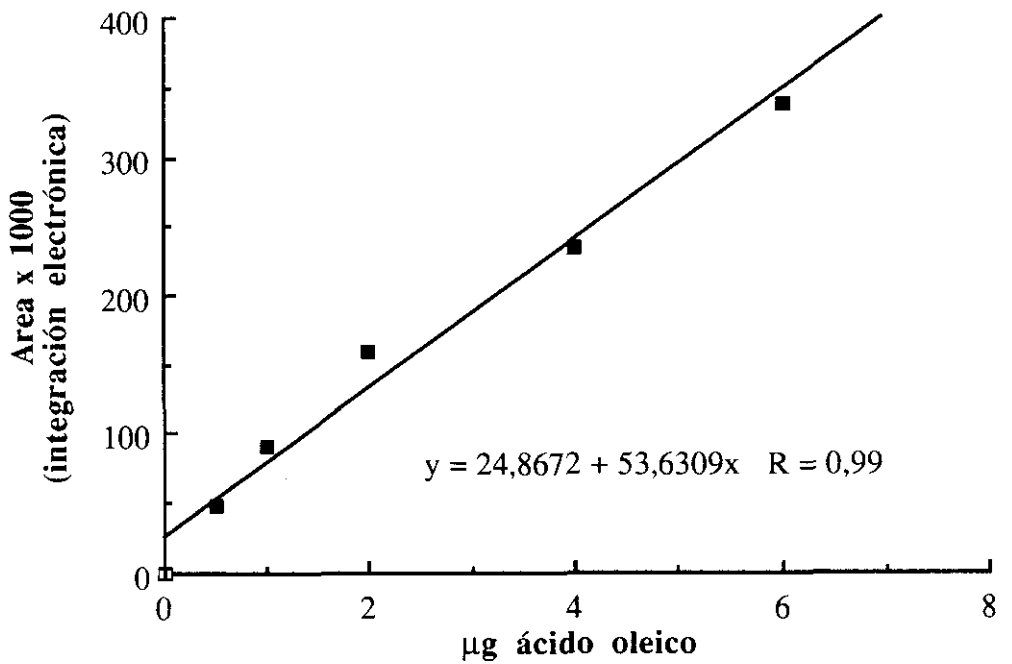


Figura II.4. Curva patrón para las determinaciones de ácidos grasos libres

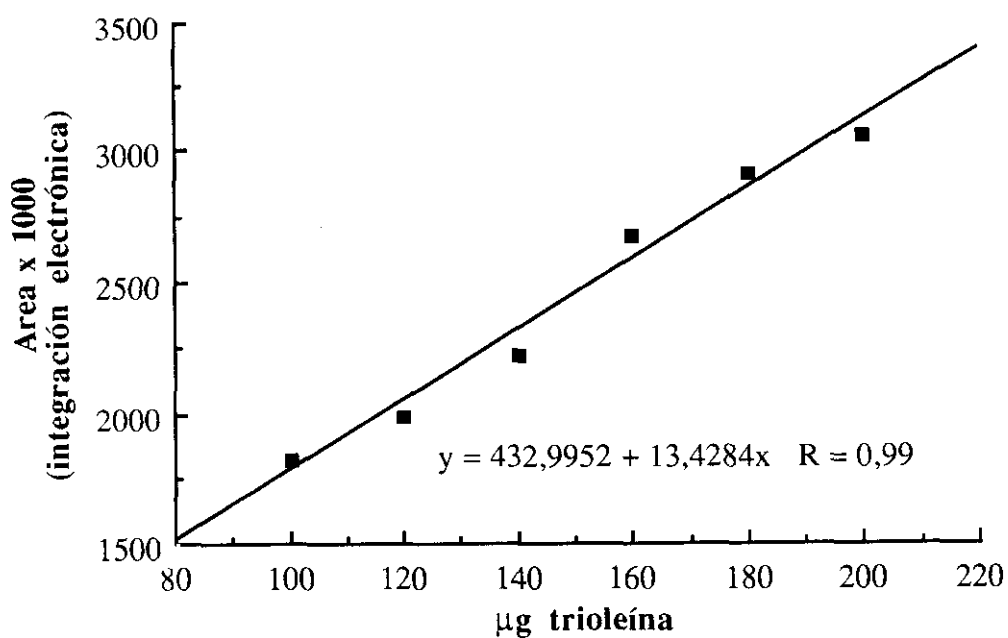


Figura II.5. Curva patrón para las determinaciones de triglicéridos

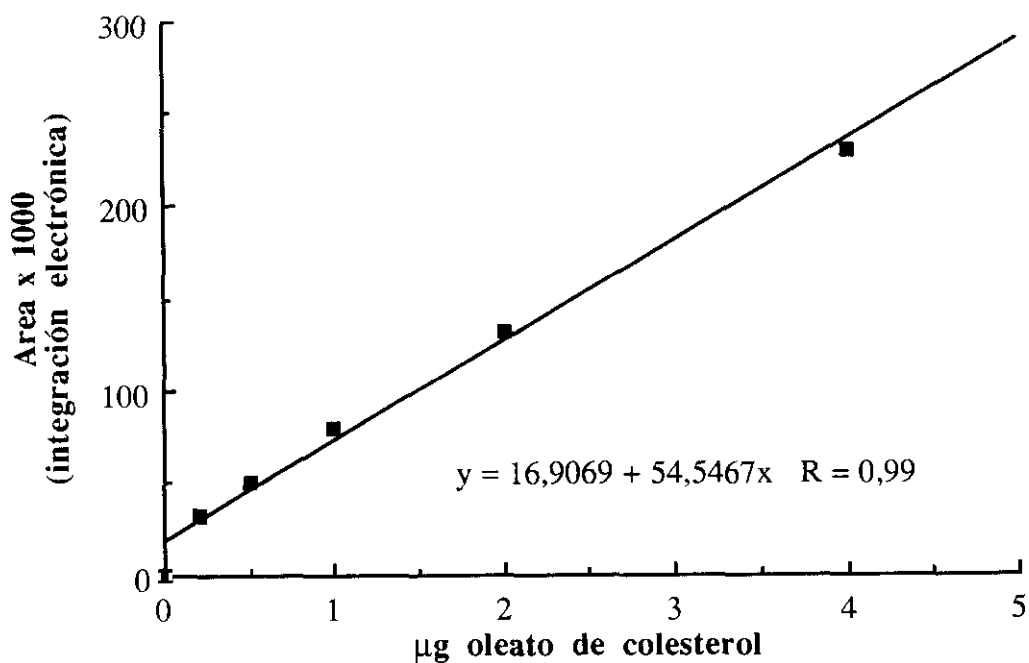


Figura II.6. Curva patrón para las determinaciones de ésteres de colesterol

### **II.2.6.5- Análisis de los ácidos grasos**

Para el estudio de los ácidos grasos que forman parte de los lípidos totales, apolares y polares, fue necesario su transesterificación a ésteres metílicos y el ajuste de las condiciones cromatográficas para obtener una buena separación entre los diferentes compuestos.

#### **A.- Preparación de ésteres metílicos**

La formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos que forman parte de los lípidos totales, apolares y polares se llevó a cabo por el método de Thompson (1980). Para ello se disolvieron unos 300 mg de lípidos en 4 ml de benceno y en presencia de unos cristales de BHT. A continuación, se añadieron 7,5 ml de NaOH 0,5 N preparada en metanol y se hirvió a reflujo en un baño de arena durante 30 minutos. Transcurrido ese tiempo, se adicionaron 7,5 ml de BF<sub>3</sub> al 14% y de nuevo se hirvió a reflujo 30 minutos para luego dejarlo enfriar. La extracción de los ésteres metílicos se realizó con hexano (70 ml) que se lavó 3 veces con agua (20 ml). El agua residual del hexano se eliminó añadiendo 5 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro y dejándolo 8 horas a 5°C. Después de una filtración se preparó la disolución necesaria para la correcta inyección cromatográfica.

#### **B.- Condiciones de la cromatografía de gases**

Para el análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se empleó una columna capilar de 25 m de longitud y de un diámetro interno de 0,22 mm, empaquetada

con BP5 (0,25  $\mu\text{m}$ ) sobre sílica fundida.

La temperatura del horno se programó de la siguiente manera: un aumento de temperatura de 10°C/min desde la temperatura inicial de 50°C hasta alcanzar 140°C, luego un período isotérmico (140°C durante 10 minutos), posteriormente se incrementó la temperatura hasta 220°C en una rampa de 4°C/min y finalmente se alcanzó la temperatura de 230°C mediante una programación de 1°C/min. El bloque de inyección y el detector de ionización de llama se mantuvieron a 280°C.

La determinación cuantitativa se efectuó basándose en el principio de que los pesos de cada uno de los componentes separados de la mezcla, son proporcionales a las áreas comprendidas dentro de los picos correspondientes del registro gráfico.

La identificación se llevó a cabo basándose en los tiempos de retención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos analizados y su comparación con los tiempos de retención de los ésteres metílicos de referencia (Sigma), cromatografiados en las mismas condiciones.

#### **II.2.7.- Estimación del índice de iodo**

El índice de iodo es una medida del grado de insaturación y equivale a los gramos de iodo fijados por 100 g de grasa. Se estimó de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$I_{lc} = I_{le} \times \%e$$

donde,

I<sub>lc</sub> = índice de iodo calculado

I<sub>le</sub> = índice de iodo específico de cada ácido graso insaturado

%e = porcentaje en peso del ácido graso específico obtenido  
a partir de los cromatogramas.

### **II.2.8.- Metodología estadística**

Los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el programa estadístico Stat View<sup>TM</sup> SE+Graphics de 1988 en un ordenador Macintosh LC.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el análisis de varianza considerando como variable el tipo de dieta (entre los lotes alimentados con las dietas donde se ha estudiado la sustitución de cebada por pulpa de remolacha, entre los lotes alimentados con la dieta control y a las que se le adicionaron un 3% de grasa y entre los lotes alimentados con la dieta control y a las que se enriquecieron con un 6% de grasa). Cuando se obtuvieron diferencias significativas, se utilizó el F-test de Scheffé al nivel de  $p < 0,05$  para determinar qué lotes eran significativamente diferentes.

Para observar la influencia del peso de sacrificio (2 ó 2,5 kg) se utilizó el t-test. Se empleó un nivel de significancia del 5% para todas las comparaciones.

## II.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL

### II.3.1.- Dietas experimentales

El trabajo experimental se realizó en dos fases. En la primera, se estudió el efecto de la sustitución total o parcial de la cebada por pulpa de remolacha, utilizándose cuatro dietas. Los ingredientes de estas dietas se muestran en la tabla II.1. En la tabla II.2 aparece el resultado de su análisis químico y la tabla II.3 recoge los principales ácidos grasos y el índice de iodo de los lípidos de dichas dietas. La primera dieta (50/0) incluía en sus ingredientes un 50% de cebada. En la segunda dieta (0/50) se sustituyó totalmente la cebada por pulpa de remolacha, manteniendo constante la proporción del resto de ingredientes. La tercera dieta (30/0) incluía solamente un 30% de cebada y un mayor porcentaje de heno de alfalfa. A partir de ésta, se realizó la cuarta dieta (15/15) sustituyendo 15% de cebada por pulpa de remolacha. Las cantidades recomendadas de fibra bruta en la dieta destinada a la alimentación de conejos en crecimiento se encuentran comprendidas entre el 12 y el 16%. Para el contenido de proteína se aconsejan valores entre un 15 y un 17% (Lux y Maccaferri, 1977; Lebas, 1979; Rosell, 1980). De acuerdo con las cantidades recomendadas de fibra, la dieta 50/0 presenta un bajo nivel (12,2%) y la dieta 30/0, un alto valor (18,6%) de fibra. La sustitución total (dieta 0/50) o parcial (dieta 15/15) de cebada por pulpa de remolacha, al ser ésta una fuente de fibra, eleva la cantidad de fibra bruta al 20,8%, pero ha de tenerse en cuenta que la pulpa de remolacha contiene una fibra altamente digestible. El contenido de proteína de estos piensos es elevado (18-19%), pero la relación energía / proteína digestible está de acuerdo con lo señalado por De Blas *et al* (1981). Las dietas se ajustaron de acuerdo con la recomendaciones del INRA (1985) en lo que se refiere a aminoácidos esenciales y otros nutrientes.

**Tabla II.1.** Fórmula (% p/p) de las dietas empleadas para el estudio del efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha en la composición química y lipídica de la carne de conejo

Ingredientes	Dieta*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Cebada	50	0	30	15
Pulpa de remolacha	0	50	0	15
Torta de soja (38%)	14,3	14,3	11	11
Paja de cebada	5,3	5,3	0	0
Heno de alfalfa	29,7	29,7	58,3	58,3
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Suplemento mineral-vitamínico	0,2	0,2	0,2	0,2

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha

**Tabla II.2.** Composición química y energía bruta de las dietas empleadas para el estudio del efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha en la composición química y lipídica de la carne de conejo

	Dieta*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Humedad (1)	10,6	8,6	8,6	8,4
Cenizas (2)	6,6	8,1	8,7	9,2
Fibra Bruta (2)	12,2	20,9	18,6	20,8
Proteína Bruta (2)	17,9	18,9	19,1	18,9
Extracto Etéreo (2)	2,6	1,1	2,1	1,5
Fibra Neutro Detergente (2)	33,7	53,6	39,6	50,9
Fibra Acido Detergente (2)	15,8	26,1	22,8	25,9
Lignina Acido Detergente (2)	3,3	6,2	5,5	6,1
Energía Bruta (3)	17,9	17,7	17,9	17,7

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha

(1): % de muestra

(2): % de extracto seco

(3): KJ/g de extracto seco

**Tabla II.3.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos de las dietas empleadas para el estudio del efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha en la composición química y lipídica de la carne de conejo

Acido Graso	Dieta*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-16:0	22,2	21,3	19,5	19,3
C-18:0	6,6	5,1	5,5	4,7
C-18:1	15,5	14,8	13,5	12,9
C-18:2	49,2	48,6	49,5	48,8
C-18:3	6,5	10,1	12,1	14,3
Indice de iodo	120,8	129,1	134,6	138,9

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha  
 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha

En la segunda fase del trabajo experimental se estudió el efecto del tipo (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) y del nivel (3 y 6%) de grasa cuando se añaden a un pienso para conejos en crecimiento. Los niveles de inclusión seleccionados fueron del 3%, que todavía permite una buena calidad de gránulo, y del 6%. Este último nivel se consiguió incluyendo la cantidad pertinente de soja integral, ya que la adición de un 6% de grasa da lugar a gránulos de escasa durabilidad y con una gran producción de "finos". Se formularon siete piensos: uno control (C), tres con cada una de las grasas al 3% [sebo (S), oleínas de soja y girasol (O) y aceite de soja (A)] y otros tres con cada una de las grasas al 3% más un 18% de soja integral tostada lo que daba un total graso del 6% [sebo y soja integral (S-SI), oleínas de soja y girasol y soja integral (O-SI) y aceite de soja y soja integral (A-SI)]. Los ingredientes de estas dietas se muestran en la tabla II.4. Las tablas II.5 y II.6 recogen los resultados del análisis químico y los principales ácidos grasos e índice de iodo de los lípidos de las dietas, respectivamente. Como normas de equilibrio para dichas dietas se utilizaron las recomendaciones de Lebas (1979) en cuanto a aminoácidos esenciales, calcio, fósforo, sodio y cloro; y las de De Blas *et al* (1981) para la relación energía digestible / proteína digestible.

A todos los piensos se les añadió un corrector vitamínico-mineral.

Los piensos utilizados en la segunda fase contenían una alta cantidad de fibra (19%) superior al intervalo de niveles de fibra recomendados. De Blas *et al* (1986a) señalaron que, durante el período de cebo, la inclusión de fibra en el pienso a un nivel superior al 17% produce una disminución de los rendimientos productivos. Sin embargo, la adición de grasa al pienso aumenta la energía de la dieta, lo que permite elevar la

cantidad de fibra empleada. Al adicionar grasa a la dieta, es necesario incrementar el contenido proteico (hasta 19,3% en la dieta con aceite de soja y soja integral) para mantener constante la relación energía / proteína digestible señalada por De Blas *et al* (1981). El mayor contenido proteico se consiguió aumentando los porcentajes de torta de girasol y torta de soja o soja integral en las dietas.

### II.3.2.- Lotes experimentales

Atendiendo al pienso suministrado, los animales se distribuyeron en los siguientes lotes experimentales, cada uno de los cuales estaba formado por 12-16 individuos:

- lote 50/0: conejos alimentados con el pienso 50/0
- lote 0/50: conejos alimentados con el pienso 0/50
- lote 30/0: conejos alimentados con el pienso 30/0
- lote 15/15: conejos alimentados con el pienso 15/15
- lote C: conejos alimentados con el pienso C
- lote S: conejos alimentados con el pienso S
- lote O: conejos alimentados con el pienso O
- lote A: conejos alimentados con el pienso A
- lote S-SI: conejos alimentados con el pienso S-SI
- lote O-SI: conejos alimentados con el pienso O-SI
- lote A-SI: conejos alimentados con el pienso A-SI

**Tabla II.4.** Fórmula (% p/p) de las dietas empleadas para el estudio el efecto de la adición de distintas grasas con o sin soja integral en la composición química y lipídica de la carne de conejo

Ingredientes	Dieta*						
	C	S	O	A	S-SI	O-SI	A-SI
Cebada	22	16	16	16	14	14	14
Salvado de trigo	8	6	6	6	3	3	3
Torta de soja (44%)	11	14	14	14	0	0	0
Soja integral	0	0	0	0	18	18	18
Torta de girasol	7	9	9	9	13	13	13
Heno de alfalfa	30	30	30	30	27	27	27
Paja de cebada	20	20	20	20	20	20	20
Sebo	0	3	0	0	3	0	0
Oleínas de soja y girasol	0	0	3	0	0	3	0
Aceite de soja	0	0	0	3	0	0	3
Metionina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Suplemento mineral-vitamínico	1,90	1,90	1,90	1,90	1,92	1,92	1,92

\* C: control; S: 3% de sebo; O: 3% de oleínas; A: 3% de aceite de soja; SI: 18% de soja integral

**Tabla II.5.** Composición química y energía bruta de las dietas empleadas para el estudio del efecto de la adición de distintas grasas con o sin soja integral en la composición química y lipídica de la carne de conejo

	Dieta*						
	C	S	O	A	S-SI	O-SI	A-SI
Humedad (1)	6,3	6,3	6,1	6,1	5,6	5,6	5,3
Cenizas (2)	9,1	9,1	8,9	9,1	8,8	8,9	8,8
Fibra Bruta (2)	18,2	18,9	19,2	19,5	19,4	18,5	19,3
Proteína Bruta (2)	18,1	18,8	18,9	18,6	19,1	19,1	19,3
Extracto Etéreo (2)	1,9	4,8	5,3	5,4	8,1	8,6	8,6
Fibra Neutro Detergente (2)	40,1	40,6	40,8	41,7	40,5	40,3	41,2
Fibra Acido Detergente (2)	22,3	23,8	23,8	24,9	25,3	24,8	25,7
Lignina Acido Detergente (2)	3,8	4,3	4,4	4,2	4,8	4,9	4,9
Energía Bruta (3)	18,2	18,6	18,9	18,5	19,5	19,2	19,6

\* C: control; S: 3% de sebo; O: 3% de oleínas; A: 3% de aceite de soja; SI: 18% de soja integral  
(1): % de muestra; (2): % de extracto seco; (3): KJ/g de extracto seco

**Tabla II.6.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos de las dietas empleadas para el estudio del efecto de la adición de distintas grasas con o sin soja integral en la composición química y lipídica de la carne de conejo

Acido Graso	Dieta*						
	C	S	O	A	S-SI	O-SI	A-SI
C-14:0	tr	4,8	tr	tr	1,9	tr	tr
C-16:0	15,6	20,7	15,7	11,5	17,7	12,3	12,4
C-16:1	tr	4,8	tr	tr	1,7	tr	tr
C-18:0	4,1	9,9	4,1	3,4	7,4	3,6	3,3
C-18:1	14,4	26,7	16,6	17,1	24,6	18,5	17,6
C-18:2	52,9	27,2	58,8	59,5	41,1	60,9	59,2
C-18:3	13,1	5,8	4,8	8,5	5,7	4,6	7,5
Indice de iodo	144,5	94,1	134,4	146,3	113,6	139,6	145,4

\* C: control; S: 3% de sebo; O: 3% de oleínas; A: 3% de aceite de soja; SI: 18% de soja integral  
tr: trazas

### **III.- RESULTADOS Y DISCUSION**

### III.1.- PESO VIVO, PESO EN CANAL Y RENDIMIENTO A LA CANAL DE LOS CONEJOS. INFLUENCIA DEL PESO DE SACRIFICIO Y DE LA DIETA EN EL RENDIMIENTO A LA CANAL

El peso vivo, el peso en canal y el rendimiento a la canal de los diferentes lotes de conejos de cría industrial (híbridos del cruce Neozelandés x Californiano) se recogen en las tablas III.1 (para los conejos alimentados con dietas comerciales con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha), III.2 (para los que consumieron la dietas adicionadas de un 3% de distintas grasas) y III.3 (a los que se suministraron dietas añadidas de un 3% de diferentes grasas y 18% de soja integral, lo que supuso un enriquecimiento de la materia grasa del 6%). El rendimiento se calculó según se describe en II.2.4. El valor medio del rendimiento a la canal de los conejos fue del 59%. Este valor estuvo comprendido entre los señalados por otros autores, como Templeton (1968), 56,3%; Ciruzzi *et al* (1973), 57,7%; Rao *et al* (1978), 56,35%; Rosell (1980), 55-60%; Deltoro y López (1986), 62%; Poismans y Wittouck (1986), 61-65%; Cambero (1987), 53-60%; Ouhayoun *et al* (1987), 56,8%; Cavani *et al* (1988), 60%; Ozimba y Lukefahr (1991), 55%. En general, fue mayor en los conejos sacrificados con 2,5 kg de peso que en los animales de 2 kg. Este mayor rendimiento (2-3%) se debe fundamentalmente al desarrollo de la región lumbar y del muslo, lo que provoca una menor participación del aparato digestivo y sus contenidos en el porcentaje sobre el peso vivo. Otros investigadores (Hiner, 1962; De Blas *et al*, 1978; Rao *et al*, 1978; Lleonart *et al*, 1980; Varewyck y Bouquet, 1982; Deltoro y López, 1986; García, 1991) han observado también un mayor rendimiento con el crecimiento del animal. Este aumento, según Deltoro y López (1986), se produce hasta las 11 semanas de edad (aproximadamente 3000 g de peso vivo), manteniéndose posteriormente constante.

**Tabla III.1.** Peso vivo, peso de la canal y rendimiento a la canal (media  $\pm$  desviación estándar) de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

	Lote*							
	50/0		0/50		30/0		15/15	
Velocidad de crecimiento ** (g/día)	34		26,9		33,5		32	
Peso Vivo (g)	2044	$\pm$ 27,5	2037	$\pm$ 80,7	2058	$\pm$ 35,4	2019	$\pm$ 19,8
Peso Canal (g)	1243a	$\pm$ 40,7	1093b	$\pm$ 59,4	1232a	$\pm$ 88,9	1154ab	$\pm$ 40,9
Rendimiento Canal	60,8a	$\pm$ 1,5	53,7b	$\pm$ 4,1	59,8ab	$\pm$ 3,4	57,2ab	$\pm$ 2,5
Peso Vivo (g)	2470	$\pm$ 40,3	2470	$\pm$ 35,9	2476	$\pm$ 42,7	2474	$\pm$ 34,8
Peso Canal (g)	1516a	$\pm$ 24,2	1409a	$\pm$ 61,5	1462a	$\pm$ 107	1478a	$\pm$ 58,9
Rendimiento Canal	61,4a	$\pm$ 1,8	57,1a	$\pm$ 2,4	59,1a	$\pm$ 3,9	59,8a	$\pm$ 2,2

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

\*\* Datos proporcionados por García et al (1992a,b)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.2.** Peso vivo, peso de la canal y rendimiento a la canal (media  $\pm$  desviación estándar) de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

	Lote*											
	C			S			O			A		
Velocidad de crecimiento ** (g/día)	36,4			36,8			36,8			36,9		
Peso Vivo (g)	2045	$\pm$	102	2028	$\pm$	68,9	2034	$\pm$	99,4	2037	$\pm$	81,1
Peso Canal (g)	1201a	$\pm$	90,2	1179a	$\pm$	87,7	1191a	$\pm$	71,6	1181a	$\pm$	86,2
Rendimiento Canal	58,7a	$\pm$	1,8	58,1a	$\pm$	2,7	58,6a	$\pm$	1,9	57,9a	$\pm$	3,1
Peso Vivo (g)	2452	$\pm$	93,1	2426	$\pm$	115	2444	$\pm$	87,4	2474	$\pm$	34,8
Peso Canal (g)	1490a	$\pm$	73,5	1481a	$\pm$	99,7	1477a	$\pm$	51,6	1528a	$\pm$	53,7
Rendimiento Canal	60,8a	$\pm$	2,2	61,1a	$\pm$	1,6	60,4a	$\pm$	1,2	60,6a	$\pm$	2,1

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7); S: 3% de sebo (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

O: 3% de oleínas de soja y girasol (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7); A: 3% de aceite de soja (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

\*\* Datos proporcionados por Fernández y Fraga (1992)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

**Tabla III.3.** Peso vivo, peso de la canal y rendimiento a la canal (media  $\pm$  desviación estándar) de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

	Lote*											
	C			S-SI			O-SI			A-SI		
Velocidad de crecimiento ** (g/día)	36,4			36,1			34,7			36,5		
Peso Vivo (g)	2045	$\pm$	102	2030	$\pm$	105	2065	$\pm$	128	2072	$\pm$	122
Peso Canal (g)	1201a	$\pm$	90,2	1179a	$\pm$	93,2	1209a	$\pm$	66,7	1205a	$\pm$	87,4
Rendimiento Canal	58,7a	$\pm$	1,8	58,1a	$\pm$	2,2	58,6a	$\pm$	0,9	58,1a	$\pm$	1,3
Peso Vivo (g)	2452	$\pm$	93,1	2443	$\pm$	83,8	2458	$\pm$	66,7	2490	$\pm$	85,1
Peso Canal (g)	1490a	$\pm$	73,5	1486a	$\pm$	88,1	1503a	$\pm$	70,9	1527a	$\pm$	72,7
Rendimiento Canal	60,8a	$\pm$	2,2	60,8a	$\pm$	21,9	61,1a	$\pm$	1,6	61,3a	$\pm$	1,5

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7);

A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

\*\* Datos proporcionados por Fernández y Fraga (1992)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

Los rendimientos a la canal de los lotes donde se estudió la sustitución de cebada por pulpa de remolacha presentaron diferencias significativas (tabla III.1); se pudo observar que la sustitución de cebada por pulpa de remolacha provocó una disminución en el rendimiento, sobre todo, en los conejos sacrificados con 2 kg de peso, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el lote 0/50 (con un rendimiento del 53,7%) y el lote 50/0 (60,8% de rendimiento). En los conejos sacrificados con 2,5 kg, no se apreciaron diferencias significativas, aunque el lote 0/50 también presentó un rendimiento inferior (57,1%) respecto a los otros tres lotes (59,1-61,4%). Además, la velocidad de crecimiento fue notablemente menor en el lote 0/50 que en los otros tres. Estos resultados parecen indicar que se pueden administrar las dietas ensayadas, excepto la 0/50, indistintamente, sin que se observe efectos negativos importantes en el crecimiento. En cambio, la dieta 0/50 ocasiona una menor ganancia de peso que se traduce en un mayor tiempo para alcanzar el peso comercial (García, 1991). Numerosos trabajos aprecian un aumento del peso del aparato digestivo y, por lo tanto, una disminución del rendimiento al aumentar el nivel de fibra de la dieta (Spreadbury y Davidson, 1978; Poismans y Wittouck, 1986), si bien otros autores (Lebas *et al*, 1982; Pérez *et al*, 1982) no encontraron influencia del nivel de fibra. Estos diferentes resultados pueden atribuirse al tipo de fibra empleado, habiéndose observado que las pulpas, entre ellas la de remolacha, al ser las fuentes de fibra más digestibles, provocan una mayor retención de partículas alimenticias en el ciego y una menor velocidad de tránsito de la digesta en todos los tramos del aparato digestivo, lo que aumenta el peso del aparato digestivo y de sus contenidos (Candau *et al*, 1979; Pérez de Ayala, 1989; García, 1991). Sin embargo, las fibras menos digestibles no influyen en los rendimientos, consecuencia de una elevada velocidad de tránsito de la fracción fibrosa de los alimentos por el aparato digestivo.

Sin embargo, en los conejos donde se estudió el efecto de la adición de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas y aceite de soja), el rendimiento (tabla III.2) fue similar en los conejos sacrificados con un mismo peso, no observándose diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ). Similares resultados, es decir, no se observaron diferencias significativas en el peso vivo, peso de la canal y rendimiento en los lotes alimentados con dietas adicionadas de 3% de distintas grasas y 18% de soja integral (tabla III.3). Por lo tanto, la adición de grasa a la dieta no influyó en el rendimiento a la canal, tanto en el grupo de 2 como de 2,5 kg de peso, lo que también ha sido observado por otros autores. Ouhayoun *et al* (1987) no encontraron diferencias significativas al comparar los rendimientos de animales alimentados con una dieta con bajo nivel de grasa con los que consumieron una de las cuatro dietas experimentales preparadas con un tipo de grasa diferente añadida a cada una (aceite de oliva, de linaza, de coco y manteca de cacao). Lebas *et al* (1981), al añadir a la dieta de conejos vainas de colza, ricas en lípidos, a niveles del 15, 30 y 40%, no observaron cambios. Igualmente, Raimondi *et al* (1973) señalaron que dietas con diferentes concentraciones de energía y proteína no afectaron al rendimiento a la canal.

Hay otros factores que también influyen en el rendimiento, como puede ser la retirada del alimento y el transporte antes del sacrificio del animal. Coppings *et al* (1989) observaron que un período de ayuno de 24 horas supuso una pérdida significativa de peso de los conejos, en su mayor parte debida al vaciado del aparato digestivo, por lo que el rendimiento aumentó. El efecto del transporte se manifestó por una pérdida adicional de peso que resultó especialmente importante cuando se combinó con la retirada del alimento. En estas experiencias, no se retiró el pienso a los conejos antes del sacrificio ni sufrieron los efectos del transporte.

### III.2.- INFLUENCIA DE LA DIETA Y EL PESO DE SACRIFICIO EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA CARNE DE CONEJO

#### III.2.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha

Las tablas III.4 y III.5 recogen los valores medios del extracto seco, grasa, cenizas y proteína, expresados en g/100 g de carne y g/100 g de extracto seco, de la carne de conejos alimentados con dietas donde se estudió la sustitución de cebada por pulpa de remolacha, sacrificados con 2 (tabla III.4) y 2,5 kg (tabla III.5) de peso. La composición química de la carne de conejos híbridos Neozelandés x Californiano fue, en términos generales, la siguiente: 28-29% de extracto seco, 8-9% de grasa, 1% de cenizas y 18-19% de proteína, observándose una relación directa entre el contenido de grasa y de extracto seco. Estos valores son semejantes a los encontrados por Rao *et al* (1978) en conejos neozelandeses blancos sacrificados a las 8, 12 y 16 semanas de edad, Cambero (1987) en conejos HYLA y neozelandeses blancos sacrificados con 50 y 70 días y Cheeke *et al* (1982) en conejos de 8-10 semanas, y algo inferiores en proteína y superiores en grasa que los descritos por Whiting y Jenkins (1981) en conejos neozelandeses blancos de 3,6-4,5 kg. Una mayor diferencia se observó con respecto a la humedad y grasa descritas por Cambero *et al* (1991c) y Zegarska *et al* (1979). Los primeros autores hallaron en la carne de conejos silvestres un contenido en humedad del 75-77%; grasa: 1,4-3,7%; cenizas: 1,1-1,6% y proteína: 20,8-22,2%, mientras que Zegarska *et al* (1979) en conejos de explotaciones rurales ofrecieron para

**Tabla III.4.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

		Lote*							
		50/0		0/50		30/0		15/15	
Extracto seco	1	28,95a	$\pm$ 0,57	25,36b	$\pm$ 0,96	29,25a	$\pm$ 2,26	26,26b	$\pm$ 0,81
	2	29,95a	$\pm$ 4,79	21,99a	$\pm$ 4,68	32,10a	$\pm$ 5,88	28,30a	$\pm$ 4,89
Grasa	1	8,68ab	$\pm$ 1,48	5,59a	$\pm$ 1,32	9,49b	$\pm$ 2,38	7,46ab	$\pm$ 1,49
	2	29,95a	$\pm$ 4,79	21,99a	$\pm$ 4,68	32,10a	$\pm$ 5,88	28,30a	$\pm$ 4,89
Cenizas	1	0,97a	$\pm$ 0,09	0,99a	$\pm$ 0,15	1,07a	$\pm$ 0,18	1,01a	$\pm$ 0,09
	2	3,37a	$\pm$ 0,31	3,91a	$\pm$ 0,46	3,66a	$\pm$ 0,55	3,86a	$\pm$ 0,47
Proteína	1	19,18a	$\pm$ 1,12	18,73a	$\pm$ 1,04	18,67a	$\pm$ 0,67	17,78a	$\pm$ 0,63
	2	66,28a	$\pm$ 4,36	73,95a	$\pm$ 5,07	64,17a	$\pm$ 6,05	67,79a	$\pm$ 4,41

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

**Tabla III.5.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

		Lote*							
		50/0		0/50		30/0		15/15	
Extracto seco	1	29,25a	$\pm$ 1,1	28,34a	$\pm$ 1,71	29,34a	$\pm$ 2,49	29,23a	$\pm$ 1,71
Grasa	1	10,41a	$\pm$ 1,71	8,26a	$\pm$ 2,21	9,91a	$\pm$ 2,65	9,09a	$\pm$ 1,64
	2	35,47a	$\pm$ 4,64	28,88a	$\pm$ 6,52	33,39a	$\pm$ 6,59	30,93a	$\pm$ 3,84
Cenizas	1	1,02a	$\pm$ 0,07	1,03a	$\pm$ 0,12	0,99a	$\pm$ 0,08	0,97a	$\pm$ 0,03
	2	3,48a	$\pm$ 0,18	3,66a	$\pm$ 0,49	3,40a	$\pm$ 0,43	3,34a	$\pm$ 0,21
Proteína	1	17,79a	$\pm$ 0,72	19,01a	$\pm$ 0,98	18,42a	$\pm$ 1,03	19,14a	$\pm$ 0,49
	2	60,97a	$\pm$ 4,66	67,31a	$\pm$ 6,06	63,14a	$\pm$ 6,24	65,64a	$\pm$ 3,65

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

la carne del muslo valores de humedad del 77% y un contenido de grasa de sólo el 1,77%. Estas diferencias pueden atribuirse al hecho de que estos autores trabajaron con conejos silvestres o de explotaciones poco industrializadas y es bien conocido que los animales de cría industrial presentan un mayor contenido de grasa muscular (Manley y Forss, 1979). Igualmente, hay que hacer notar la influencia del método de extracción de la grasa en la cuantificación de ésta. Los valores que se logran al determinar la grasa por los métodos basados en el empleo de cloroformo-metanol (Folch *et al*, 1957; Bligh y Dyer, 1959; Hanson y Olley, 1963) son, en términos generales, mayores que los obtenidos cuando se emplean otros disolventes orgánicos como éter etílico (método de Soxhlet), hexano o éter de petróleo, aunque la extracción se efectúe en caliente. Estas diferencias han sido observadas, entre otros autores, por Cambero (1987) al comparar los métodos de Folch y Soxhlet y por Maxwell *et al* (1980) con los métodos de Bligh-Dyer y Soxhlet. La extracción con cloroformo-metanol, como se ha realizado en este trabajo (método de Hanson y Olley, 1963), permite la extracción de los lípidos más polares, lo que no sucede al emplear un único disolvente orgánico.

La sustitución de cebada por pulpa de remolacha ocasionó una disminución del contenido de grasa de la carne de conejo y, por lo tanto, del extracto seco, sobre todo en conejos sacrificados con 2 kg de peso, observándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el extracto seco entre los lotes que contenían sólo cebada (50/0 y 30/0) y los enriquecidos total (0/50) o parcialmente (15/15) con pulpa de remolacha. En la grasa, sólo se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los lotes 0/50 y 30/0. No se encontraron diferencias significativas en los conejos sacrificados con 2,5 kg de peso. La dieta no influyó en el contenido de cenizas y proteína de la carne de los conejos tanto en los de 2 kg como en los de 2,5 kg de peso. En ningún caso se

observaron diferencias significativas. Cuando los valores se expresaron en g/100 g de extracto seco no se observaron diferencias significativas entre lotes, aunque se detectó un menor contenido de grasa y una mayor proporción de cenizas y proteína en los alimentados con dietas que contenían pulpa de remolacha.

García (1991), en una investigación complementaria a la descrita en esta memoria, utilizando conejos de los mismos lotes, estudió el efecto de la sustitución de la cebada por pulpa de remolacha en la composición corporal de peso vacío (cuerpo del animal con el aparato digestivo completo una vez vaciado su contenido) de conejos, señalando un descenso en el contenido de grasa y extracto seco y un aumento del contenido de proteína tanto en conejos de 2 como de 2,5 kg.

Otros autores han encontrado resultados similares estudiando el efecto de la fibra en la composición corporal de los conejos. Así, Spreadbury y Davidson (1978) comprobaron, añadiendo tres tipos de fibra (celulosa, paja de cebada y cascarilla de avena) a distintos niveles a una dieta base baja en fibra, que, cuando aumentó la proporción de fibra en la dieta, se produjeron reducciones significativas en el contenido de extracto seco y grasa (g/kg de materia seca) e incrementos significativos de proteína (g/kg de materia seca) y cenizas (g/kg de materia seca), observando ligeras diferencias según la fuente de fibra empleada (con los mismos niveles en la dieta, la celulosa provocó una disminución mayor de grasa que la cascarilla de avena). Posteriormente, Holmes *et al* (1984) llegaron a conclusiones parecidas, utilizando tres dietas con diferentes niveles de alfalfa (28, 54 y 74%). Encontraron que el contenido en humedad de la carne del muslo del conejo fue significativamente mayor en el grupo alimentado con 74% de alfalfa que el que consumió un 54% en la dieta, lo que confirma los

resultados de Spreadbury y Davidson (1978) y los obtenidos en este trabajo para el grupo de conejos de 2 kg. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas en el contenido de lípidos y proteína, solamente unos valores ligeramente más altos de proteína y más bajos de grasa en el grupo alimentado con 74% de alfalfa, lo que también concuerda con lo señalado por Spreadbury y Davidson (1978) y lo hallado en este trabajo. Partridge *et al* (1989) encontraron que sólo altos niveles de fibra (empleando heno de hierba en la dieta) supusieron una disminución del contenido de materia seca y de grasa (g/kg de materia seca) y un aumento de la cantidad de proteína (g/kg de materia seca). Sin embargo, el nivel de fibra en la dieta no afectó al contenido de cenizas (g/kg de materia seca) del cuerpo del animal.

Fraga *et al* (1983) informaron que el contenido de fibra de la dieta influye menos en la composición química corporal del conejo que la relación energía digestible / proteína digestible y señalaron que los niveles de algunos nutrientes utilizados en el estudio de Spreadbury y Davidson (1978) estuvieron por encima de los valores utilizados normalmente por la industria para la producción de conejos.

Igualmente, Fraga *et al* (1983) observaron que cuando aumentaba la velocidad de crecimiento lo hacía también el porcentaje de grasa y descendía paralelamente la humedad del cuerpo del conejo. García (1991) señaló que al incrementar el nivel de pulpa de remolacha en el pienso disminuía la velocidad de crecimiento. Por lo tanto, los conejos alimentados con las dietas 15/15 y, sobre todo, 0/50 crecieron a una menor velocidad. Es en estos resultados, derivados de la investigación complementaria realizada por ese autor, donde hay que buscar la explicación del porqué los conejos de los lotes anteriores presentaron un menor contenido de grasa en la carne que los de los

lotes 50/0 y 30/0.

Battaglini y Costantini (1981) adicionando a la dieta melazas de remolacha, otro subproducto (como la pulpa) de la fabricación de azúcar a partir de la remolacha, de alto contenido en sacarosa, no observaron cambios importantes en la composición química de la carne de conejo, encontrando sólo un ligero aumento del extracto etéreo y una pequeña disminución de la proteína.

Las diferencias en la composición química entre los conejos sacrificados con 2 y 2,5 kg, se recogen en la tabla III.6. Presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) especialmente el extracto seco de los lotes alimentados con dietas donde la pulpa de remolacha sustituyó total o parcialmente a la cebada (lotes 0/50 y 15/15), debido a que los valores medios del extracto seco de los conejos de dichos lotes fueron un 26% en los sacrificados con 2 kg de peso y un 29% en los de 2,5 kg. La carne de los conejos de 2,5 kg de los lotes 0/50 y 15/15 presentaron también una mayor proporción de grasa que la de los de 2 kg (compárense las tablas III.4 y III.5), pero sin diferencias significativas. En los otros dos lotes (50/0 y 30/0), el contenido de extracto seco y grasa fue igualmente mayor al aumentar el peso de sacrificio, aunque en menor medida. El peso de sacrificio no influyó en el contenido de cenizas y proteína.

El-Gammal *et al* (1984) concluyeron también que el contenido de humedad de la carne de conejo decrece con la edad. Estos autores explicaron este efecto por la disminución del contenido de agua extracelular cuando crecen los conejos. Igualmente, observaron que el contenido de grasa de la carne se incrementa progresivamente según avanza la edad del animal. El menor contenido de agua lo asociaron con el incremento

de la grasa. Muchos otros autores (Sotillo Ramos, 1968; Ouhayoun, 1974; Rao *et al*, 1978; Butcher *et al*, 1983; Fraga *et al*, 1983) también han concluido que el contenido de humedad tiende a disminuir conforme avanza la edad de sacrificio a la vez que aumenta el contenido de grasa.

**Tabla III.6.** Estudio comparativo (t-test) de la composición química (1) de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Extracto seco	-	+	-	+
Grasa	-	-	-	-
Cenizas	-	-	-	-
Proteína	-	-	-	+

(1) g/100 g carne

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

(+)  $p < 0,05$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

Cambero (1987) señaló que, durante la fase de cría y engorde, la composición química no varía de forma manifiesta, si bien aumenta el extracto seco de la carne. Sin embargo, mientras en los híbridos comerciales HYLA no observó un aumento importante de la grasa, en los de raza Neozelandesa sí que apreció un incremento manifiesto del contenido lipídico con la edad. En la grasa escapular y perirrenal, Fernández y Fraga (1992) señalaron también incrementos significativos con el aumento del peso de sacrificio de 2 a 2,5 kg.

Al expresar los resultados en g/100 g de carne, no se observó influencia del peso de sacrificio en los valores medios de cenizas y proteína. Sin embargo, en términos de g/100 g de materia seca, se obtuvieron valores medios inferiores de cenizas y proteína en la carne de conejos sacrificados con 2,5 kg.

El-Gammal *et al* (1984) llegaron a conclusiones muy similares a las obtenidas en este trabajo, ya que no observaron influencia del peso de sacrificio en el contenido de cenizas y proteína, expresados los resultados respecto de la carne. Pero en relación con la materia seca, el contenido proteico decreció hasta que los conejos llegaron a los 5 meses, permaneciendo posteriormente constante, mientras que el contenido de cenizas decreció gradualmente con la edad.

Diversos autores (Battaglini y Costantini, 1971; Ouhayoun, 1974; Gilka, 1975; Rao *et al*, 1978; Butcher *et al*, 1983) observaron que al aumentar el peso de sacrificio no se detectan diferencias significativas en el contenido proteico. Sin embargo, Cambero (1987) encontró un aumento de la tasa de proteínas con el crecimiento del animal (desde conejos lactantes hasta los 70 días de edad) y Fraga *et al*

(1983) señalaron un aumento significativo del contenido de nitrógeno del cuerpo de los conejos al pasar de un peso de sacrificio de 2 a 2,25 kg, mientras que no observaron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno entre los conejos de 2,25 y 2,5 kg de peso.

Los resultados de varios trabajos (Battaglini y Costantini, 1971; Ouhayoun, 1974; Cambero, 1987) muestran que no hay influencia del peso de sacrificio en el contenido de cenizas de la carne de conejo. Sin embargo, Butcher *et al* (1983) encontraron una disminución de la cantidad de cenizas de la canal de conejo con el aumento del peso del animal y Fraga *et al* (1983) han señalado un descenso significativo del contenido de cenizas del cuerpo de los conejos al pasar de 2,25 a 2,5 kg de peso, aunque no observaron cambios significativos entre los conejos de 2 y 2,25 kg de peso vivo.

En conclusión, puede decirse, en términos generales, que la sustitución de cebada por pulpa de remolacha no afecta de forma importante a la composición química de la carne de conejo. No obstante, hay que apuntar las diferencias significativas que se observaron en el contenido de humedad y grasa en el grupo de conejos de 2 kg, al nivel de sustitución del 50% de cebada por otro porcentaje igual de pulpa de remolacha.

Sin embargo, de los resultados de los parámetros productivos (velocidad de crecimiento, tasa de mortalidad, rendimiento a la canal) puede deducirse que sólo es posible incluir pulpa de remolacha hasta no más del 15% dado que a niveles superiores disminuye la velocidad de crecimiento, con lo que se encarece la cría por incrementarse el índice de conversión (García, 1991).

### III.2.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa

Los valores medios del extracto seco, grasa, cenizas y proteína de la carne de los conejos alimentados con las dietas control (lote C) y adicionadas de 3% de sebo (lote S), oleínas de soja y girasol (lote O) y aceite de soja (lote A), expresados en g/100 g de carne y en g/100 g de extracto seco, se muestran en las tablas III.7 (conejos de 2 kg) y III.8 (conejos de 2,5 kg). Como era de esperar, en todos los lotes se observó una relación directa entre el contenido de grasa y de extracto seco.

Al comparar los lotes entre sí, se apreciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores medios de extracto seco y grasa en los conejos sacrificados con 2 kg de peso y sólo entre el extracto seco en los que se engordaron hasta los 2,5 kg. En los animales sacrificados con 2 kg, los valores medios de extracto seco y grasa fueron superiores en los lotes O y A a los hallados en los lotes C y S, siendo significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) para el extracto seco el lote C y el A, y el lote S respecto a los lotes O y A, mientras que para la grasa fueron los lotes S y A los que difirieron significativamente. En el caso de los conejos de 2,5 kg, los valores medios de extracto seco y grasa fueron superiores en los lotes S y A, aunque no presentaron diferencias significativas para la grasa, y sí ( $p < 0,05$ ) entre los lotes S y O para el extracto seco. No se encontraron diferencias significativas para cenizas y proteína entre ninguno de los cuatro lotes.

**Tabla III.7.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

		Lote*							
		C		S		O		A	
Extracto seco	1	27,64ab	$\pm$ 1,59	27,04a	$\pm$ 0,48	29,96bc	$\pm$ 0,66	30,23c	$\pm$ 2,09
Grasa	1	7,78ab	$\pm$ 1,46	7,40a	$\pm$ 1,18	9,64ab	$\pm$ 0,98	10,02b	$\pm$ 1,87
	2	27,99a	$\pm$ 3,89	27,32a	$\pm$ 4,02	32,15a	$\pm$ 2,85	32,91a	$\pm$ 4,15
Cenizas	1	0,93a	$\pm$ 0,09	1,00a	$\pm$ 0,09	0,94a	$\pm$ 0,09	0,98a	$\pm$ 0,06
	2	3,38a	$\pm$ 0,53	3,71a	$\pm$ 0,44	3,13a	$\pm$ 0,29	3,25a	$\pm$ 0,35
Proteína	1	18,79a	$\pm$ 0,69	18,49a	$\pm$ 0,77	19,21a	$\pm$ 0,62	19,14a	$\pm$ 0,48
	2	68,12a	$\pm$ 3,39	68,41a	$\pm$ 3,54	64,16a	$\pm$ 2,72	63,52a	$\pm$ 3,78

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas de soja y girasol (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b,c: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

**Tabla III.8.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

		Lote*							
		C		S		O		A	
Extracto seco	1	28,90ab	$\pm$ 1,41	30,36a	$\pm$ 1,22	28,20b	$\pm$ 1,66	30,15ab	$\pm$ 0,54
Grasa	1	9,01a	$\pm$ 2,09	10,62a	$\pm$ 1,53	8,16a	$\pm$ 1,42	10,63a	$\pm$ 0,84
	2	30,97a	$\pm$ 5,75	34,86a	$\pm$ 3,64	28,78a	$\pm$ 3,36	35,26a	$\pm$ 2,76
Cenizas	1	0,95a	$\pm$ 0,11	0,95a	$\pm$ 0,03	0,96a	$\pm$ 0,09	0,94a	$\pm$ 0,08
	2	3,29a	$\pm$ 0,45	3,13a	$\pm$ 0,16	3,42a	$\pm$ 0,37	3,12a	$\pm$ 0,22
Proteína	1	18,81a	$\pm$ 0,97	18,69a	$\pm$ 0,49	18,94a	$\pm$ 0,31	18,44a	$\pm$ 0,79
	2	65,27a	$\pm$ 5,36	61,68a	$\pm$ 3,49	67,30a	$\pm$ 3,12	61,17a	$\pm$ 2,48

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas de soja y girasol (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente (p<0,05)

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

Al comparar el lote control (C) con los lotes alimentados con las dietas donde se adicionó un 3% de las diferentes grasas, se pudo observar que dicho lote C sólo presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el extracto seco para conejos sacrificados con 2 kg respecto al lote A, pero no en relación con los otros dos. Por lo tanto, se puede concluir que la adición de un 3% de grasa a la dieta no provoca, en general, cambios importantes en la composición química de los conejos sacrificados con un mismo nivel de peso. Esta conclusión queda más claramente demostrada si se utilizan, en la comparación, los resultados expresados en g/100 g de extracto seco que como reflejan las tablas III.7 y III.8 no existió diferencia significativa alguna entre los lotes para ninguno de sus componentes: grasa, cenizas y proteína. Estos resultados estuvieron de acuerdo con lo señalado por Fraga *et al* (1983), ya que las dietas empleadas mantuvieron una relación energía digestible/ proteína digestible dentro de los márgenes señalados por De Blas *et al* (1981). Igualmente, Raimondi *et al* (1975b) tampoco observaron diferencias significativas en la cantidad de lípidos (sobre sustancia seca) de la carne de los conejos alimentados con diferentes tipos de grasa (sebo o aceite de cacahuete), añadida a distintos niveles (0, 4 u 8%) a las dietas.

Lanari *et al* (1972) utilizando tres dietas con tres niveles de grasa (0, 5 y 10% de sebo bovino), con una relación energía / proteína creciente, encontraron después de 5 semanas, que el contenido proteico de la carne decreció significativamente, el lipídico se incrementó pero no de una manera importante, mientras los valores de materia seca y cenizas no cambiaron, lo que confirma en cierto modo la opinión de Fraga *et al* (1983) en relación con la relevancia que tiene mantener la relación energía digestible / proteína digestible dentro de unos márgenes próximos al modificar las dietas de los conejos. Teleki y Darwish (1969) encontraron que la adición de grasa a la dieta provocaba un

aumento de la grasa de la canal mientras que Raimondi *et al* (1974) señalaron que la adición de 3,5% de aceite vegetal reducía la materia seca y la grasa de la carne de conejo. No obstante, este último resultado pareció deberse a la presencia de ácido erúxico (C-22:1) y, en menor medida, de ácido eicosenoico (C-20:1), que reducen la ganancia diaria de peso y, por tanto, el tejido adiposo de la canal (Raimondi *et al*, 1973).

Fernández y Fraga (1992) no observaron que la adición de grasa a la dieta, tanto en un 3% como en un 6%, supusiera incrementos significativos en el peso de la grasa escapular de los conejos. Sin embargo, señalaron incrementos significativos en el peso de la grasa perirrenal al adicionar grasa a las dietas, observando no sólo diferencias significativas entre la dieta control y las dietas con grasa, sino también entre las dietas con diferentes niveles de grasa añadida. En las experiencias descritas en esta memoria se eliminó tanto la grasa escapular como la perirrenal, investigándose solamente el efecto de la dieta en la grasa de la carne. El tipo de grasa utilizada (sebo, oleínas o aceite de soja) no tuvo influencia en los depósitos de grasa escapular y perirrenal.

Ouhayoun *et al* (1987) señalaron un significativo menor contenido de tejido adiposo perirrenal en los conejos alimentados con dietas hipolipídicas que los que consumieron dietas suplementadas con grasa. Respecto al tipo de grasa (aceite de coco, de linaza y de oliva y manteca de cacao), observaron una mayor cantidad en los alimentados con aceite de coco y una menor proporción en los de aceite de linaza pero sin diferencias significativas entre los diferentes tipos de grasa.

La tabla III.9 muestra las diferencias en la composición química entre conejos sacrificados con 2 y 2,5 kg alimentados con la dieta control y adicionadas de un 3% de los tres tipos de grasa. Las únicas diferencias significativas importantes se presentaron en el lote S para grasa ( $p < 0,05$ ), cenizas ( $p < 0,005$ ) y extracto seco ( $p < 0,005$ ), el cual aumentó del 27% en conejos sacrificados con 2 kg al 30% en los de 2,5 kg que se correspondió con un incremento paralelo de la grasa que pasó de 7,4% en la carne de conejos de 2 kg a 10,6% en la carne de los de 2,5 kg.

**Tabla III.9.** Estudio comparativo (t-test) de la composición química (1) de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

	Lote*			
	C	S	O	A
Extracto seco	-	++	-	-
Grasa	-	+	-	-
Cenizas	-	++	-	-
Proteína	-	-	-	-

(1) g/100 g carne

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

S: 3% de sebo (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

O: 3% de oleínas de soja y girasol (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

A: 3% de aceite de soja (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

(+)  $p < 0,05$  ; (++)  $p < 0,005$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

A pesar de la diferencia significativa que se ha puesto de manifiesto para el extracto seco de la carne del lote S respecto al de la del lote O (tabla III.8), se ha concluido que la composición química de la carne de los conejos sacrificados con 2,5 kg de peso no varía al enriquecer la dieta de los animales con un 3% de grasa independientemente del tipo de la misma. A esta conclusión se ha llegado en base a que se ha estimado que la diferencia hallada en el extracto seco de la carne en ambos lotes es insignificante y, en la práctica, puede considerarse como nula, dado que, por una parte, el extracto seco depende estrechamente de los valores que alcance la grasa (Ouhayoun, 1974; Rao *et al*, 1978; Butcher *et al*, 1983; Fraga *et al*, 1983; El-Gammal *et al*, 1984) lo que no fueron, en ningún caso, significativamente diferentes y, por otra, el aumento del extracto seco en 21 centésimas en el lote S (compárense el extracto seco del lote A, no difirió significativamente, y el del S) fue el que provocó la diferencia significativa, por lo que hay que considerar que el valor está en la transición de la significancia estadística. Es probable que se deba al propio error intrínseco que todo método analítico posee.

Circunstancias distintas son las que se dan para los conejos sacrificados con 2,0 kg de peso (tabla III.7). En este caso se observan diferencias significativas en los extractos secos de los lotes que se reflejan también, en términos generales, en el contenido en grasa cuando se expresó en porcentaje de carne. Estas diferencias no son, en ningún caso, llamativas; en la práctica carecen de importancia y pueden deberse simplemente a la dependencia existente entre la composición química y la edad (véase I.6.1). Téngase en cuenta que los conejos sacrificados con 2,5 kg, a un ritmo de crecimiento de 36 g diarios (tablas III.2 y III.3) son alrededor de 15 días más viejos que los sacrificados con 2,0 kg.

Puede decirse, pues, que la adición a la dieta de un 3% de grasa afecta mínimamente a la composición química de la carne de conejo; son efectos tan pequeños que, en términos prácticos, carecen totalmente de importancia.

### **III.2.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral**

Los valores medios del extracto seco, grasa, cenizas y proteína, expresados en g/100 g de carne y en g/100 g de extracto seco, de la carne de los conejos alimentados con las dietas control y adicionadas de 3% de grasa y 18% de soja integral (véase II.3.1) se señalan en las tablas III.10 y III.11. Las tres dietas experimentales preparadas contenían un 6% de grasa más que la dieta control; un 3% procedía de la soja integral y el 3% restante de sebo (lote S-SI), oleínas (lote O-SI) y aceite de soja (lote A-SI). En todos los lotes experimentales, independientemente de si los conejos se sacrificaron con 2 kg de peso (tabla III.10) o con 2,5 kg (tabla III.11), se observó que la carne contenía un porcentaje mayor de extracto seco y grasa. Sin embargo, el tratamiento estadístico de los resultados no mostró diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ).

Estos resultados parecen, en cierto modo, contradecir los obtenidos en el caso de la adición de un 3% de grasa (III.2.2) en los que sí se observaron, aunque mínimas, algunas diferencias significativas en el extracto seco. Sin embargo, tras el análisis realizado en el apartado anterior al respecto, los resultados que se recogen en el presente apartado, unidos a las publicaciones de otros autores (véase más adelante), no hacen más que confirmar la conclusión a que se ha llegado anteriormente (pág. 112)

**Tabla III.10.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

		Lote*							
		C		S-SI		O-SI		A-SI	
Extracto seco	1	27,64a	$\pm$ 1,59	29,81a	$\pm$ 0,88	29,54a	$\pm$ 1,58	28,94a	$\pm$ 2,17
Grasa	1	7,78a	$\pm$ 1,46	10,19a	$\pm$ 1,17	9,94a	$\pm$ 1,91	9,88a	$\pm$ 1,95
	2	27,99a	$\pm$ 3,89	34,15a	$\pm$ 3,43	33,46a	$\pm$ 4,72	33,88a	$\pm$ 4,47
Cenizas	1	0,93a	$\pm$ 0,09	1,00a	$\pm$ 0,06	0,99a	$\pm$ 0,05	0,95a	$\pm$ 0,08
	2	3,38a	$\pm$ 0,53	3,35a	$\pm$ 0,23	3,37a	$\pm$ 0,31	3,31a	$\pm$ 0,52
Proteína	1	18,79a	$\pm$ 0,69	18,49a	$\pm$ 0,94	18,49a	$\pm$ 0,71	18,00a	$\pm$ 0,65
	2	68,12a	$\pm$ 3,39	62,05a	$\pm$ 3,38	62,77a	$\pm$ 4,47	62,42a	$\pm$ 4,04

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6); O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7);

A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

**Tabla III.11.** Composición química (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

		Lote*											
		C			S-SI			O-SI			A-SI		
Extracto seco	1	28,90a	$\pm$	1,41	30,41a	$\pm$	1,68	30,15a	$\pm$	2,09	30,91a	$\pm$	2,12
Grasa	1	9,01a	$\pm$	2,09	10,24a	$\pm$	1,78	10,27a	$\pm$	2,08	11,48a	$\pm$	1,82
	2	30,97a	$\pm$	5,75	33,49a	$\pm$	4,18	33,82a	$\pm$	4,66	36,95a	$\pm$	3,59
Cenizas	1	0,95a	$\pm$	0,11	0,94a	$\pm$	0,13	0,87a	$\pm$	0,14	0,90a	$\pm$	0,08
	2	3,29a	$\pm$	0,45	3,08a	$\pm$	0,39	2,91a	$\pm$	0,52	2,93a	$\pm$	0,33
Proteína	1	18,81a	$\pm$	0,97	19,05a	$\pm$	0,35	18,88a	$\pm$	0,67	18,42a	$\pm$	0,69
	2	65,27a	$\pm$	5,36	62,82a	$\pm$	4,19	62,84a	$\pm$	4,42	59,76a	$\pm$	3,43

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6); O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

1: g/100 g carne

2: g/100 g extracto seco

sobre el efecto nulo del enriquecimiento de la dieta en grasa (al menos hasta el 6%) en la composición química de la carne de conejo.

Ya se ha comentado el posible distinto comportamiento del acúmulo de grasa en los conejos al crecer. Cuando la dieta se enriqueció con un 18% de soja integral no se observó un diferente comportamiento entre los conejos sacrificados con 2,0 y 2,5 kg. Es posible que tal enriquecimiento influya en la nutrición del conejo pero el análisis de ese hipotético efecto cae totalmente fuera del objetivo de esta tesis.

Por lo tanto, la adición de grasa y soja integral (porcentaje final de grasa añadida de un 6%) a la dieta no influye en la composición química de los conejos sacrificados con un mismo peso.

Otros trabajos (Lanari *et al*, 1972; Raimondi *et al*, 1975b; Fernández y Fraga, 1992) obtuvieron conclusiones similares para dietas con alta cantidad de grasa añadida.

La tabla III.12 recoge el estudio comparativo de la composición química de la carne de conejos sacrificados con 2 y 2,5 kg. Igualmente, no se observaron diferencias significativas, aunque el grupo de conejos de 2,5 kg presentó un mayor contenido de grasa y extracto seco que los de 2 kg.

Hay que concluir, pues, que la modificación de la dieta con los componentes antes citados no afecta en absoluto a la composición química básica de la carne de conejo.

**Tabla III.12.** Estudio comparativo (t-test) de la composición química (1) de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

	Lote*		
	S-SI	O-SI	A-SI
Extracto seco	-	-	-
Grasa	-	-	-
Cenizas	-	-	-
Proteína	-	-	-

(1) g/100 g carne

\* S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

### III.3.- INFLUENCIA DE LA DIETA EN LA COMPOSICION LIPIDICA DE LA CARNE DE CONEJO

#### III.3.1.- Fraccionamiento del material lipídico en columna de ácido silícico-celita

La cuantificación independiente de las fracciones lipídicas apolar y polar puede realizarse fundamentalmente por dos métodos. El primero de ellos consiste en la separación de dichas fracciones lipídicas mediante cromatografía en columna de ácido silícico/celita y su posterior cuantificación por pesada. El segundo se basa en la estimación del fósforo lipídico de una alícuota del extracto lipídico total, refiriéndose los valores obtenidos a una gráfica patrón construida con un fosfolípido estándar (Raheja *et al*, 1973), normalmente fosfatidilcolina.

El primero de estos métodos, aunque sea más laborioso, tiene la ventaja de no ser destructivo y, por lo tanto, la muestra sirve para análisis adicionales. El segundo es rápido, pero tiene una desventaja respecto del primero y es que sólo cuantifica los lípidos polares y no todos, como sucede con las cerámidas hexósidos que no contienen fósforo, por lo que escapan a la determinación.

En este trabajo se ha elegido el método de separación en columna de ácido silícico/celita, lo que permitió una mejor cuantificación de las fracciones apolar y polar y un posterior estudio exhaustivo de los componentes lipídicos de la fracción apolar. Diversos autores han empleado este método con el mismo fin en el caso particular de los lípidos del conejo, entre ellos Gray y McFarlane (1961), Kostetskii *et al* (1977),

Chang-Han y Yeon-Hee (1982) y Cambero *et al* (1991a,b,c). Asimismo, otros autores lo han utilizado para el estudio de los lípidos de diversos alimentos, como queso (Burgos y Ordóñez, 1978), truchas (de la Hoz *et al*, 1987, 1989) y carne de cordero (Zumalacárregui, 1975).

Los lípidos de la carne, extraídos como se indica en II.2.5.3, se separaron, pues, en las fracciones apolar y polar mediante cromatografías en columna de ácido silícico/celita (1/1) (p/p), utilizando como eluyentes, cloroformo y metanol (véase II.2.6.2). La fracción apolar se obtuvo primero, por elución con cloroformo, y la polar, posteriormente, con metanol.

El método de extracción de la grasa es importante ya que al ser los fosfolípidos menos solubles en disolventes orgánicos apolares que los lípidos apolares, una incompleta extracción puede conducir a errores en la cuantificación de los lípidos totales y en las cantidades relativas de los lípidos apolares y polares (Weihrauch y Son, 1983). La extracción con cloroformo-metanol (método de Hanson y Olley) realizada en este trabajo permite la extracción de la práctica totalidad de todos los lípidos, incluso los más polares.

En la tabla III.13 se recogen los valores medios (5 muestras de cada lote) y los rendimientos cromatográficos del fraccionamiento lipídico de la grasa de los conejos sacrificados con 2 kg de peso, alimentados con dietas donde la cebada se sustituyó, total o parcialmente, por pulpa de remolacha.

**Tabla III.13.** Resultados obtenidos de la cromatografía en columna de ácido silícico/celita (1/1) (p/p) de la grasa de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Muestra cromatografiada (mg)	732,9	457,8	785,4	721,7
Fracción eluida con cloroformo (mg)	644,7	362,9	712,8	620,1
Fracción eluida con metanol (mg)	85,9	104,9	79,9	98,3
Total recogido (mg)	730,6	467,8	792,7	718,4
Rendimiento (%)	99,7	102,2	100,9	99,5

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

Los resultados de cada lote son los valores medios de 5 cromatografías

Los rendimientos cromatográficos obtenidos estuvieron cercanos al 100%, por lo que los resultados se pueden calificar de excelentes; se recuperó la práctica totalidad de los lípidos cromatografiados y en los casos en los que el rendimiento sobrepasó el valor de 100, la causa radicó, probablemente, en el arrastre de alguna pequeña porción de las partículas más finas de celita que atravesaron la placa filtrante de la base de la columna cromatográfica. Similares resultados, cuya descripción se omite, se obtuvieron en el resto de las cromatografías efectuadas (lotes de conejos sacrificados con 2,5 kg alimentados con dietas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha y lotes, tanto de 2 como de 2,5 kg de peso, engordados con dietas enriquecidas con un 3% de distintas grasas y adicionadas de diferentes grasas y soja integral), con rendimientos que estuvieron comprendidos entre el 98 y el 102%.

#### **III.3.1.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha**

Las tablas III.14 y III.15 muestran, respectivamente, los valores medios de las fracciones apolar y polar de los lípidos de la carne de los conejos, expresados en g/100 g de grasa, mg/g de extracto seco y mg/g de carne, alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha.

Como era de esperar, la fracción apolar fue siempre la más abundante, variando su concentración entre 78,4 y 91,3% (g/100 g de grasa), mientras que los lípidos polares presentaron valores comprendidos entre 8,7 y 21,6% (g/100 g de grasa).

**Tabla III.14.** Lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		50/0	0/50	30/0	15/15
2000 g	g/100 g grasa	89,0a $\pm$ 2,6	78,4b $\pm$ 6,2	90,4a $\pm$ 1,6	87,4a $\pm$ 3,6
	mg/g extracto seco	267,4a $\pm$ 49,7	173,2b $\pm$ 34,7	290,7a $\pm$ 57,5	248,6a $\pm$ 51,6
	mg/g carne	77,5a $\pm$ 15,3	43,6b $\pm$ 10,3	86,0a $\pm$ 22,8	65,6ab $\pm$ 15,3
2500 g	g/100 g grasa	90,2a $\pm$ 2,9	88,8a $\pm$ 4,1	88,1a $\pm$ 3,9	91,3a $\pm$ 2,5
	mg/g extracto seco	320,8a $\pm$ 50,1	258,7a $\pm$ 68,3	260,0a $\pm$ 68,8	283,2a $\pm$ 42,6
	mg/g carne	94,2a $\pm$ 17,9	74,1a $\pm$ 22,4	88,1a $\pm$ 26,8	83,3a $\pm$ 17,3

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=5);

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=6);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=6);

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=5)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.15.** Lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		50/0	0/50	30/0	15/15
2000 g	g/100 g grasa	10,98a $\pm$ 2,63	21,60b $\pm$ 6,16	9,64a $\pm$ 1,58	12,62a $\pm$ 3,61
	mg/g extracto seco	32,12a $\pm$ 5,49	47,87a $\pm$ 16,32	30,28a $\pm$ 2,97	34,33a $\pm$ 3,86
	mg/g carne	9,29a $\pm$ 1,56	11,90a $\pm$ 3,76	8,87a $\pm$ 1,23	9,00a $\pm$ 0,90
2500 g	g/100 g grasa	9,80a $\pm$ 2,96	11,17a $\pm$ 4,11	11,87a $\pm$ 3,91	8,68a $\pm$ 2,48
	mg/g extracto seco	33,89ab $\pm$ 5,97	30,09ab $\pm$ 4,32	37,86a $\pm$ 7,87	26,10b $\pm$ 4,69
	mg/g carne	9,87ab $\pm$ 1,44	8,50a $\pm$ 1,11	10,98b $\pm$ 1,71	7,57a $\pm$ 1,06

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=5);

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=6);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=6);

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5; 2,5 kg n=5)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

Chang-Han y Yeon-Hee (1982) obtuvieron resultados muy similares a los hallados en este trabajo. Estos autores señalaron un contenido de fosfolípidos del 9,67% del total lipídico, empleando los mismos eluyentes (cloroformo para los lípidos neutros y metanol para los fosfolípidos).

Camero *et al* (1991a) emplearon un tercer solvente, acetona, para arrastrar los glicolípidos, antes de que con metanol se obtuvieran el resto de lípidos polares (fosfolípidos). Con esta metodología, en conejos HYLEA y neozelandeses blancos, el contenido de lípidos apolares estuvo comprendido entre el 78 y el 88% de la grasa total mientras que la cantidad de fosfolípidos varió del 9 al 19% del total lipídico (Camero *et al*, 1991b). Estos mismos autores (Camero *et al*, 1991c) señalaron en conejos silvestres un mayor contenido de lípidos polares (16-34% del total lipídico).

Otros autores, como Gray y McFarlane (1961) con un 23% del total lipídico y Kostetskii *et al* (1977) con valores del 15,5% de fosfolípidos en los lípidos totales, han encontrado tasas algo más elevadas de fosfolípidos en los lípidos de los músculos de los conejos.

Romans *et al* (1974) analizaron únicamente la grasa intramuscular, observando que los fosfolípidos representaban alrededor del 45%. Es lógico que así sea, dado que al eliminar al máximo la grasa superficial, los lípidos restantes permanecen concentrados en las membranas que es donde precisamente se localizan los polares.

Cuando los resultados se refirieron al extracto seco, el contenido de lípidos apolares varió entre 24,8 y 32,1% mientras que la cantidad de lípidos polares osciló

entre un 2,6 y un 3,8%, salvo el lote 0/50 en conejos de 2 kg, con 17,3 y 4,7% de lípidos apolares y polares respectivamente. Los resultados son similares a los encontrados por Cambero *et al* (1991b) en conejos HYLEA y neozelandeses blancos para lípidos apolares (16-30%) y polares (2,0-4,2%).

Mientras que los valores de lípidos apolares respecto de la carne estuvieron comprendidos entre 4,3 y 9,4%, los lípidos polares presentaron una menor variación, con un contenido entre 0,8 y 1,1%. Los valores obtenidos de lípidos apolares fueron parecidos a los señalados por Cambero *et al* (1991a) en conejos HYLEA y neozelandeses (4,33-9,25%), pero superiores a los mostrados por Cambero *et al* (1991c) en conejos silvestres (0,84-3,01%). Los contenidos en lípidos polares fueron similares a los señalados por Cambero *et al* (1991b) con valores de fosfolípidos comprendidos entre 0,7 y 1,2% y superiores a los mostrados por Gray y McFarlane (1961) con 0,51%, Cambero *et al* (1991c) con un contenido entre 0,48 y 0,90% y Chang-Han y Yeon-Hee (1982) con 0,09%.

Se observaron únicamente diferencias en el lote con un 50% de pulpa de remolacha (0/50), que fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) de los tres restantes en conejos sacrificados con 2 kg de peso. Este lote mostró un menor contenido de lípidos apolares, tanto respecto de la grasa, como del extracto seco y de la carne. Estos resultados concuerdan totalmente con los valores hallados para el contenido de grasa y de extracto seco de dicho lote (tabla III.4), observándose una relación directa entre los valores del contenido de grasa y del extracto seco con los de los lípidos apolares de los lotes. Al comparar los resultados de los lípidos polares de los conejos sacrificados con 2 kg con el contenido de grasa y extracto seco de estos mismos lotes (tabla III.4) se

pudo observar una relación inversa entre los valores de grasa y materia seca y la proporción de la fracción polar (tabla III.15) respecto de los lípidos totales. Así, el lote con un 30% de cebada y 0% de pulpa de remolacha (30/0) fue el que presentó un mayor contenido de extracto seco y grasa (29,2% y 9,5%, respectivamente) y la menor proporción de lípidos polares (9,6%), y el lote con el contenido más bajo de materia seca y grasa (lote 0/50, con 25,4% y 5,6% respectivamente) mostró un mayor valor de lípidos polares (21,6%), observándose diferencias significativas respecto de los otros tres lotes. El mayor contenido de lípidos polares respecto de la grasa total obtenido por otros autores (Gray y McFarlane, 1961; Kostetskii *et al*, 1977; Cambero *et al*, 1991c) puede deberse a que en estos trabajos se hallaron un contenido de grasa más bajo. Esta circunstancia es especialmente llamativa en la carne de conejos silvestres, mucho más magra (Cambero *et al*, 1991c).

Los resultados expresados respecto del extracto seco y de la carne no presentaron diferencias significativas, ya que los que contuvieron un mayor porcentaje de lípidos polares estaban contenidos en una menor cantidad de grasa, mientras que los lotes con una menor proporción de fracción polar contenían una mayor cantidad de lípidos.

En los conejos sacrificados con 2,5 kg de peso, sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los valores respecto de la grasa. Al comparar los valores medios mostrados en las tablas III.14 y III.15 con el contenido de grasa y extracto seco de estos mismos lotes (tabla III.5), no se observó, como ocurría en los animales de 2 kg, una relación inversa entre los valores de grasa y materia seca y la proporción de la fracción polar respecto de los lípidos totales. Así, el lote 30/0 presentó

el mayor porcentaje de lípidos polares (11,9%) y, sin embargo, también un alto contenido de grasa (9,9%), lo que significó un valor medio elevado de lípidos polares respecto del extracto seco (37,9%) y de la carne (11,0%), presentando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para dichos valores con el lote 15/15, que tuvo un valor bajo de lípidos polares respecto de la grasa (8,7%) y, además, un menor valor lipídico (9,1%) que el lote 30/0.

### **III.3.1.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa**

El efecto de la adición de 3% de grasa a la dieta en los valores alcanzados por los lípidos apolares y polares (expresados en g/100 g de grasa, mg/g de extracto seco y mg/g de carne) de la grasa de la carne de los conejos se muestra en las tablas III.16 y III.17.

La concentración de lípidos apolares varió entre 87 y 91,5% (g/100 g de grasa). Únicamente se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de lípidos apolares respecto de la carne, en los conejos sacrificados con 2 kg, entre el lote de conejos que consumieron una dieta enriquecida en sebo (lote S) (64,6 mg/g de carne) y el lote alimentado con aceite de soja (lote A) (91,5 mg/g de carne), lo que se corresponde con las diferencias significativas en el contenido de grasa que presentaron los mismos lotes (tabla III.7) cuando se expresaron los resultados en las mismas unidades (g/100 g de carne). Tanto en conejos de 2 como de 2,5 kg, las cantidades de lípidos apolares de los lotes mostraron una relación directa con el contenido de extracto seco y grasa de los mismos lotes, tanto respecto de la grasa, como del extracto seco y de la carne.

**Tabla III.16.** Lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		C	S	O	A
2000 g	g/100 g grasa	87,5a $\pm$ 2,1	87,0a $\pm$ 2,9	90,8a $\pm$ 1,9	91,0a $\pm$ 2,6
	mg/g extracto seco	245,3a $\pm$ 37,4	238,4a $\pm$ 42,2	292,4a $\pm$ 31,2	300,1a $\pm$ 45,1
	mg/g carne	68,3ab $\pm$ 13,8	64,6a $\pm$ 12,2	87,7ab $\pm$ 10,6	91,5b $\pm$ 19,2
2500 g	g/100 g grasa	89,4a $\pm$ 2,6	90,2a $\pm$ 3,9	87,6a $\pm$ 2,7	91,2a $\pm$ 2,4
	mg/g extracto seco	277,8a $\pm$ 59,7	317,0a $\pm$ 45,1	252,6a $\pm$ 35,7	321,9a $\pm$ 28,9
	mg/g carne	80,9a $\pm$ 21,5	96,7a $\pm$ 17,8	71,7a $\pm$ 14,2	97,1a $\pm$ 8,9

\*C: control (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7); S: 3% de sebo (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7); O: 3% de oleínas (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7);

A: 3% de aceite de soja (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.17.** Lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		C	S	O	A
2000 g	g/100 g grasa	12,48a $\pm$ 2,06	13,03a $\pm$ 2,95	9,16a $\pm$ 1,93	9,04a $\pm$ 2,62
	mg/g extracto seco	34,57a $\pm$ 4,99	34,77a $\pm$ 4,22	29,10a $\pm$ 4,22	28,98a $\pm$ 5,41
	mg/g carne	9,56a $\pm$ 1,51	9,40a $\pm$ 1,12	8,70a $\pm$ 1,11	8,70a $\pm$ 1,30
2500 g	g/100 g grasa	10,64a $\pm$ 2,59	9,84a $\pm$ 3,86	12,43a $\pm$ 2,73	8,75a $\pm$ 2,39
	mg/g extracto seco	31,81a $\pm$ 4,90	33,61a $\pm$ 11,67	35,24a $\pm$ 5,77	30,67a $\pm$ 7,50
	mg/g carne	9,15a $\pm$ 1,11	10,10a $\pm$ 3,23	9,92a $\pm$ 1,58	9,23a $\pm$ 2,18

\*C: control (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7); S: 3% de sebo (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7); O: 3% de oleínas (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=7);

A: 3% de aceite de soja (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Los lípidos polares no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos lotes, estando los valores medios comprendidos entre 8,7 y 13,0 g/100 g de grasa, 29,0 y 35,2 mg/g de extracto seco y entre 8,7 y 10,1 mg/g de carne.

Al comparar los resultados de los lípidos polares con los valores medios de la grasa de la carne de los conejos (tablas III.7 y III.8), se pudo observar una relación inversa entre el contenido lipídico de la carne de conejo y el porcentaje de la fracción polar respecto de los lípidos totales. Así, los lotes con mayor cantidad de grasa [en conejos de 2 kg, los lotes alimentados con dietas enriquecidas en oleínas (O) y aceite de soja (A) y en conejos de 2,5 kg, los que recibieron un pienso con un 3% de sebo (S) y un 3% de aceite de soja (A)] presentaron una menor proporción de lípidos polares respecto del total lipídico. Sin embargo, los valores referidos a la carne fueron similares entre los distintos lotes. No obstante, las tasas de lípidos apolares respecto de la carne presentaron una relación directa con el contenido de lípidos totales de la carne, mientras que los niveles de lípidos polares permanecieron relativamente constantes. Por lo tanto, el aumento del contenido de grasa de la carne de conejo que se produjo cuando se aumentó la grasa de la dieta se debió al incremento de los lípidos apolares, ya que los lípidos polares no presentaron variaciones.

Landes y Miller (1975), alimentando ratas con dietas adicionadas de 10% de aceite de cacahuete, cártamo, soja o linaza, observaron que los lípidos totales del hígado disminuyeron en los animales alimentados con aceite de cacahuete y aumentaron en los que consumieron aceite de soja, en comparación con las otras dietas. Estos autores señalaron que esta variación en la concentración de los lípidos totales se debió a

la fracción neutra (principalmente los glicéridos y los ésteres del colesterol), no observando ningún efecto de la dieta en la fracción fosfolípídica.

Cambero (1987), en conejos HYLEA y neozelandeses, también observó que la tasa de fosfolípidos no ofrece, en general, cambios importantes, siendo la fracción apolar la que sufre mayores variaciones respecto del estado fisiológico, la edad, el régimen alimenticio, etc. Igualmente, Cambero *et al* (1991c) observaron en conejos silvestres que la variación en el contenido de lípidos totales en los conejos capturados en distintas estaciones del año se debía principalmente al cambio en la cantidad de lípidos apolares.

Nakanishi y Suyama (1966) mostraron que, aunque los bóvidos tienen grandes diferencias en el contenido lipídico total de los músculos (g/100 g de carne), el contenido de fosfolípidos totales (g/100 g de carne) es bastante constante, siendo las diferencias en el contenido lipídico debidas al incremento de la grasa neutra. Igualmente, Nakanishi y Suyama (1967) observaron que la edad tiene efectos insignificantes en la concentración de fosfolípidos en el ganado vacuno.

En contraste con los lípidos de depósito (triglicéridos), la composición de los lípidos de las membranas celulares (fosfolípidos y colesterol) es constante en todas las especies animales a pesar de las amplias diferencias en dieta y condiciones ambientales (German, 1990).

**III.3.1.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral**

Las tablas III.18 y III.19 recogen los valores medios expresados en g/100 g de grasa, mg/g de extracto seco y mg/g de carne de los lípidos apolares y polares de la grasa de la carne de los conejos alimentados con las dietas control (lote C), un 3% de sebo (lote S-SI), oleínas (lote O-SI) y aceite de soja (lote A-SI) y 18% de soja integral.

No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los distintos lotes, pero comparando los resultados de los lípidos apolares con los valores medios del extracto seco y grasa de la carne de conejo se pudo observar, tanto en la procedente de conejos sacrificados con 2 kg (tabla III.10) como la obtenida a partir de los sacrificados con 2,5 kg (tabla III.11), que los lotes alimentados con dietas adicionadas de 3% de las distintas grasas y 18% de soja integral, que presentaron un mayor contenido de materia seca y grasa que el lote control (aunque sin diferencias significativas), tuvieron una mayor proporción de lípidos apolares que el lote control (C) respecto de la grasa, del extracto seco y de la carne, comprobándose la relación directa entre el contenido lipídico y el porcentaje de la fracción apolar señalada en apartados anteriores.

Igualmente, los valores de lípidos polares hallados en los distintos lotes tampoco mostraron diferencias significativas. De nuevo, los lípidos polares de la carne de los lotes S-SI, O-SI y A-SI mostraron un menor contenido que el lote C cuando los resultados se refirieron al total de grasa, mientras que respecto de la carne no se observaron tales diferencias.

**Tabla III.18.** Lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		C	S-SI	O-SI	A-SI
2000 g	g/100 g grasa	87,5a $\pm$ 2,1	90,9a $\pm$ 2,1	89,4a $\pm$ 4,6	90,9a $\pm$ 2,5
	mg/g extracto seco	245,3a $\pm$ 37,4	310,8a $\pm$ 36,8	300,4a $\pm$ 54,3	310,4a $\pm$ 45,1
	mg/g carne	68,3a $\pm$ 13,8	92,7a $\pm$ 12,2	89,4a $\pm$ 20,8	90,7a $\pm$ 19,9
2500 g	g/100 g grasa	89,4a $\pm$ 2,6	90,5a $\pm$ 2,8	91,2a $\pm$ 2,4	91,5a $\pm$ 1,8
	mg/g extracto seco	277,8a $\pm$ 59,7	304,1a $\pm$ 45,9	309,1a $\pm$ 48,3	338,4a $\pm$ 37,3
	mg/g carne	80,9a $\pm$ 21,5	93,1a $\pm$ 18,7	94,0a $\pm$ 20,6	105,2a $\pm$ 17,8

\*C: control (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6); O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg, n=7; 2,5 kg, n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg, n=7; 2,5 kg, n=7)  
a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

**Tabla III.19.** Lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

Peso de sacrificio	Unidades	Lote*			
		C	S-SI	O-SI	A-SI
2000 g	g/100 g grasa	12,48a $\pm$ 2,06	9,13a $\pm$ 2,14	10,61a $\pm$ 4,64	9,10a $\pm$ 2,55
	mg/g extracto seco	34,57a $\pm$ 4,99	30,73a $\pm$ 5,02	34,18a $\pm$ 11,53	30,07a $\pm$ 4,68
	mg/g carne	9,56a $\pm$ 1,51	9,13a $\pm$ 1,24	9,99a $\pm$ 2,97	8,64a $\pm$ 0,91
2500 g	g/100 g grasa	10,64a $\pm$ 2,59	9,45a $\pm$ 2,82	8,79a $\pm$ 2,41	8,50a $\pm$ 1,79
	mg/g extracto seco	31,81a $\pm$ 4,90	30,79a $\pm$ 6,72	28,98a $\pm$ 4,84	31,01a $\pm$ 4,30
	mg/g carne	9,15a $\pm$ 1,11	9,29a $\pm$ 1,78	8,71a $\pm$ 1,41	9,56a $\pm$ 1,29

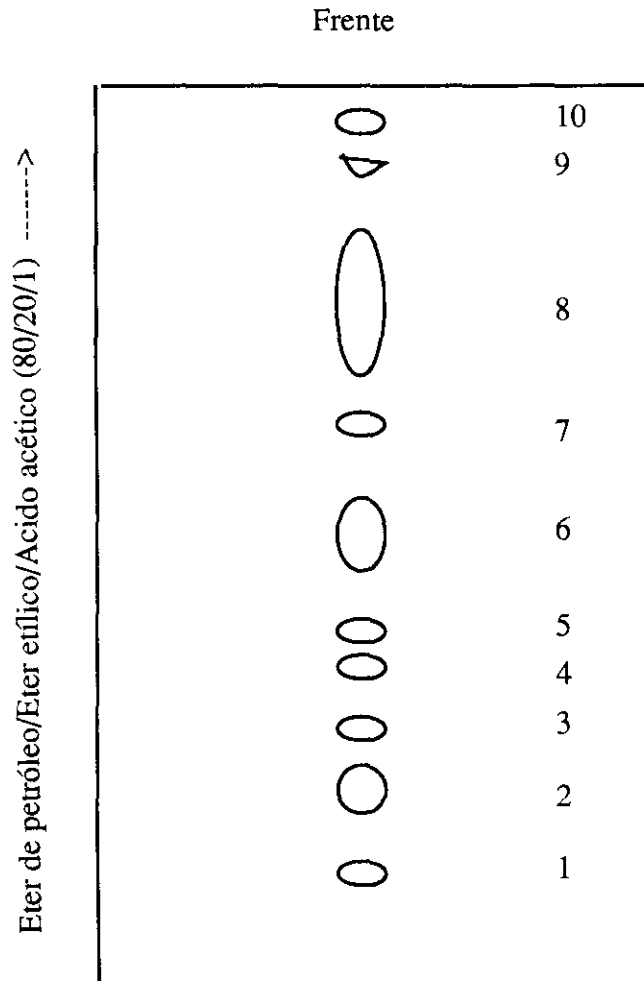
\*C: control (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg, n=6; 2,5 kg, n=6); O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg, n=7; 2,5 kg, n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg, n=7; 2,5 kg, n=7)  
a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

### **III.3.2.- Fraccionamiento de la fracción apolar mediante cromatografía en capa fina**

Los lípidos obtenidos eluyendo las columnas de ácido silícico/celita con cloroformo, se cromatografiaron en capa fina de gel de sílice G-60 que se desarrollaron con éter de petróleo / éter etílico / ácido acético (80/20/1) (v/v/v) (véase II.2.6.3). Cuando se revelaron con el reactivo general (véase II.2.6.4), se detectaron 10 componentes (figura III.1), de los que se identificaron siete (monoglicéridos, diglicéridos, colesterol, ácidos grasos libres, triglicéridos, ésteres del colesterol e hidrocarburos) al presentar los mismos R<sub>f</sub>s que los patrones utilizados (monooleína, dioleína, colesterol, ácido oleico, trioleína, oleato de colesterol y esqualeno, respectivamente). La cuantificación de las sustancias (seis de los siete componentes identificados, no se hizo con los hidrocarburos) se realizó determinando la absorbancia de las distintas manchas que aparecieron en la placa de cromatografía, en un densitómetro a una longitud de onda de 390 nm, de acuerdo con las curvas patrones de monoglicéridos, diglicéridos, colesterol, ácidos grasos libres, triglicéridos y ésteres del colesterol (véase II.2.6.4).

#### **III.3.2.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha**

Las tablas III.20 a III.23 recogen los valores medios (expresados en g/100 g de lípidos apolares y mg/g de carne) de los principales componentes de los lípidos apolares de la carne de los conejos sacrificados con 2 y 2,5 kg, alimentados con las dietas donde se estudió el efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha.



**Figura III.1.** Cromatografía en capa fina de los lípidos apolares. 1: monoglicéridos; 2: diglicéridos; 3: colesterol; 4 y 5: no identificados; 6: ácidos grasos libres; 7: no identificado; 8: triglicéridos; 9: hidrocarburos; 10: ésteres del colesterol

**Tabla III.20.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Monoglicéridos (1)	0,24a $\pm$ 0,02	0,55a $\pm$ 0,33	0,22a $\pm$ 0,04	0,30a $\pm$ 0,11
Diglicéridos (2)	2,82a $\pm$ 1,62	3,53a $\pm$ 0,76	2,21a $\pm$ 0,44	3,65a $\pm$ 1,56
Colesterol	0,37a $\pm$ 0,09	0,57a $\pm$ 0,31	0,25a $\pm$ 0,14	0,34a $\pm$ 0,11
Acidos grasos libres (3)	0,54a $\pm$ 0,12	1,02a $\pm$ 0,84	0,25a $\pm$ 0,22	0,77a $\pm$ 0,68
Triglicéridos (4)	95,59a $\pm$ 1,71	93,52a $\pm$ 1,82	96,78a $\pm$ 0,42	94,53a $\pm$ 2,38
Esteres del colesterol (5)	0,43a $\pm$ 0,12	0,76a $\pm$ 0,42	0,29a $\pm$ 0,14	0,41a $\pm$ 0,16

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.21.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Monoglicéridos (1)	0,19a $\pm$ 0,04	0,26a $\pm$ 0,21	0,20a $\pm$ 0,08	0,19a $\pm$ 0,05
Diglicéridos (2)	2,19a $\pm$ 1,29	1,52a $\pm$ 0,48	1,92a $\pm$ 0,71	2,23a $\pm$ 0,69
Colesterol	0,28a $\pm$ 0,09	0,22a $\pm$ 0,10	0,21a $\pm$ 0,15	0,21a $\pm$ 0,04
Acidos grasos libres (3)	0,43a $\pm$ 0,15	0,46a $\pm$ 0,42	0,19a $\pm$ 0,15	0,43a $\pm$ 0,24
Triglicéridos (4)	74,10a $\pm$ 14,70	40,78b $\pm$ 9,82	83,25a $\pm$ 22,16	62,30ab $\pm$ 15,78
Esteres del colesterol (5)	0,33a $\pm$ 0,11	0,30a $\pm$ 0,13	0,25a $\pm$ 0,14	0,26a $\pm$ 0,07

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.22.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Monoglicéridos (1)	0,39a $\pm$ 0,37	0,29a $\pm$ 0,02	0,21a $\pm$ 0,05	0,29a $\pm$ 0,10
Diglicéridos (2)	3,38a $\pm$ 1,19	3,68a $\pm$ 1,06	2,91a $\pm$ 1,82	3,82a $\pm$ 1,57
Colesterol	0,21a $\pm$ 0,04	0,24a $\pm$ 0,23	0,32a $\pm$ 0,24	0,17a $\pm$ 0,11
Acidos grasos libres (3)	0,80a $\pm$ 0,53	0,68a $\pm$ 0,38	0,45a $\pm$ 0,40	0,64a $\pm$ 0,27
Triglicéridos (4)	94,68a $\pm$ 1,68	94,82a $\pm$ 1,06	95,77a $\pm$ 2,22	94,56a $\pm$ 1,81
Esteres del colesterol (5)	0,26a $\pm$ 0,02	0,27a $\pm$ 0,22	0,34a $\pm$ 0,25	0,21a $\pm$ 0,08

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.23.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
Monoglicéridos (1)	0,36a $\pm$ 0,34	0,21a $\pm$ 0,04	0,18a $\pm$ 0,05	0,23a $\pm$ 0,06
Diglicéridos (2)	3,05a $\pm$ 0,76	2,84a $\pm$ 1,31	2,28a $\pm$ 1,20	3,33a $\pm$ 1,76
Colesterol	0,19a $\pm$ 0,05	0,15a $\pm$ 0,09	0,24a $\pm$ 0,16	0,14a $\pm$ 0,06
Acidos grasos libres (3)	0,69a $\pm$ 0,33	0,50a $\pm$ 0,35	0,34a $\pm$ 0,24	0,55a $\pm$ 0,25
Triglicéridos (4)	89,39a $\pm$ 18,06	70,21a $\pm$ 21,21	84,79a $\pm$ 27,22	78,87a $\pm$ 15,02
Esteres del colesterol (5)	0,22a $\pm$ 0,07	0,17a $\pm$ 0,08	0,26a $\pm$ 0,17	0,17a $\pm$ 0,04

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6);

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)

a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

En las tablas, puede observarse que los triglicéridos fueron, en todos los casos, el componente mayoritario, con valores comprendidos entre el 93 y el 97% del total de lípidos apolares. De los demás componentes, los que siguieron a los triglicéridos en relación con su riqueza fueron los diglicéridos (2-3%), mientras del resto, ninguno alcanzó el 1% [ácidos grasos libres (0,25-1,02%), ésteres del colesterol (0,21-0,76%), colesterol (0,17-0,57%) y monoglicéridos (0,21-0,55%)].

Camero *et al* (1991a) encontraron unos valores de triglicéridos en carne de conejos de cría industrial algo inferiores, entre el 80 y el 91%. La diferencia puede deberse a que estos autores cuantificaron los hidrocarburos y que los siete componentes representaron alrededor del 97% del total de lípidos apolares, mientras que en este trabajo se ha considerado que las seis sustancias apolares antes mencionadas representaban el 100%. Camero *et al* (1991c), en la carne de conejos silvestres, encontraron una cantidad de triglicéridos aún más baja (entre 59,4 y 83,9% de los lípidos apolares). Tales diferencias entre los animales alimentados con dietas controladas y los de vida libre eran de esperar puesto que la disponibilidad de nutrientes en los animales de vida libre es variable, dependiendo de la época estacional, mientras que en los de cría industrial el suministro de alimentos es regular.

Romans *et al* (1974), en la grasa intramuscular, encontraron que los triglicéridos constituían el 90,9% del total de lípidos apolares, mientras que sólo alcanzaban el 50% en la grasa intramuscular debido a la alta concentración de fosfolípidos (45%), una vez eliminados los lípidos intermusculares.

Del resto de glicéridos, tanto en conejos industriales (Camero, 1987) como

en conejos silvestres (Cambero *et al*, 1991c), se ha descrito un contenido medio de monoglicéridos del 3,5% del total de lípidos apolares, superior a los valores obtenidos en este trabajo, debido probablemente al distinto método de cuantificación. Estos autores lo hicieron por el método de Rapport y Alonzo (1955), basado en la determinación del contenido de grupos ácido esterificados mediante la absorbancia del derivado de hidroxamato férrico de los ácidos grasos después de la hidroxiaminólisis del lípido. No obstante, los valores de diglicéridos hallados en este trabajo fueron similares a los obtenidos por Cambero (1987) y Cambero *et al* (1991c) con un 4 y un 3% de los lípidos apolares, respectivamente.

Romans *et al* (1974) obtuvieron valores similares a los hallados en este trabajo para los ácidos grasos libres en los lípidos intramusculares (alrededor del 1% de la fracción apolar). Sin embargo, fueron menores que los señalados por Cambero (1987) en conejos de cría industrial, con valores que oscilaron entre 1 y 3% de la fracción lipídica apolar, y por Cambero *et al* (1991c) en conejos silvestres con un contenido entre 1,9 y 3,6% del total de los lípidos apolares. No obstante, los valores expresados respecto de la carne (alrededor del 0,58%) fueron superiores a los obtenidos por Cambero (1987) con un 0,13% del tejido muscular o los señalados por Reddy *et al* (1978) para la carne fresca de conejo (0,25%). Los diferentes resultados se deben probablemente a los distintos procedimientos de extracción y cuantificación, aunque también pueden atribuirse en el caso de Romans *et al* (1974) a la región de la canal considerada, ya que estos autores utilizaron grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi*, mientras que en este trabajo y en los de Cambero y colaboradores se ha empleado la canal entera.

Los contenidos de colesterol libre y esterificado aquí obtenidos fueron similares a los señalados por Cambero (1987) en conejos HYLEA y neozelandeses blancos (0,2-1% de colesterol libre y 0,3-2% de colesterol esterificado). Sin embargo, los conejos silvestres (Cambero *et al*, 1991c) presentaron un mayor contenido de colesterol libre (1,2-8,4% de los lípidos apolares) y esterificado (2,7-9,5% del total lipídico apolar), lo que, no cabe duda, se debe a que los animales de vida libre acumulan una menor proporción de lípidos de depósito, fundamentalmente triglicéridos. Además, en estos conejos, este acúmulo depende, de forma importante, del suministro de alimento que está relacionado con la época estacional. Así, Cambero *et al* (1991c), en conejos silvestres, señalaron un menor contenido de triglicéridos en los conejos capturados en invierno (los de menor cantidad de grasa) y una mayor proporción en los de primavera y verano (los de un mayor porcentaje de grasa). Cambero (1987) también observó, salvo en los conejos lactantes, un predominio de los ésteres del colesterol independientemente de que procedieran de conejos silvestres o de cría dirigida. El colesterol no está primariamente asociado con el tejido adiposo de almacenamiento, así que bajando el nivel de grasa total en la carne no decrece el contenido de colesterol (Moran, 1986). Igualmente, no es probable que la dieta o la raza influya en la reducción del contenido de colesterol en el animal, ya que es un componente imprescindible de la membrana celular para la realización de actividades vitales (German, 1990).

Por lo tanto, la mayor acumulación de grasa en la carne de los conejos se debe principalmente a los triglicéridos. Landes y Miller (1975) indicaron que el incremento de lípidos apolares de los hígados de ratas alimentadas con dietas adicionadas de aceite de soja ocurrió principalmente gracias a los glicéridos. En este trabajo no se observó un

aumento del contenido de monoglicéridos o diglicéridos al aumentar la grasa de la carne.

En el tratamiento estadístico, se encontraron únicamente diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en conejos sacrificados con 2 kg de peso, en el lote 0/50 respecto a los otros tres lotes para los triglicéridos, cuando se expresaron los resultados en mg/g de carne (tabla III.21). Dicho lote presentó un valor medio de triglicéridos inferior al de los otros tres, lo que deriva del menor contenido de grasa de este lote (véase tabla III.4). En conejos sacrificados con 2,5 kg, no se encontraron diferencias significativas.

No se ha encontrado que la sustitución de cebada por pulpa de remolacha tenga influencia significativa en el contenido de colesterol y de ésteres del colesterol de la carne. Igualmente, Holmes *et al* (1984) no observaron una reducción en el contenido de colesterol de la carne cuando los niveles de alfalfa de la dieta se incrementaron del 28 al 54 y 74%. Sin embargo, Cookson *et al* (1967) señalaron que la alfalfa de la dieta ocasiona una disminución pronunciada del contenido de colesterol sérico de los conejos debido a su riqueza en saponinas. Además, cuando se alimenta a los conejos con una dieta baja en fibra, aterogénica, son muy susceptibles a la hipercolesterolemia y a la aterosclerosis y, por ello, se han utilizado como animal modelo en tales estudios (Moore y Williams, 1966). Cheeke (1971) sugirió que las dietas con altos niveles de alfalfa podrían ser utilizadas para bajar los niveles de colesterol de la carne. El bajo contenido de colesterol (libre y esterificado) que algunos autores encuentran en la carne de conejo puede atribuirse, en parte, a la naturaleza fibrosa de su dieta. Sin embargo, parece ser que el contenido de colesterol sérico no guarda relación con la tasa de colesterol de la

carne (Lukefahr *et al*, 1989).

En este trabajo, ni el peso de los conejos ni el contenido de grasa de la carne afectaron al contenido de colesterol. Igualmente, Lukefahr *et al* (1989) encontraron bajos coeficientes de correlación entre el contenido de colesterol total de la carne de conejo y el porcentaje de lípidos totales, el peso vivo y en canal de los conejos. Asimismo, Wheeler *et al* (1987) obtuvieron semejantes resultados en el ganado vacuno. Los niveles de colesterol sérico en el ganado vacuno están más relacionados con los parámetros relativos al crecimiento y la canal que los niveles de colesterol de la carne (Stufflebean y Lasley, 1969; Wheeler *et al*, 1987). Consideraciones similares se pueden hacer para las aves (Wilcox *et al*, 1963).

### **III.3.2.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa**

En las tablas III.24 a III.27 se recogen los resultados correspondientes a las muestras procedentes de los distintos lotes de conejos alimentados con las dietas adicionadas de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas y aceite de soja), sacrificados con 2 y 2,5 kg de peso, expresados en g/100 g de lípidos apolares y mg/g de carne.

Los valores para los diferentes componentes fueron similares a los obtenidos con los conejos alimentados con dietas donde se estudió el efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha: triglicéridos (92,1-95,8% del total de lípidos apolares), diglicéridos (2,4-5,7%), ácidos grasos libres (0,38-1,26%), ésteres del colesterol (0,25-0,43%), colesterol (0,17-0,33%) y monoglicéridos (0,29-0,73%).

**Tabla III.24.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	C	S	O	A
Monoglicéridos (1)	0,73a $\pm$ 0,43	0,56a $\pm$ 0,24	0,30a $\pm$ 0,19	0,29a $\pm$ 0,27
Diglicéridos (2)	3,76a $\pm$ 0,55	3,88a $\pm$ 1,32	3,80a $\pm$ 1,53	3,66a $\pm$ 1,53
Colesterol	0,23a $\pm$ 0,03	0,25a $\pm$ 0,05	0,21a $\pm$ 0,04	0,26a $\pm$ 0,08
Acidos grasos libres (3)	1,26a $\pm$ 0,54	0,80a $\pm$ 0,51	0,73a $\pm$ 0,48	0,61a $\pm$ 0,59
Triglicéridos (4)	93,65a $\pm$ 0,93	94,14a $\pm$ 1,73	94,63a $\pm$ 2,09	94,83a $\pm$ 2,24
Esteres del colesterol (5)	0,38a $\pm$ 0,11	0,36a $\pm$ 0,09	0,33a $\pm$ 0,07	0,34a $\pm$ 0,09

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.25.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	C	S	O	A
Monoglicéridos (1)	0,49a $\pm$ 0,27	0,35a $\pm$ 0,13	0,25a $\pm$ 0,15	0,23a $\pm$ 0,15
Diglicéridos (2)	2,52a $\pm$ 0,32	2,41a $\pm$ 0,62	3,27a $\pm$ 1,26	3,15a $\pm$ 0,85
Colesterol	0,16a $\pm$ 0,04	0,16a $\pm$ 0,04	0,19a $\pm$ 0,02	0,24a $\pm$ 0,08
Acidos grasos libres (3)	0,83a $\pm$ 0,39	0,53a $\pm$ 0,34	0,64a $\pm$ 0,41	0,48a $\pm$ 0,45
Triglicéridos (4)	64,04a $\pm$ 13,56	60,94a $\pm$ 12,28	83,07a $\pm$ 11,08	87,07a $\pm$ 19,97
Esteres del colesterol (5)	0,24a $\pm$ 0,04	0,24a $\pm$ 0,08	0,29a $\pm$ 0,08	0,32a $\pm$ 0,13

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.26.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	C	S	O	A
Monoglicéridos (1)	0,54a $\pm$ 0,39	0,55a $\pm$ 0,42	0,46a $\pm$ 0,30	0,34a $\pm$ 0,28
Diglicéridos (2)	4,07ab $\pm$ 1,45	4,83ab $\pm$ 1,52	5,67a $\pm$ 0,68	3,01b $\pm$ 1,43
Colesterol	0,29a $\pm$ 0,15	0,22a $\pm$ 0,07	0,33a $\pm$ 0,23	0,17a $\pm$ 0,02
Acidos grasos libres (3)	0,68a $\pm$ 0,51	0,97a $\pm$ 0,70	0,95a $\pm$ 0,49	0,38a $\pm$ 0,32
Triglicéridos (4)	94,04ab $\pm$ 1,92	93,12ab $\pm$ 2,46	92,16a $\pm$ 1,35	95,85b $\pm$ 1,68
Esteres del colesterol (5)	0,37a $\pm$ 0,11	0,32a $\pm$ 0,07	0,43a $\pm$ 0,19	0,25a $\pm$ 0,08

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente (p<0,05)

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.27.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de los conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	C	S	O	A
Monoglicéridos (1)	0,42a $\pm$ 0,27	0,48a $\pm$ 0,33	0,32a $\pm$ 0,20	0,33a $\pm$ 0,27
Diglicéridos (2)	3,22a $\pm$ 1,07	4,55a $\pm$ 1,39	4,04a $\pm$ 0,76	2,94a $\pm$ 1,45
Colesterol	0,22a $\pm$ 0,08	0,21a $\pm$ 0,06	0,22a $\pm$ 0,11	0,16a $\pm$ 0,02
Acidos grasos libres (3)	0,53a $\pm$ 0,35	0,90a $\pm$ 0,63	0,67a $\pm$ 0,37	0,37a $\pm$ 0,32
Triglicéridos (4)	76,26a $\pm$ 21,06	90,24a $\pm$ 18,19	66,15a $\pm$ 13,63	93,02a $\pm$ 8,40
Esteres del colesterol (5)	0,30a $\pm$ 0,09	0,31a $\pm$ 0,08	0,30a $\pm$ 0,09	0,24a $\pm$ 0,08

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

En conejos sacrificados con 2 kg de peso no se encontraron diferencias significativas, mientras que en conejos sacrificados con 2,5 kg de peso se encontraron únicamente diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los lotes enriquecidos con un 3% de oleínas (lote O) y aceite de soja (lote A) para diglicéridos y triglicéridos.

Igualmente que la sustitución de cebada por pulpa de remolacha, la adición de 3% de distintas grasas a la dieta no influyó en el contenido de colesterol, tanto libre como esterificado, de la carne de conejo. Jurgens *et al* (1970), utilizando una dieta control y otras dos adicionadas de aceite de cártamo (grasa insaturada) y de coco (grasa saturada), observaron en cerdos que, aunque el nivel de colesterol en sangre aumentó significativamente por la adición de grasa a la dieta, sobre todo el aceite de coco, el contenido de colesterol de la grasa intramuscular de los cerdos fue bastante similar, con sólo pequeñas variaciones debidas a la dieta. Esta observación concuerda con la aseveración de Lukefahr *et al* (1989) por la cual el contenido de colesterol sérico no guarda relación con la tasa de colesterol de la carne. Landes y Miller (1975) observaron que el colesterol total del hígado de rata no se veía afectado por la adición a la dieta de diferentes tipos de grasa pero, sin embargo, los ésteres de colesterol aumentaron cuando el contenido de grasa del hígado fue mayor.

#### **III.3.2.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral**

Los datos correspondientes a los conejos alimentados con las dietas adicionadas de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) y un 18% de soja integral se muestran desde la tabla III.28 a la III.31.

**Tabla III.28.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	C	S-SI	O-SI	A-SI
Monoglicéridos (1)	0,73a $\pm$ 0,43	0,30a $\pm$ 0,19	0,45a $\pm$ 0,16	0,59a $\pm$ 0,51
Diglicéridos (2)	3,76a $\pm$ 0,55	3,34a $\pm$ 1,46	4,76a $\pm$ 1,15	3,23a $\pm$ 1,19
Colesterol	0,23a $\pm$ 0,03	0,18a $\pm$ 0,11	0,27a $\pm$ 0,14	0,15a $\pm$ 0,12
Acidos grasos libres (3)	1,26a $\pm$ 0,54	0,76a $\pm$ 0,61	0,46a $\pm$ 0,28	0,79a $\pm$ 0,78
Triglicéridos (4)	93,65a $\pm$ 0,93	95,13a $\pm$ 2,17	93,69a $\pm$ 1,38	95,00a $\pm$ 2,41
Esteres del colesterol (5)	0,38a $\pm$ 0,11	0,27a $\pm$ 0,09	0,37a $\pm$ 0,16	0,24a $\pm$ 0,11

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.29.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

Componentes	Lote*			
	C	S-SI	O-SI	A-SI
Monoglicéridos (1)	0,49a $\pm$ 0,27	0,27a $\pm$ 0,12	0,42a $\pm$ 0,25	0,46a $\pm$ 0,32
Diglicéridos (2)	2,52a $\pm$ 0,32	3,04ab $\pm$ 1,26	4,18b $\pm$ 1,05	2,73a $\pm$ 0,59
Colesterol	0,16a $\pm$ 0,04	0,17a $\pm$ 0,22	0,24a $\pm$ 0,28	0,14a $\pm$ 0,23
Acidos grasos libres (3)	0,83a $\pm$ 0,39	0,67a $\pm$ 0,46	0,38a $\pm$ 0,20	0,60a $\pm$ 0,46
Triglicéridos (4)	64,04a $\pm$ 13,56	88,39a $\pm$ 12,97	83,87a $\pm$ 20,08	86,51a $\pm$ 20,82
Esteres del colesterol (5)	0,24a $\pm$ 0,04	0,24a $\pm$ 0,07	0,32a $\pm$ 0,08	0,21a $\pm$ 0,04

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.30.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; g/100 g lípidos apolares) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	C	S-SI	O-SI	A-SI
Monoglicéridos (1)	0,54a $\pm$ 0,39	0,30a $\pm$ 0,09	0,48a $\pm$ 0,18	0,31a $\pm$ 0,25
Diglicéridos (2)	4,07a $\pm$ 1,45	4,18a $\pm$ 1,35	4,16a $\pm$ 1,33	4,60a $\pm$ 0,41
Colesterol	0,29a $\pm$ 0,15	0,18a $\pm$ 0,02	0,25a $\pm$ 0,07	0,17a $\pm$ 0,02
Acidos grasos libres (3)	0,68a $\pm$ 0,51	0,80a $\pm$ 0,53	0,75a $\pm$ 0,41	0,94a $\pm$ 0,14
Triglicéridos (4)	94,04a $\pm$ 1,92	94,26a $\pm$ 1,91	94,03a $\pm$ 1,71	93,74a $\pm$ 0,57
Esteres del colesterol (5)	0,37a $\pm$ 0,11	0,27a $\pm$ 0,09	0,33a $\pm$ 0,08	0,24a $\pm$ 0,09

\*C: control (n=7); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

**Tabla III.31.** Principales componentes (media  $\pm$  desviación estándar; mg/g carne) de los lípidos apolares de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

Componentes	Lote*			
	C	S-SI	O-SI	A-SI
Monoglicéridos (1)	0,42a $\pm$ 0,27	0,28a $\pm$ 0,10	0,44a $\pm$ 0,15	0,29a $\pm$ 0,17
Diglicéridos (2)	3,22a $\pm$ 1,07	3,78a $\pm$ 1,11	3,81a $\pm$ 1,31	4,81a $\pm$ 0,75
Colesterol	0,22a $\pm$ 0,08	0,17a $\pm$ 0,04	0,23a $\pm$ 0,09	0,18a $\pm$ 0,03
Acidos grasos libres (3)	0,53a $\pm$ 0,35	0,72a $\pm$ 0,49	0,66a $\pm$ 0,35	0,99a $\pm$ 0,23
Triglicéridos (4)	76,26a $\pm$ 21,06	87,88a $\pm$ 18,58	88,55a $\pm$ 20,24	98,70a $\pm$ 17,10
Esteres del colesterol (5)	0,30a $\pm$ 0,09	0,24a $\pm$ 0,06	0,30a $\pm$ 0,06	0,25a $\pm$ 0,07

\*C: control (n=7); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a: No se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ )

Expresados en términos de: (1) monooleína; (2) dioleína; (3) ácido oleico; (4) trioleína; (5) oleato de colesterol

Los valores medios hallados de los diferentes componentes lipídicos fueron similares a los obtenidos en los lotes de las experiencias anteriores: triglicéridos (93,7-95,1% del total de lípidos apolares), diglicéridos (3,23-4,76%), ácidos grasos libres (0,46-0,94%), ésteres del colesterol (0,24-0,37%), colesterol (0,17-0,27%) y monoglicéridos (0,30-0,59%).

No se encontraron diferencias significativas, ni en lotes de conejos sacrificados con 2 kg, ni en los sacrificados con 2,5 kg de peso, excepto un mayor contenido de diglicéridos en el lote O-SI (enriquecidos con un 3% de oleínas) de conejos de 2 kg con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto al lote C (control) y al A-SI (con un 3% de aceite de soja), cuando se expresaron los resultados en mg/g de carne. Este resultado hay que considerarlo como esporádico; téngase en cuenta que sólo se observó esa diferencia significativa para los diglicéridos de un lote, el O-SI, y en el grupo de conejos de 2 kg. Probablemente, el resultado no es un verdadero efecto de la dieta y la diferencia derive de la propia cromatografía en capa fina dado que, por una parte, son valores muy pequeños, del orden del 0,2-0,4% del total de la carne, que pueden verse afectados por un desarrollo cromatográfico incorrecto y, por otra, el bajo Rf correspondiente a los diglicéridos (aproximadamente 0,11) puede que, en algunas cromatografías, no permita la neta separación de otras sustancias de comportamiento cromatográfico similar, como los monoglicéridos, de Rf bastante próximo (aproximadamente 0,02).

Teniendo presente las consideraciones anteriores, hay que concluir que el enriquecimiento de la dieta de conejos hasta un 6% de grasa no influye, en términos generales, en la composición lipídica cuantitativa de la carne de estos animales.

#### III.3.2.4.- Colesterol

A partir de las tablas anteriores, se ha elaborado la III.32 donde se recoge el contenido de colesterol total (libre y esterificado) de cada lote referido a la grasa apolar, lípidos totales, extracto seco y carne. Los valores oscilaron entre 1,04 y 2,13 mg/g de extracto seco, con un valor medio de 1,59 mg/g.

Los valores de colesterol total fueron similares a los señalados por otros autores para conejos domésticos como Lukefahr *et al* (1989), quienes ofrecieron tasas de colesterol de 163,6 mg/100 g de extracto seco, o Janieri (1987), que informó de una cifra (169 mg/100 g de materia seca) prácticamente igual. Otros autores obtuvieron valores superiores como Holmes *et al* (1984), con 288 mg/100 g de materia seca, Lee y Ahn (1977), con 294 mg/100 g de extracto seco, o el USDA (1963), que señaló un contenido de colesterol de 267 mg/100 g de materia seca, basándose en datos de investigaciones independientes, aunque el trabajo del USDA no indique la fuente y la naturaleza de estas investigaciones. Similares conclusiones a las realizadas para los valores del USDA, pueden hacerse para los datos recogidos en la 5ª edición de la obra "McCance and Widdowson's the composition of foods" (Holland *et al*, 1991), en la que puede calcularse un contenido de colesterol en la carne de conejo de 279 mg/100 g, expresados en términos de extracto seco. Valores aún mayores (473 mg/100 g de extracto seco) han sido descritos por Rao *et al* (1979). Sin embargo, otros autores encontraron valores inferiores como Cheeke *et al* (1982), que señalaron un contenido de colesterol de 136 mg/100 g de extracto seco.

**Tabla III.32.** Colesterol libre y ésteres del colesterol de la carne de conejos

Lote*	2 kg				2,5 kg			
	1	2	3	4	1	2	3	4
50/0	0,80	0,71	2,13	0,61	0,47	0,43	1,51	0,41
0/50	1,33	1,02	2,12	0,52	0,51	0,44	1,15	0,32
30/0	0,54	0,48	1,57	0,46	0,66	0,56	1,79	0,50
15/15	0,75	0,65	1,78	0,47	0,38	0,35	1,04	0,31
C	0,61	0,53	1,45	0,40	0,66	0,60	1,81	0,52
S	0,61	0,54	1,49	0,38	0,54	0,49	1,69	0,52
O	0,54	0,48	1,58	0,48	0,76	0,66	1,85	0,52
A	0,60	0,55	1,83	0,56	0,42	0,30	1,36	0,40
S-SI	0,45	0,40	1,37	0,41	0,45	0,40	1,34	0,41
O-SI	0,64	0,57	1,90	0,56	0,58	0,52	1,77	0,53
A-SI	0,39	0,36	1,21	0,35	0,41	0,38	1,38	0,43

\* Véase tablas III.1 y III.2

2 kg: conejos sacrificados con 2 kg de peso

2,5 kg: conejos sacrificados con 2,5 kg de peso

1: g/100 g lípidos apolares; 2: g/100 g grasa;

3: mg/g extracto seco; 4: mg/g carne

Al comparar con la carne de otras especies de abasto, Janieri (1987) señaló que la carne de conejo tenía un valor de colesterol (169 mg/100 g de materia seca) inferior a la de vacuno (348), pollo (220) y cerdo (323). No obstante, Lee y Ahn (1977) encontraron en la carne de vacuno unos niveles de colesterol inferiores (238 mg/100 g de extracto seco) a los que hallaron en las carnes de otras especies como la de conejo (294), cerdo (320) y pollo (440). En la obra "McCance and Widdowson's the composition of foods" (Holland *et al*, 1991), puede calcularse un contenido de colesterol inferior en las carnes de pollo (223 mg/100 g de materia seca), vacuno (227), cerdo (242), pavo (249) y cordero (264) que en la carne de conejo (279 mg/100 g de materia seca), la cual sólo es superada por la carne de pato (440 mg/100 g de materia seca).

Por los trabajos revisados, aunque algunos autores (Holmes *et al*, 1984; Janieri, 1987; Lukefahr *et al*, 1989) hayan señalado que la carne de conejo presenta un contenido en colesterol más bajo que otras carnes, parece lógico concluir, de acuerdo con los datos ofrecidos anteriormente, que todas las carnes de animales de abasto presentan, en términos generales, tasas similares de colesterol. Sin embargo, en este trabajo se ha encontrado valores menores a los señalados en otras carnes. Probablemente, estas diferencias puedan explicarse teniendo en cuenta que en unos y otros casos los métodos analíticos son distintos.

### III.4.- INFLUENCIA DE LA DIETA Y EL PESO DE SACRIFICIO EN LOS ACIDOS GRASOS DEL EXTRACTO LIPIDICO TOTAL Y DE LAS FRACCIONES LIPIDICAS APOLARES Y POLARES

#### III.4.1.- Efecto de la sustitución de cebada por pulpa de remolacha

La composición en ácidos grasos y el índice de iodo de los lípidos totales de los conejos alimentados con dietas donde se ha estudiado la sustitución de cebada por pulpa de remolacha se muestran en las tablas III.33 (conejos de 2 kg) y III.34 (conejos de 2,5 kg). En el extracto lipídico total de estos animales, se han identificado más de veinte ácidos grasos diferentes. Sólo los más abundantes se recogen en las tablas. El ácido graso mayoritario fue el C-16:0 (34-36%). Otros ácidos grasos abundantes fueron el C-18:1 (25-29%), el C-18:2 (13-17%), y en menor porcentaje el C-18:0 (7-10%), el C-16:1 (4-8%) y el C-14:0 (3-4%). El índice de iodo varió de 63 a 68. Estos resultados son comparables a los obtenidos por otros autores (Canale *et al*, 1966; Battaglini y Costantini, 1971; Ciruzzi *et al*, 1973; Zegarska *et al*, 1979; Matter, 1981; Kühne *et al*, 1986).

Las tablas III.35 y III.36 recogen la composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción apolar, siendo muy similar a la hallada en el extracto lipídico total, lo que era de esperar dado que esta fracción comprende alrededor del 90% de los lípidos totales (véase III.3.1). Sí hay que apuntar que en la fracción apolar, en comparación con la total, no se detectó ácido araquidónico (C-20:4), lo que indica el origen fosfolipídico de este ácido. Por ello, el índice de iodo (59-65) fue algo

**Tabla III.33.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	50/0		0/50		30/0		15/15	
C-14:0	4,34a	$\pm$ 0,59	3,82a	$\pm$ 0,19	3,81a	$\pm$ 0,42	3,69a	$\pm$ 0,51
C-16:0	36,42a	$\pm$ 1,77	36,28a	$\pm$ 0,88	35,21a	$\pm$ 2,14	34,25a	$\pm$ 1,98
C-16:1	6,43a	$\pm$ 1,63	3,92a	$\pm$ 1,23	6,87a	$\pm$ 2,11	5,78a	$\pm$ 1,49
C-18:0	7,99ab	$\pm$ 1,09	9,89a	$\pm$ 0,46	7,92b	$\pm$ 1,06	8,57ab	$\pm$ 0,84
C-18:1	27,69a	$\pm$ 2,82	25,74a	$\pm$ 2,07	29,96a	$\pm$ 1,89	28,77a	$\pm$ 1,55
C-18:2	15,00a	$\pm$ 1,92	17,36a	$\pm$ 1,61	14,18a	$\pm$ 3,26	16,69a	$\pm$ 4,39
C-18:3	1,43a	$\pm$ 0,08	1,75a	$\pm$ 0,24	1,61a	$\pm$ 0,54	1,37a	$\pm$ 0,28
C-20:4	0,70a	$\pm$ 0,15	1,24a	$\pm$ 0,42	0,56a	$\pm$ 0,22	0,88a	$\pm$ 0,57
Indice de iodo	64,69a	$\pm$ 2,77	67,37a	$\pm$ 1,82	65,68a	$\pm$ 4,45	68,46a	$\pm$ 7,79

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.34.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	50/0		0/50		30/0		15/15	
C-14:0	3,98a	$\pm$ 0,54	3,90a	$\pm$ 0,39	3,84a	$\pm$ 0,79	3,61a	$\pm$ 0,32
C-16:0	35,13a	$\pm$ 1,92	36,50a	$\pm$ 1,29	34,20a	$\pm$ 2,61	34,94a	$\pm$ 1,43
C-16:1	7,02a	$\pm$ 0,89	6,16a	$\pm$ 2,09	7,22a	$\pm$ 1,87	7,76a	$\pm$ 1,09
C-18:0	7,32a	$\pm$ 0,74	9,01a	$\pm$ 0,68	8,40a	$\pm$ 1,26	9,19a	$\pm$ 0,96
C-18:1	29,01a	$\pm$ 2,06	27,67a	$\pm$ 1,71	29,37a	$\pm$ 2,39	29,57a	$\pm$ 1,45
C-18:2	15,16a	$\pm$ 1,73	14,84a	$\pm$ 2,64	14,88a	$\pm$ 3,11	13,24a	$\pm$ 2,69
C-18:3	1,71a	$\pm$ 0,72	1,25a	$\pm$ 0,15	1,38a	$\pm$ 0,19	1,16a	$\pm$ 0,15
C-20:4	0,66a	$\pm$ 0,41	0,66a	$\pm$ 0,16	0,58a	$\pm$ 0,29	0,53a	$\pm$ 0,13
Indice de iodo	67,38a	$\pm$ 3,87	63,50a	$\pm$ 3,13	66,23a	$\pm$ 4,08	63,21a	$\pm$ 4,42

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

**Tabla III.35.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-14:0	4,44a $\pm$ 0,62	4,59a $\pm$ 0,74	4,07a $\pm$ 0,34	3,92a $\pm$ 0,34
C-16:0	35,30ab $\pm$ 1,55	38,46a $\pm$ 1,81	36,31ab $\pm$ 1,76	34,59b $\pm$ 1,69
C-16:1	6,62a $\pm$ 1,68	4,21a $\pm$ 0,89	7,24a $\pm$ 1,90	6,11a $\pm$ 1,35
C-18:0	6,87a $\pm$ 0,80	10,87b $\pm$ 1,02	7,82ac $\pm$ 0,50	8,91bc $\pm$ 1,26
C-18:1	30,26a $\pm$ 2,60	24,93b $\pm$ 1,72	30,00a $\pm$ 1,25	29,01a $\pm$ 1,15
C-18:2	14,92a $\pm$ 2,23	15,27a $\pm$ 1,82	13,03a $\pm$ 2,76	15,99a $\pm$ 4,06
C-18:3	1,57a $\pm$ 0,17	1,67a $\pm$ 0,39	1,52a $\pm$ 0,52	1,39a $\pm$ 0,34
Índice de iodo	65,07a $\pm$ 2,35	58,80a $\pm$ 3,65	61,92a $\pm$ 3,71	64,87a $\pm$ 5,29

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a,b,c: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.36.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	50/0		0/50		30/0		15/15	
C-14:0	4,20a	$\pm$ 0,50	3,94a	$\pm$ 0,32	4,01a	$\pm$ 0,48	3,57a	$\pm$ 0,31
C-16:0	35,19a	$\pm$ 1,71	35,98a	$\pm$ 1,22	34,96a	$\pm$ 1,63	34,60a	$\pm$ 2,04
C-16:1	7,26a	$\pm$ 0,65	6,57a	$\pm$ 2,54	7,57a	$\pm$ 1,64	8,27a	$\pm$ 1,24
C-18:0	7,31a	$\pm$ 0,63	8,74a	$\pm$ 0,78	8,64a	$\pm$ 1,31	9,19a	$\pm$ 0,86
C-18:1	29,88a	$\pm$ 2,39	28,70a	$\pm$ 2,23	29,16a	$\pm$ 1,70	30,60a	$\pm$ 2,80
C-18:2	14,40a	$\pm$ 1,47	14,64a	$\pm$ 2,56	14,15a	$\pm$ 2,64	12,61a	$\pm$ 2,43
C-18:3	1,74a	$\pm$ 0,63	1,42a	$\pm$ 0,26	1,50a	$\pm$ 0,23	1,58a	$\pm$ 0,19
Indice de iodo	64,92a	$\pm$ 2,72	62,71a	$\pm$ 2,13	63,47a	$\pm$ 2,02	62,87a	$\pm$ 3,76

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

menor que en los lípidos totales, donde, como se ha visto antes, estuvo entre 63-68. Igualmente, Otake *et al* (1971) no detectaron en los triglicéridos, que son, como ha quedado recogido anteriormente (véase III.3.2), los componentes mayoritarios de esta fracción lipídica, ácidos grasos cuya longitud de cadena fuera superior a 18 átomos de carbono, lo que está de acuerdo con las observaciones realizadas en óvidos (Christie y Moore, 1971), bóvidos (Poukka y Oksanen, 1972) y pollos (Hay *et al*, 1973). No obstante, Chang-Han y Yeon-Hee (1982) señalaron unos niveles del ácido araquidónico en los triglicéridos de la carne de conejo del 6,7% y Cambero *et al* (1991a) encontraron los ácidos grasos C-20:0 y C-20:1 en la fracción apolar, aunque en muy pequeñas cantidades.

La composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción polar aparecen en las tablas III.37 y III.38. El ácido graso principal fue el C-16:0 (29-31%). Otros dos ácidos grasos que alcanzaron tasas importantes fueron el C-18:2 (23-26%) y el C-18:1 (21-25%). Respecto de las fracciones lipídicas total y apolar, los lípidos polares presentaron un mayor porcentaje de los ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico) y una menor proporción del mirístico, palmítico, palmitoleico y oleico. La fracción polar de los cuatro lotes proporcionó una grasa más insaturada que los lípidos totales y que la fracción apolar, reflejándose en un índice de iodo mayor (96-104 frente a 59-68). Estos resultados son similares a los mostrados por Otake *et al* (1971) y Cambero *et al* (1991b). Los primeros autores señalaron que los fosfolípidos de la carne de conejo contenían menos C-16:0 y C-18:1 y más C-18:0 y C-18:2 que los triglicéridos. Además, mientras en los triglicéridos no encontraron ácidos grasos de longitud de cadena superior a los 19 átomos de carbono, en los fosfolípidos pusieron de manifiesto cantidades significativas de C-20:4, C-22:2 y

**Tabla III.37.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	50/0		0/50		30/0		15/15	
C-16:0	30,09a	$\pm$ 0,56	29,99a	$\pm$ 1,23	30,35a	$\pm$ 1,71	29,72a	$\pm$ 1,33
C-16:1	2,46a	$\pm$ 0,91	2,11a	$\pm$ 0,80	2,56a	$\pm$ 0,69	1,95a	$\pm$ 0,35
C-18:0	8,22a	$\pm$ 0,69	8,87a	$\pm$ 0,94	9,09a	$\pm$ 1,19	8,93a	$\pm$ 0,76
C-18:1	25,33a	$\pm$ 1,40	23,46a	$\pm$ 1,92	25,52a	$\pm$ 1,83	24,45a	$\pm$ 3,10
C-18:2	24,45a	$\pm$ 1,70	25,30a	$\pm$ 2,69	23,50a	$\pm$ 3,41	25,06a	$\pm$ 0,89
C-18:3	2,40a	$\pm$ 0,19	2,07a	$\pm$ 0,14	2,36a	$\pm$ 0,42	2,29a	$\pm$ 0,33
C-20:4	7,05a	$\pm$ 0,82	8,20a	$\pm$ 1,28	6,63a	$\pm$ 0,80	7,60a	$\pm$ 1,66
Indice de iodo	99,46a	$\pm$ 3,49	101,87a	$\pm$ 6,35	96,48a	$\pm$ 5,53	100,76a	$\pm$ 2,71

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=5);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a: Los resultados no difieren significativamente ( $p \geq 0,05$ )

**Tabla III.38.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-16:0	31,36a $\pm$ 1,00	29,81a $\pm$ 0,61	30,44a $\pm$ 1,07	29,85a $\pm$ 0,72
C-16:1	1,89a $\pm$ 0,28	1,77a $\pm$ 0,41	2,58a $\pm$ 1,28	2,27a $\pm$ 0,44
C-18:0	8,99a $\pm$ 0,45	8,55a $\pm$ 0,42	8,08a $\pm$ 0,82	9,18a $\pm$ 1,15
C-18:1	21,02a $\pm$ 0,72	22,79a $\pm$ 1,46	23,91a $\pm$ 2,87	24,51a $\pm$ 1,10
C-18:2	25,49a $\pm$ 0,79	26,67a $\pm$ 1,61	25,79a $\pm$ 3,21	24,37a $\pm$ 1,95
C-18:3	2,09a $\pm$ 0,23	2,10a $\pm$ 0,30	2,18a $\pm$ 0,18	2,08a $\pm$ 0,33
C-20:4	9,28a $\pm$ 1,09	8,31ab $\pm$ 0,85	7,03b $\pm$ 1,20	7,75ab $\pm$ 0,73
Indice de iodo	103,47a $\pm$ 2,94	103,87a $\pm$ 3,07	100,08a $\pm$ 5,89	99,84a $\pm$ 3,23

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=5); 0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (n=6);  
 30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (n=6); 15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (n=5)  
 a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

C-22:4, aunque estos dos últimos en menor porcentaje. Cambero *et al* (1991b) encontraron en los lípidos polares tasas menores del C-16:0, C-16:1 y C-14:0, así como una mayor proporción de C-18:0 y C-18:2. Como señalan otros autores (Allen y Foegeding, 1981; Sinclair *et al*, 1982), los lípidos polares (predominantemente los fosfolípidos) contienen una mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que los lípidos neutros (sobre todo triglicéridos) o que los lípidos totales. Marmer *et al* (1984) encontraron que los lípidos polares del músculo contienen un mayor porcentaje de ácido linoleico.

Sweeten *et al* (1990) determinaron la distribución subcelular de los ácidos grasos en las membranas y en el citoplasma de diferentes músculos y del tejido adiposo subcutáneo e intramuscular de canales vacunas, señalando en los lípidos musculares resultados similares a los obtenidos en este trabajo, es decir, un mayor porcentaje de los ácidos C-14:0, C-16:0, C-16:1 y C-18:1 en el citoplasma (donde predominan lípidos apolares) que en la membrana (compuesta fundamentalmente por lípidos polares), mientras que los ácidos C-18:0 y C-18:2 se presentaban en mayor cantidad en la membrana. Sin embargo, en el tejido adiposo subcutáneo, el contenido de C-18:2 fue mayor en el citoplasma y el tejido adiposo intramuscular mostró una proporción mayor de C-16:0 y C-18:1 en la membrana y de C-18:0 en el citoplasma. El tejido muscular presentó un mayor porcentaje de poliinsaturados que el tejido adiposo. La gran mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados de la carne están presentes en los fosfolípidos del tejido muscular (Hornstein *et al*, 1967; Pearson *et al*, 1977; Eichhorn *et al*, 1986).

La sustitución de cebada por pulpa de remolacha no provocó efectos importantes en la composición de ácidos grasos, tanto en la de los lípidos totales como

en las de las fracciones apolar y polar. La mayoría de las diferencias significativas se observaron en los lípidos totales y en la fracción apolar de los conejos sacrificados con 2 kg de peso. En los lípidos totales sólo difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) el ácido graso C-18:0 entre los lotes 0/50 y 30/0. En la fracción apolar presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) los ácidos grasos C-16:0 (entre los lotes 0/50 y 15/15), C-18:1 (el lote 0/50 respecto a los otros tres) y C-18:0 (el lote 0/50 en relación con los lotes 50/0 y 30/0, y entre los lotes 50/0 y 15/15).

Por lo tanto, es el lote 0/50, en los lípidos totales y apolares de los conejos de 2 kg, el que más diferencias presentó respecto a los otros tres lotes, mostrando un mayor porcentaje de C-18:0 (con diferencias significativas tanto en los lípidos totales como en la fracción apolar), de los ácidos grasos esenciales C-18:2, C-18:3 y C-20:4 en los lípidos totales (reflejo probablemente del porcentaje mayor de la fracción polar en el total lipídico) y de C-16:0 en lípidos apolares (con diferencias significativas) y una menor proporción de C-16:1 y C-18:1 (con diferencias significativas en la fracción apolar). Estos distintos valores pueden deberse a que dicho lote presentó un menor contenido en grasa (véase III.2.1). Sin embargo, los lípidos polares mostraron unos valores similares, sin diferencias significativas.

Los resultados obtenidos no permiten deducir una influencia clara de la dieta en los ácidos grasos de los lípidos de la carne de conejo. Es decir, la presencia de un ácido graso en un mayor porcentaje en la dieta no ocasionó que dicho ácido graso tuviera un valor medio mayor en el lote correspondiente a dicha dieta (compárense la tabla III.4 y las III.33-III.38). Así, la sustitución de cebada por pulpa de remolacha originó un aumento del porcentaje de C-18:3 en la dieta, disminuyendo el contenido de

C-16:0, C-18:0, C-18:1 y C-18:2, lo que no se reflejó en los ácidos grasos de los lípidos de la carne, ya que los lotes 0/50 y 15/15 mostraron, en lípidos totales y apolares de los conejos de 2 kg, un mayor contenido de C-18:0, C-18:2 y C-20:4 y una menor proporción de C-16:1 y C-18:1, lo que casi con toda seguridad se debió al menor contenido en grasa de estos lotes porque, sin embargo, en conejos de 2,5 kg no se observaron diferencias respecto a los otros lotes en la composición cuantitativa de ácidos grasos y tampoco en la composición química (véase III.2.1). La falta de influencia del pienso en la composición de ácidos grasos de los lípidos puede atribuirse a la baja proporción de grasa suministrada por la dieta y, por lo tanto, los ácidos grasos sintetizados *de novo* representaron una proporción importante.

Otros autores han llegado a resultados similares. Ciruzzi *et al* (1973) no encontraron relación alguna entre la composición cuantitativa de los ácidos grasos de la dieta (heno y pienso) y los de la fracción lipídica perirrenal y muscular; debido a ello, sugirieron que los ácidos grasos presentes en el conejo constituyen, en esencia, una característica fisiológica de la especie cunícola. La composición cuantitativa en ácidos grasos, según estos autores, depende más de factores raciales que de ambientales, entre los cuales incluyen la alimentación. Canale *et al* (1966) sólo señalaron ligeras diferencias debidas a la alimentación (una dieta deshidratada a base de harina de varios cereales y otra mixta complementada con hierba fresca) en la composición en ácidos grasos de los lípidos del tejido muscular del muslo del conejo. Igualmente, Patrucco *et al* (1965), estudiando los ácidos grasos de la grasa de depósito perirrenal bajo las mismas condiciones de cría y alimentación, llegaron a conclusiones muy similares. Cambero *et al* (1991a,b), utilizando dos dietas comerciales que se diferenciaban principalmente en la concentración de fibra y proteína, no observaron efectos

importantes de la composición de la dieta en los ácidos grasos de los lípidos totales, apolares y polares de los conejos HYLEA y neozelandeses blancos. Sin embargo, en conejos silvestres, Cambero *et al* (1991c) observaron diferencias estacionales en la composición en ácidos grasos de las fracciones lipídicas total, apolar y polar; por ejemplo, los conejos silvestres capturados en otoño presentaron más del 50% de C-18:1 en los lípidos apolares, mientras que el mismo ácido graso nunca alcanzó el 30% en los conejos capturados durante las otras estaciones. El ácido graso C-18:2 alcanzó una menor concentración en los conejos capturados en otoño que en los de las otras estaciones. Estos autores señalaron que estas diferencias estacionales son debidas a las distintas clases de alimentos disponibles en cada estación, así como a la cantidad del mismo que ocasiona un porcentaje de grasa diferente y, por tanto, modifica el balance de lípidos apolares y polares. Battaglini y Costantini (1971) adicionaron melazas de remolacha a las dietas de conejos, no encontrando tampoco cambios importantes en la composición en ácidos grasos de los lípidos de depósito y de infiltración muscular, señalando únicamente una ligera disminución del nivel del ácido linoleico en la grasa de depósito y un pequeño aumento del ácido linolénico en la grasa de infiltración muscular.

Otros autores han llevado a cabo investigaciones similares a las descritas en esta memoria pero utilizando otros animales. Así, Melton (1983), en una revisión, señaló que los lípidos musculares del ganado vacuno alimentado con dietas de baja cantidad de energía y alta cantidad de forraje, por la adición de hierba, mostraron un mayor porcentaje de C-18:0 y una menor proporción de C-18:1 que los lípidos musculares de los animales alimentados con raciones a base de cereales. Además, el tejido muscular y adiposo de los animales alimentados con hierba presentaron un mayor

porcentaje de C-18:3, C-20:3, C-20:4 y C-22:5. El mayor contenido de C-18:3 se atribuyó a la alta concentración de C-18:3 en los lípidos de la hierba y a que los microorganismos del rumen no pueden hidrogenar todo el C-18:3 ingerido. Sin embargo, los mayores niveles de C-20:3, C-20:4 y C-22:5 en las grasas de depósito no podían ser explicados ya que estos ácidos están localizados principalmente en los fosfolípidos (Melton, 1983). Marmer *et al* (1984) analizaron los ácidos grasos de las fracciones lipídicas neutras y polares de los tejidos muscular y adiposo del ganado vacuno alimentado con dietas a base de forraje y de cereales, llegando a conclusiones similares en relación a los porcentajes de C-18:0, C-18:1 y C-18:3, con la excepción del C-18:1 de la fracción lipídica polar que no se vió afectado. No obstante, en ese estudio (Marmer *et al*, 1984), cuando los resultados se expresaron respecto del tejido muscular o adiposo, no se observaron diferencias en el contenido de los ácidos grasos que sí la presentaron cuando los resultados se expresaron como porcentaje del contenido de los ácidos grasos totales. Esta aparente contradicción hay que atribuirla a que la concentración de fosfolípidos es relativamente constante en el tejido magro (Bodwell y Anderson, 1986) y la proporción de fosfolípidos en los lípidos totales, y por tanto la de los distintos ácidos grasos, varía en función del contenido de lípidos totales en el músculo, incrementándose el porcentaje de fosfolípidos cuando decrece el contenido de lípidos (Weihrauch y Son, 1983). En otro estudio (Larick y Turner, 1989), el tejido muscular del ganado vacuno alimentado con cereales y hierba mostró un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos neutros y polares que los alimentados exclusivamente con cereales; la fracción lipídica neutra contenía una concentración mayor de C-18:2 y C-18:3, mientras que la fracción lipídica polar presentaba tasas superiores de C-18:2, C-18:3, C-20:3, C-20:4 y C-22:5 (resultados expresados en peso / 100 g de tejido). La carne del ganado vacuno alimentado con

hierba tiene, generalmente, un aroma menos deseable y un menor periodo de conservación que la carne del ganado vacuno alimentado con cereales, debido a la mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados (C-18:3, C-20:3, C-20:4 y C-22:5), lo que favorece un desarrollo más rápido de los fenómenos oxidativos y la aparición de aromas objeccionables durante el almacenamiento (Melton, 1983).

El efecto del aumento del contenido en fibra de la dieta en la composición cuantitativa de ácidos grasos de los lípidos del ganado vacuno (Melton, 1983; Marmer *et al*, 1984; Larick y Turner, 1989) fue semejante a la señalada en este trabajo en los conejos de 2 kg al sustituir en las dietas la cebada por pulpa de remolacha y, por lo tanto, incrementar también el contenido de fibra de las dietas. El mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados de los lípidos totales y apolares de la carne de los conejos alimentados con las dietas con un mayor contenido en fibra ha sido observado también en el ganado vacuno (Melton, 1983; Larick y Turner, 1989). Sin embargo, el mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados observado en los lípidos polares de los rumiantes (Larick y Turner, 1989) no ha sido señalado en los conejos. Igualmente que en el ganado vacuno (Melton 1983; Marmer *et al*, 1984), en este trabajo también se ha observado un mayor porcentaje de C-18:0 y una menor proporción de C-18:1 en los lípidos totales y apolares de los lotes alimentados con mayor cantidad de fibra.

En las tablas III.39, III.40 y III.41 se muestran, respectivamente, la influencia del peso de sacrificio (2000 y 2500 g) en la composición de ácidos grasos y en el índice de iodo de los lípidos totales, apolares y polares de los lotes donde se estudió la sustitución de cebada por pulpa de remolacha.

**Tabla III.39.** Estudio comparativo (t-test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos totales de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

Acido Graso	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-14:0	-	-	-	-
C-16:0	-	-	-	-
C-16:1	-	-	-	+
C-18:0	-	+	-	-
C-18:1	-	-	-	-
C-18:2	-	-	-	-
C-18:3	-	++	-	-
C-20:4	-	+	-	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

(+) p<0,05; (++) p<0,005

(-) p≥0,05 no significativo

**Tabla III.40.** Estudio comparativo (t-test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos apolares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

Acido Graso	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-14:0	-	-	-	-
C-16:0	-	+	-	-
C-16:1	-	-	-	+
C-18:0	-	++	-	-
C-18:1	-	+	-	-
C-18:2	-	-	-	-
C-18:3	-	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

(+)  $p < 0,05$ ; (++)  $p < 0,005$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

**Tabla III.41.** Estudio comparativo (t-test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos polares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas preparadas con distintas proporciones de cebada y pulpa de remolacha

Acido Graso	Lote*			
	50/0	0/50	30/0	15/15
C-16:0	+	-	-	-
C-16:1	-	-	-	-
C-18:0	-	-	-	-
C-18:1	++	-	-	-
C-18:2	-	-	-	-
C-18:3	-	-	-	-
C-20:4	+	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* 50/0: 50% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

0/50: 0% cebada, 50% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

30/0: 30% cebada, 0% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=6)

15/15: 15% cebada, 15% pulpa de remolacha (2 kg n=5 y 2,5 kg n=5)

(+)  $p < 0,05$ ; (++)  $p < 0,005$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

Los lípidos totales en los conejos sacrificados con 2,5 kg de peso mostraron, en general, un contenido mayor de los ácidos grasos monoinsaturados (C-16:1 y C-18:1) que el del grupo de conejos de 2 kg, sobre todo de C-16:1 en los lotes donde la pulpa de remolacha ha sustituido total (lote 0/50) o parcialmente (lote 15/15) a la cebada, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos grupos en el lote 15/15. Además, los lotes 0/50 y 15/15 correspondientes a los animales de 2,5 kg de peso vivo presentaron un menor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (C-18:2, C-18:3 y C-20:4), especialmente el lote 0/50 con diferencias significativas para los ácidos C-18:3 ( $p < 0,005$ ) y C-20:4 ( $p < 0,05$ ). El peso de sacrificio no influyó en el contenido de ácidos grasos saturados (C-14:0, C-16:0 y C-18:0) de los lotes, salvo el 0/50 que presentó un contenido significativamente menor ( $p < 0,05$ ) de C-18:0 en los conejos de 2,5 kg. No se observaron diferencias significativas en el índice de iodo, aunque los valores hallados en los lotes 50/0 y 30/0 fueron superiores en los conejos de 2,5 kg, mientras que en los lotes 0/50 y 15/15 el índice de iodo fue mayor en los conejos de 2 kg.

Los lípidos apolares de la carne de los conejos de 2,5 kg (tabla III.40) mostraron un mayor contenido de C-16:1 que los procedentes de la de los animales de 2 kg de peso, sobre todo los lotes 0/50 y 15/15, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el lote 15/15. Al igual que en los lípidos totales, el lote 0/50 fue el que presentó más diferencias significativas entre ambos grupos de animales, mostrando una menor cantidad de C-16:0 ( $p < 0,05$ ), C-18:0 ( $p < 0,005$ ) y una mayor proporción de C-18:1 ( $p < 0,05$ ) en los conejos de 2,5 kg que en los de 2 kg. No se observaron diferencias significativas en el índice de iodo.

Costantini y Bosi (1968), en conejos híbridos Neozelandés x Nostrana, encontraron en los músculos de los animales sacrificados con 120 días (2460 g de peso vivo) un mayor contenido de ácido palmitoleico y una menor cantidad de los ácidos esteárico y linoleico, respecto de los conejos sacrificados con 90 días de edad (1763-1785 g). En los conejos de raza Nostrana observaron un contenido mayor de los ácidos palmítico y esteárico y menor de ácido linoleico en los conejos de 120 días (2315-2395 g) que el que hallaron en los de 90 días (1877-1907 g). Por lo tanto, en ambas razas, sólo se observó un menor porcentaje de ácido linoleico en los conejos de mayor edad. Cambero *et al* (1991a) no encontraron diferencias importantes entre los conejos sacrificados con 50 y 70 días. Sin embargo, estos conejos respecto de los conejos lactantes presentaron, en los lípidos totales y apolares, un mayor contenido de C-16:0 y C-16:1 y una menor cantidad de C-18:0 y C-18:2. Estos autores señalaron que estos distintos valores pueden deberse a la edad y/o a la alimentación (leche y dietas comerciales). La composición en ácidos grasos de los lípidos del tejido muscular de los gazapos en el destete está determinada, esencialmente, por los lípidos de la leche (Ouhayoun *et al*, 1985; 1987). Posteriormente, los conejos alimentados con una dieta baja en grasa mostraron un incremento con la edad de la concentración de los ácidos grasos C-16:1 y C-18:1 y una disminución del contenido de C-18:2 y C-18:3 (Ouhayoun *et al*, 1985; 1987). Ouhayoun *et al* (1987) señalaron la presencia en conejos de 30 días de un 3% de los ácidos grasos C-10:0 y C-12:0, mientras que estos ácidos no aparecieron de forma significativa en los conejos de 77 días.

Por lo tanto, en los lotes 0/50 y 15/15, se ha observado una influencia del peso de sacrificio en la composición cuantitativa en ácidos grasos de los lípidos totales y apolares (mayor contenido en ácidos grasos monoinsaturados y menor cantidad de

ácidos grasos poliinsaturados a medida que crece el animal) similar a la encontrada por otros autores (Ouhayoun *et al*, 1985, 1987; Cambero *et al*, 1991a).

Además, cabe destacar que las diferencias en la composición en ácidos grasos de los lípidos totales y apolares se observaron principalmente en los lotes en que se detectó una mayor variación en el contenido en grasa y extracto seco al pasar de 2 a 2,5 kg de peso (lotes 0/50, 15/15). Por consiguiente, el cambio en la composición en ácidos grasos de los lípidos totales y apolares al incrementar el peso de sacrificio está relacionado posiblemente con el aumento del contenido de grasa que se observó en los conejos al crecer.

A diferencia de los lípidos totales y apolares, en los lípidos polares (tabla III.41) las diferencias significativas se observaron en el lote 50/0, con un mayor contenido de C-16:0 ( $p<0,05$ ) y C-20:4 ( $p<0,05$ ) y una menor proporción de C-18:1 ( $p<0,005$ ) en los conejos de 2,5 kg. En términos generales, los lípidos polares de la carne de los conejos de 2,5 kg presentaron una menor cantidad de C-18:1 y una mayor proporción de C-18:2 y C-20:4. Tampoco en los lípidos polares se observaron diferencias significativas en el índice de iodo, aunque las muestras procedentes de los conejos de 2,5 kg presentaron valores superiores, salvo el lote 15/15, debido a que la tasa de C-18:2 y C-20:4 fue mayor en los conejos de dicho peso.

#### **III.4.2.- Efecto de la adición de 3% de grasa**

Las tablas III.42 y III.43 recogen la composición en ácidos grasos y el índice de iodo del extracto lipídico total de los conejos alimentados con las dietas adicionadas

de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja), sacrificados con 2 (tablas III.42) y 2,5 kg (tablas III.43) de peso. En los tres lotes de conejos y en el control, los ácidos grasos principales fueron C-16:0, C-18:1 y C-18:2, independientemente del peso de sacrificio. Sin embargo, el ácido graso mayoritario fue diferente según la dieta empleada. Así, en los conejos alimentados con la dieta control (C), el ácido palmítico fue el que alcanzó el mayor valor en los lípidos de la carne, mientras que en los conejos alimentados con la dieta adicionada de sebo (S) fue el oleico y en los alimentados con las dietas en las que se adicionaron oleínas de soja y girasol (O) o aceite de soja (A), el linoleico.

Se observaron diferencias significativas entre los distintos lotes. Los ácidos grasos C-14:0, C-16:0, C-16:1 y C-18:1 (estos dos últimos sólo en conejos de peso de sacrificio de 2,5 kg) presentaron unos valores significativamente menores ( $p < 0,05$ ) en los lotes O y A que en los lotes C y S. El lote S mostró un contenido significativamente superior ( $p < 0,05$ ) de C-18:1 que los otros tres lotes. El ácido graso C-16:0 presentó valores medios más altos en el lote C que en el lote S (con significancia en el grupo de conejos de 2 kg). Sin embargo, el ácido graso C-18:2 alcanzó valores mucho más bajos en los lotes C y S que los encontrados en los lotes O y A. El ácido graso C-18:3, tanto en los conejos de 2 como en los de 2,5 kg, mostró significativamente valores medios más altos en el lote A que los señalados en los otros tres lotes. Además, en los animales de 2,5 kg, el C-18:3 del lote C fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que el de los lotes S y O y, a su vez, el del lote S significativamente superior al del lote O. Sin embargo, el C-18:0 y el C-20:4 no presentaron diferencias significativas, salvo entre el lote C y el S para el C-18:0 en el grupo de conejos de 2,5 kg.

**Tabla III.42.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-14:0	3,94a	$\pm$ 0,33	3,71a	$\pm$ 0,49	2,79b	$\pm$ 0,30	2,70b	$\pm$ 0,42
C-16:0	32,69a	$\pm$ 1,89	29,83b	$\pm$ 1,49	26,30c	$\pm$ 1,57	25,29c	$\pm$ 0,45
C-16:1	4,24a	$\pm$ 1,68	3,81a	$\pm$ 0,88	2,54a	$\pm$ 0,57	2,47a	$\pm$ 0,39
C-18:0	7,46a	$\pm$ 0,87	7,97a	$\pm$ 0,91	8,28a	$\pm$ 0,58	7,43a	$\pm$ 0,34
C-18:1	28,16a	$\pm$ 1,06	32,52b	$\pm$ 1,83	26,34a	$\pm$ 1,47	26,17a	$\pm$ 1,26
C-18:2	20,97a	$\pm$ 2,52	19,90a	$\pm$ 1,78	31,60b	$\pm$ 1,23	32,77b	$\pm$ 1,87
C-18:3	1,80a	$\pm$ 0,27	1,53a	$\pm$ 0,40	1,34a	$\pm$ 0,27	2,40b	$\pm$ 0,24
C-20:4	0,74a	$\pm$ 0,23	0,72a	$\pm$ 0,15	0,80a	$\pm$ 0,17	0,76a	$\pm$ 0,23
Indice de iodo	74,85a	$\pm$ 3,56	75,59a	$\pm$ 2,27	89,69b	$\pm$ 2,88	94,38b	$\pm$ 2,61

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b,c: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente (p<0,05)

**Tabla III.43.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-14:0	3,79ab	$\pm$ 0,70	3,84a	$\pm$ 0,20	3,01bc	$\pm$ 0,50	2,63c	$\pm$ 0,37
C-16:0	32,02a	$\pm$ 1,77	30,26a	$\pm$ 1,46	25,80b	$\pm$ 2,25	24,45b	$\pm$ 1,84
C-16:1	6,51a	$\pm$ 1,35	5,80a	$\pm$ 1,58	2,54b	$\pm$ 0,70	3,25b	$\pm$ 0,67
C-18:0	6,59a	$\pm$ 0,43	7,90b	$\pm$ 0,56	7,49ab	$\pm$ 0,93	6,90ab	$\pm$ 0,39
C-18:1	29,54a	$\pm$ 1,06	32,80b	$\pm$ 1,24	26,56c	$\pm$ 1,26	27,07c	$\pm$ 0,97
C-18:2	18,98a	$\pm$ 2,80	17,06a	$\pm$ 1,18	32,52b	$\pm$ 3,18	32,74b	$\pm$ 2,46
C-18:3	1,88a	$\pm$ 0,34	1,50b	$\pm$ 0,25	1,12c	$\pm$ 0,08	2,37d	$\pm$ 0,18
C-20:4	0,68a	$\pm$ 0,11	0,83a	$\pm$ 0,44	0,96a	$\pm$ 0,25	0,60a	$\pm$ 0,14
Indice de iodo	74,78a	$\pm$ 3,04	72,99a	$\pm$ 2,10	91,52b	$\pm$ 5,16	95,27b	$\pm$ 3,77

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b,c,d: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

Al comparar los ácidos grasos del pienso suministrado a cada lote (tabla II.7) con los de los lípidos totales de la carne de conejo (tablas III.42 y III.43), se pudo observar una gran influencia de la dieta, sobre todo en los ácidos grasos C-18:2, C-18:1 y C-18:3. Las dietas O y A tenían la mayor cantidad de C-18:2 (casi un 60%), lo que se reflejó en los conejos con más del 30% de C-18:2, mientras que en la carne de los lotes C y S, el valor de dicho ácido graso apenas llegó al 20%. En los animales alimentados con la dieta S (la más rica en C-18:1), este ácido graso alcanzó un valor medio significativamente más alto que en los otros tres lotes. El contenido de C-18:3 de las dietas influyó significativamente en la proporción de este ácido en la carne de los conejos. Así, la dieta A fue la más rica en C-18:3 y, consecuentemente, los conejos del lote A presentaron unos niveles medios significativamente más altos de C-18:3 que los hallados en los otros tres lotes, tanto en el grupo de animales de 2 como en el de 2,5 kg. Por el contrario, la carne de los conejos alimentados con la dieta O (la más pobre en C-18:3) mostró unos valores más bajos de dicho ácido graso en ambos grupos (2 y 2,5 kg), aunque sólo fue significativamente diferente en el de 2,5 kg. De la misma forma, la carne de los conejos alimentados con la dieta S (la más rica en C-16:0) presentó un mayor contenido de C-16:0, mientras que el valor medio más bajo fue el de los conejos del lote A (la dieta A era la más pobre en C-16:0). No obstante, se detectaron en los lotes alimentados con dietas adicionadas de grasa unas tasas significativamente más bajas que en el lote control, lo que probablemente se debe a la mayor influencia del C-18:1 (en el lote S) y del C-18:2 (en los lotes O y A). El efecto de la dieta en la composición de ácidos grasos posiblemente se observa también con gran claridad en el índice de iodo, pues los conejos alimentados con las dietas O y A (las más insaturadas) mostraron un índice de iodo significativamente más alto. Estos resultados demuestran, de una forma manifiesta, que el grado de insaturación de los lípidos de la carne puede

ser manipulado por la grasa de la dieta.

La composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción lipídica apolar se muestran en las tablas III.44 (conejos de 2 kg) y III.45 (conejos de 2,5 kg). En general, la fracción lipídica apolar presentó una composición cuantitativa de ácidos grasos y un índice de iodo muy similares a los valores hallados en el extracto lipídico total, reflejo de que esta fracción es la más abundante (90% de los lípidos totales). Las consideraciones realizadas para los ácidos grasos de los lípidos totales son también válidas para esta fracción y todos los comentarios pueden, en términos generales, extrapolarse.

Otros autores han observado también la influencia de la grasa de la dieta en la composición de los ácidos grasos de la carne de conejo. Borgman (1964) encontró una profunda influencia de la adición de ácidos grasos a la dieta en la composición de los ácidos grasos de los lípidos del conejo. Adicionando ácido oleico a la dieta observó un incremento del mismo en los lípidos de los órganos y de los músculos del conejo, mientras el nivel del ácido linoleico fue sorprendentemente más bajo. Al añadir ácido linoleico a la dieta aumentó el contenido del mismo en los órganos y carne de conejo.

Raimondi *et al* (1975b) compararon la composición en ácidos grasos de la grasa muscular y perirrenal de conejos que recibieron dietas suplementadas con aceite de cacahuete y sebo. Las dietas con sebo aportaban una mayor cantidad de los ácidos grasos saturados principales (C-14:0, C-16:0 y C-18:0) y de los monoinsaturados C-14:1 y C-16:1, mientras que las dietas con aceite de cacahuete suministraban un mayor contenido de los ácidos C-18:1 y C-18:2. Los resultados demostraron que la

**Tabla III.44.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-14:0	4,30a	$\pm$ 0,33	4,18a	$\pm$ 0,29	2,90b	$\pm$ 0,48	2,78b	$\pm$ 0,29
C-16:0	33,16a	$\pm$ 1,64	30,49a	$\pm$ 1,26	26,71b	$\pm$ 2,08	25,00b	$\pm$ 1,34
C-16:1	4,50a	$\pm$ 1,62	4,05ab	$\pm$ 0,76	2,62b	$\pm$ 0,52	2,53b	$\pm$ 0,36
C-18:0	7,39a	$\pm$ 0,63	8,09a	$\pm$ 0,94	8,46a	$\pm$ 1,03	7,72a	$\pm$ 0,55
C-18:1	28,52a	$\pm$ 1,46	32,85b	$\pm$ 0,96	27,13a	$\pm$ 1,74	27,28a	$\pm$ 1,10
C-18:2	20,34a	$\pm$ 2,13	18,83a	$\pm$ 1,02	30,86b	$\pm$ 1,53	32,36b	$\pm$ 1,98
C-18:3	1,79a	$\pm$ 0,21	1,51ab	$\pm$ 0,14	1,33b	$\pm$ 0,12	2,33c	$\pm$ 0,25
Indice de iodo	71,81a	$\pm$ 2,52	71,74a	$\pm$ 1,36	86,45b	$\pm$ 3,11	91,96b	$\pm$ 3,11

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b,c: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.45.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-14:0	4,18a	$\pm$ 0,53	3,93a	$\pm$ 0,47	3,09b	$\pm$ 0,51	2,70b	$\pm$ 0,21
C-16:0	31,97a	$\pm$ 1,72	29,95a	$\pm$ 2,01	25,88b	$\pm$ 2,22	24,34b	$\pm$ 0,63
C-16:1	6,68a	$\pm$ 1,41	5,85a	$\pm$ 1,34	2,67b	$\pm$ 0,66	3,37b	$\pm$ 0,56
C-18:0	6,89a	$\pm$ 0,82	7,79a	$\pm$ 0,74	7,59a	$\pm$ 0,96	6,54a	$\pm$ 0,45
C-18:1	30,08a	$\pm$ 1,28	34,18b	$\pm$ 1,69	27,34c	$\pm$ 1,10	27,92ac	$\pm$ 0,80
C-18:2	18,35a	$\pm$ 2,66	16,81a	$\pm$ 1,18	32,27b	$\pm$ 3,28	32,88b	$\pm$ 1,53
C-18:3	1,84a	$\pm$ 0,16	1,50b	$\pm$ 0,10	1,14c	$\pm$ 0,10	2,24d	$\pm$ 0,05
Indice de iodo	71,93a	$\pm$ 3,77	71,05a	$\pm$ 2,59	88,75b	$\pm$ 4,83	94,08b	$\pm$ 2,03

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b,c,d: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

composición en ácidos grasos de la grasa muscular y perirrenal estaba estrechamente ligada a la composición lipídica de la dieta ya que la grasa de los conejos alimentados con la dieta suplementada con sebo presentó un mayor contenido de mirístico, palmítico, esteárico, miristoleico y palmitoleico y una menor cantidad de oleico y linoleico. Estos autores concluyeron que la mayor parte de los ácidos grasos suministrados por los alimentos no sufren modificación en el curso de la digestión y son directamente absorbidos y depositados.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Allee *et al* (1971), que observaron que la introducción de grasa en la ración del cerdo provoca una reducción de la síntesis *de novo* en el tejido adiposo a partir de los componentes glucídicos y nitrogenados, por lo que la grasa que se forma está directamente relacionada con el aporte alimenticio. Allee *et al* (1972) señalaron que tanto los ácidos grasos saturados como los insaturados producen los mismos efectos en la inhibición de la síntesis de ácidos grasos.

Es importante tener en cuenta que en los estudios efectuados con monogástricos, la utilización digestiva global de la sustancia grasa depende de varios factores, entre los que se encuentra la naturaleza de la sustancia grasa, en particular, la longitud de la cadena y el grado de insaturación de los ácidos grasos. Según Flanzky *et al* (1968), la digestibilidad de los ácidos grasos disminuye al aumentar la longitud de la cadena, de un 90% para el ácido láurico al 40% para el ácido esteárico. Hamilton y McDonald (1969) observaron que los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico son más digestibles que los ácidos grasos saturados.

Ouhayoun *et al* (1981) observaron que la incorporación de vainas de colza sin desengrasar (con un alto contenido en ácido oleico) en sustitución de alfalfa deshidratada provocó una modificación en la composición en ácidos grasos de la grasa perirrenal del conejo, originándose un incremento de ácido oleico y una disminución de los ácidos grasos saturados (especialmente el ácido palmítico). El comportamiento de los principales ácidos grasos poliinsaturados fue diferente; mientras la dieta no influyó en el contenido de ácido linolénico, sí que la adición de vainas de colza ocasionó un aumento del linoleico.

Ouhayoun *et al* (1987) señalaron también una influencia de la ración en la composición de ácidos grasos de los lípidos perirrenales del conejo al comparar dietas con aceite de coco, de linaza y de oliva y manteca de cacao con una hipolípídica. Observaron que la adición de aceite de coco, rico en ácidos grasos saturados de cadena corta (C-8:0, C-10:0, C-12:0 y C-14:0), elevaba el contenido de C-14:0 en los lípidos perirrenales y provocó que el C-12:0 alcanzara un 9,4%. La adición de aceite de linaza, con alta cantidad de C-18:1 y C-18:3, dio lugar a un aumento del contenido de C-18:3. Los conejos alimentados con dietas adicionadas de aceite de oliva, rico en C-18:1, presentaron una mayor cantidad de este ácido graso, mientras que se redujo la concentración del resto de ácidos grasos, sobre todo la del C-16:0. Por último, la adición de manteca de cacao (con alta cantidad de los ácidos C-16:0, C-18:0 y C-18:1) significó aumentos de los ácidos C-18:0 y, sobre todo, C-18:1 en los lípidos perirrenales y la disminución del contenido de los ácidos grasos restantes.

Las tablas III.46 y III.47 recogen la composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción lipídica polar. Los ácidos grasos más abundantes fueron el

**Tabla III.46.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-16:0	30,99a	$\pm$ 1,59	29,33a	$\pm$ 1,77	29,52a	$\pm$ 1,17	29,65a	$\pm$ 0,92
C-16:1	1,29a	$\pm$ 0,34	1,10ab	$\pm$ 0,28	0,76b	$\pm$ 0,32	0,70b	$\pm$ 0,15
C-18:0	8,34a	$\pm$ 1,76	8,44a	$\pm$ 0,90	8,64a	$\pm$ 0,54	8,65a	$\pm$ 0,75
C-18:1	20,57a	$\pm$ 1,84	21,09a	$\pm$ 0,95	16,74b	$\pm$ 1,65	16,49b	$\pm$ 0,53
C-18:2	28,30a	$\pm$ 0,93	29,29a	$\pm$ 1,35	32,36b	$\pm$ 0,54	32,68b	$\pm$ 0,30
C-18:3	2,53a	$\pm$ 0,31	2,47a	$\pm$ 0,41	1,89b	$\pm$ 0,06	2,09ab	$\pm$ 0,10
C-20:4	7,98a	$\pm$ 1,11	8,27a	$\pm$ 0,44	10,11a	$\pm$ 1,85	9,73a	$\pm$ 1,04
Indice de iodo	104,40a	$\pm$ 3,09	107,30ab	$\pm$ 2,75	113,10b	$\pm$ 4,18	112,72b	$\pm$ 2,83

\*C: control (n=6); S: 3% de sebo (n=6); O: 3% de oleínas (n=6); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.47.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S		O		A	
C-16:0	31,12a	$\pm$ 1,54	31,06a	$\pm$ 1,61	29,76a	$\pm$ 1,50	30,05a	$\pm$ 1,81
C-16:1	1,64a	$\pm$ 0,42	1,59a	$\pm$ 0,45	0,61b	$\pm$ 0,12	0,86b	$\pm$ 0,24
C-18:0	6,92a	$\pm$ 0,84	7,25a	$\pm$ 0,91	8,35a	$\pm$ 0,97	8,38a	$\pm$ 1,45
C-18:1	20,93a	$\pm$ 1,84	21,29a	$\pm$ 1,23	16,46b	$\pm$ 1,13	17,07b	$\pm$ 1,50
C-18:2	28,97a	$\pm$ 1,20	28,90a	$\pm$ 0,55	32,88b	$\pm$ 2,14	31,02ab	$\pm$ 1,58
C-18:3	2,47a	$\pm$ 0,36	2,14a	$\pm$ 0,27	1,92a	$\pm$ 0,35	2,40a	$\pm$ 0,55
C-20:4	7,96a	$\pm$ 1,17	7,76a	$\pm$ 1,13	10,00b	$\pm$ 0,89	10,21b	$\pm$ 0,73
Índice de iodo	106,05a	$\pm$ 3,66	104,67a	$\pm$ 2,91	113,41b	$\pm$ 3,63	112,83b	$\pm$ 2,53

\*C: control (n=7); S: 3% de sebo (n=7); O: 3% de oleínas (n=7); A: 3% de aceite de soja (n=6)  
a,b: Medias en una fila con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

C-18:2 (28-32%) y el C-16:0 (29-31%); pero, mientras en los lotes C y S el mayoritario fue el C-16:0, en los lotes O y A lo fue el C-18:2. Sin embargo, puede considerarse que ambos ácidos grasos se encuentran en proporciones muy próximas a la relación 1:1. Los lípidos polares presentaron, en comparación con las fracciones totales y apolares, un mayor porcentaje de los ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico) y del esteárico y una menor proporción de mirístico, palmitoleico y oleico. Sin embargo, los valores medios del ácido graso C-18:2 en los lotes O y A no fueron superiores en los lípidos polares a los hallados en los lípidos totales y apolares y el lote A presentó un contenido inferior de C-18:3 en los lípidos polares. Los lotes alimentados con dietas adicionadas de grasa, sobre todo a los que se incorporaron oleínas y aceite de soja, presentaron, al contrario que el lote C, un contenido mayor de C-16:0 en los lípidos polares. Estos diferentes comportamientos en los lípidos polares respecto de los totales y apolares se deben, sin duda, a la menor influencia de la dieta en los ácidos grasos de los lípidos polares. Así, por ejemplo, el valor medio significativamente superior de C-18:3 en los lípidos totales y apolares del lote A debido a la influencia del alto contenido de este ácido en la dieta A, no se correspondió con una cantidad superior de dicho ácido en los lípidos polares del lote A, por lo que dicho lote, a diferencia de los otros tres, presentó un contenido menor de ácido linolénico en los lípidos polares que en los totales y apolares.

Los fosfolípidos de los lípidos musculares son esenciales por su papel en la estructura y función de las células musculares y sus organelas (Allen y Foegeding, 1981). La distribución de los diferentes ácidos grasos en los fosfolípidos es menos variable entre especies que la observada para los lípidos de depósito (German, 1990). Sinclair (1931) observó que no existía paralelismo entre el índice de iodo de la grasa de

la dieta y el de los fosfolípidos tisulares, aunque la dieta modificaba la insaturación de las grasas neutras. Christie (1978) concluyó que la composición en ácidos grasos de los fosfolípidos de los músculos es muy similar entre especies (tanto rumiantes como monogástricos). Esto no significa, no obstante, que no se observen diferencias en la composición de ácidos grasos de estos lípidos polares de las diferentes especies. Además, se ha comprobado que es posible una amplia variación en la composición de los fosfolípidos celulares compatible con el crecimiento y la viabilidad de las células (Rosenthal, 1987). Los cultivos celulares, que constituyen un modelo muy simple para la observación de los efectos de los nutrientes durante el crecimiento celular, han sido utilizados por algunos investigadores para modificar la composición en ácidos grasos de los fosfolípidos de las células, adicionando al medio de cultivo diferentes ácidos grasos (Doi *et al*, 1978; Spector y Yorek, 1985). La extensión de la modificación de los ácidos grasos de los fosfolípidos depende de la concentración de los ácidos grasos suministrados (Spector *et al*, 1979). Estas investigaciones demuestran que la composición en ácidos grasos de los fosfolípidos puede ser modificada por la alimentación, aunque en menor extensión que en los lípidos apolares. Asghar *et al* (1990) observaron, en experimentos con pollos, que dietas adicionadas con diferentes aceites (coco, olíva, linaza y soja hidrogenado) influyen en la composición en ácidos grasos de los fosfolípidos de las mitocondrias y microsomas, aunque en menor grado que en los lípidos neutros.

En los lípidos polares, no se encontraron diferencias significativas entre el lote control (C) y el adicionado de sebo (S). Sin embargo, los valores medios fueron significativamente diferentes entre estos dos lotes C y S y los O (oleínas) y A (aceite de soja) para los ácidos grasos C-16:1, C-18:1, C-18:2 y C-20:4. Como en los lípidos

totales y apolares, los conejos alimentados con las dietas más ricas en C-18:2 (lotes O y A) presentaron lípidos polares con un mayor porcentaje de C-18:2 con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los lotes C y S, aunque las diferencias fueron menos marcadas que en la fracciones total y apolar. Además, los lotes O y A mostraron altos valores de C-20:4 (este ácido graso es sintetizado en el organismo a partir del ácido linoleico de la dieta, Brenner, 1981), con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los otros dos lotes en conejos sacrificados con 2,5 kg. Brooks (1971) observó que el contenido de C-18:2 y C-20:4 de la grasa del hígado y del corazón del cerdo fue mayor al aumentar la cantidad de C-18:2 de la dieta. Asghar *et al* (1990) encontraron que los lípidos de las membranas (lípidos polares) de los pollos alimentados con dietas adicionadas de aceite de soja hidrogenado, de alto contenido en C-18:2, tenían una elevada cantidad de C-18:2 y C-20:4. Igualmente, Morgan *et al* (1992) señalaron un aumento del porcentaje de C-20:4 en los cerdos alimentados con dietas enriquecidas con aceite de soja. Los valores significativamente más bajos de C-16:1 y C-18:1 de los lípidos polares de los lotes O y A respecto a los lotes C y S fueron probablemente debidos a un efecto de compensación a consecuencia del alto porcentaje que mostraron el C-18:2 y el C-20:4. Los ácidos grasos saturados no mostraron ninguna diferencia significativa entre los diferentes lotes.

La carne de los conejos del lote O mostró un contenido inferior del ácido graso C-18:3 debido a la menor cantidad que de dicho ácido presentaba la dieta correspondiente. Landes y Miller (1975) observaron en los fosfolípidos del hígado y corazón de ratas alimentadas con una dieta adicionada de 10% de aceite de linaza, de alto contenido de C-18:3, un incremento de la cantidad de este ácido graso y de los de la serie del ácido linolénico, como C-22:5 n-3 y C-22:6, originados por  $\Delta$ -6 y  $\Delta$ -5

desaturadas (Gurr, 1984; Cook, 1985), reduciéndose la cantidad del ácido araquidónico, que procede del ácido linoleico. Semejantes resultados obtuvieron Asghar *et al* (1990) en los fosfolípidos de las mitocondrias y microsomas de los músculos de los pollos alimentados con dietas adicionadas de aceite de linaza.

El índice de iodo de la fracción polar fue superior (104,4-113,4) al de las otras fracciones, lo que refleja un mayor grado de insaturación. Es un hecho bien conocido. Aunque se encontraron diferencias entre los lotes en el índice de iodo, fueron menos marcadas que en los lípidos totales y apolares. Por lo tanto, mientras el contenido de C-18:1, C-18:2 y C-18:3 de la grasa de la dieta influyó en las tasas alcanzadas por dichos ácidos grasos en los lípidos totales y apolares de los conejos, solamente el contenido de ácidos grasos esenciales de la grasa de la dieta se reflejó en los lípidos polares de la carne de conejos, ya que no aumentó la proporción de ácido oleico en la fracción polar al adicionar sebo a las dietas. Sin embargo, Asghar *et al* (1990) observaron un contenido mayor de ácido oleico y menor de ácido linoleico en los lípidos de las mitocondrias y microsomas aislados de los músculos de los pollos alimentados con dietas adicionadas de aceite de oliva (de alto contenido en ácido oleico) en comparación con los de otros pollos alimentados con dietas adicionadas de aceites de coco, linaza o soja hidrogenado.

Las diferencias en la composición de los ácidos grasos y en el índice de iodo de los lípidos totales, apolares y polares de la carne entre conejos sacrificados con 2 y 2,5 kg alimentados con las dietas control y adicionadas de 3% de grasa se muestran en las tablas III.48 (totales), III.49 (apolares) y III.50 (polares).

**Tabla III.48.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos totales de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

Acido Graso	Lote*			
	C	S	O	A
C-14:0	-	-	-	-
C-16:0	-	-	-	-
C-16:1	+	+	-	+
C-18:0	+	-	-	+
C-18:1	+	-	-	-
C-18:2	-	+	-	-
C-18:3	-	-	-	-
C-20:4	-	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

S: 3% de sebo (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

O: 3% de oleínas de soja y girasol (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

A: 3% de aceite de soja (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

(+)  $p < 0,05$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

**Tabla III.49.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos apolares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

Acido Graso	Lote*			
	C	S	O	A
C-14:0	-	-	-	-
C-16:0	-	-	-	-
C-16:1	+	+	-	+
C-18:0	-	-	-	++
C-18:1	-	-	-	-
C-18:2	-	+	-	-
C-18:3	-	-	+	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

S: 3% de sebo (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

O: 3% de oleínas de soja y girasol (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

A: 3% de aceite de soja (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

(+) p<0,05; (++) p<0,005

(-) p≥0,05 no significativo

**Tabla III.50.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos polares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas

Acido Graso	Lote*			
	C	S	O	A
C-16:0	-	-	-	-
C-16:1	-	+	-	-
C-18:0	-	+	-	-
C-18:1	-	-	-	-
C-18:2	-	-	-	+
C-18:3	-	-	-	-
C-20:4	-	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-	-

(1) % en peso

\* C: control (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

S: 3% de sebo (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

O: 3% de oleínas de soja y girasol (2 kg n=6 y 2,5 kg n=7)

A: 3% de aceite de soja (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

(+)  $p < 0,05$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

En los lípidos totales, los conejos sacrificados con 2,5 kg presentaron un mayor contenido de los ácidos grasos monoinsaturados [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los lotes C, S y A para el ácido C-16:1 y en el lote C para el C-18:1] y una menor cantidad del C-18:0 [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los lotes C y A]. Los lotes C y S mostraron un menor contenido de C-18:2 en los conejos de 2 kg, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el lote S. No se observaron diferencias significativas para los ácidos C-14:0, C-16:0, C-18:3, C-20:4 ni tampoco en el índice de iodo.

Los lípidos apolares mostraron un comportamiento similar que el de los lípidos totales, con un mayor contenido de los ácidos grasos monoinsaturados en la carne de los conejos de 2,5 kg [también con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los lotes C, S y A para el ácido C-16:1]. Igualmente, la carne de los conejos de 2,5 kg presentó una menor cantidad de C-18:0 [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el lote A]. Los lotes C y S mostraron un menor contenido de C-18:2 en la carne de los conejos de 2,5 kg [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el lote S], mientras que los lotes O y A tenían una mayor cantidad en la carne del grupo de los conejos de 2,5 kg. Además el lote O presentó un valor significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) de C-18:3 en los conejos de 2,5 kg. En el índice de iodo no se hallaron diferencias significativas.

En general, los lotes C, S y A presentaron un mayor contenido en ácidos grasos monoinsaturados y una menor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos totales y apolares con el crecimiento del animal; hechos similares a los encontrados por otros autores (Ouhayoun *et al*, 1985, 1987; Cambero *et al*, 1991a).

El peso de sacrificio influyó menos en los lípidos polares que en los totales y apolares. Las únicas diferencias significativas observadas para los polares fueron una mayor proporción de C-16:1 y un menor porcentaje de C-18:0 en conejos de 2,5 kg para el lote S y un menor contenido de C-18:2 en los animales de 2,5 kg para el lote A.

#### **III.4.3.- Efecto de la adición de 3% de grasa y 18% de soja integral**

La composición en ácidos grasos y el índice de iodo del extracto lipídico total de los conejos alimentados con las dietas adicionadas de 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) y 18% de soja integral se muestran en las tablas III.51 (conejos de 2 kg) y III.52 (conejos de 2,5 kg). Como en las experiencias anteriores (III.4.1 y III.4.2), los ácidos grasos principales fueron C-16:0, C-18:1 y C-18:2. Sin embargo, el ácido graso mayoritario fue diferente según la dieta empleada. Así, en la carne de los conejos alimentados con la dieta adicionada de sebo y soja integral (S-SI) fue el oleico, aunque el linoleico presentó valores muy próximos a aquél, mientras que en los alimentados con las dietas donde se adicionó oleínas de soja y girasol y soja integral (O-SI) o aceite de soja y soja integral (A-SI) fue el linoleico y, en ambos casos, la tasa que alcanzó este ácido graso fue bastante mayor que la lograda por el oleico, de un 30% más en el lote O-SI y un 50% más en el lote A-SI. Estos valores están muy lejanos de los que los dos ácidos grasos presentaron en el lote S-SI que como se ha dicho anteriormente fueron muy próximos (alrededor del 30% sobre el total de ácidos grasos). El ácido graso C-18:1 alcanzó valores medios más bajos en los lotes O-SI y A-SI que los encontrados en los lotes C y S-SI, siendo el valor medio de dicho ácido graso significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el lote S-SI que en los otros

**Tabla III.51.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S-SI		O-SI		A-SI	
C-14:0	3,94a	$\pm$ 0,33	2,59b	$\pm$ 0,35	2,41b	$\pm$ 0,27	1,89c	$\pm$ 0,32
C-16:0	32,69a	$\pm$ 1,89	22,52bc	$\pm$ 1,34	23,41b	$\pm$ 1,43	20,22c	$\pm$ 1,18
C-16:1	4,24a	$\pm$ 1,68	2,48b	$\pm$ 0,51	2,07b	$\pm$ 0,64	1,37b	$\pm$ 0,54
C-18:0	7,46a	$\pm$ 0,87	7,45a	$\pm$ 0,59	7,54a	$\pm$ 0,76	6,54a	$\pm$ 0,92
C-18:1	28,16a	$\pm$ 1,06	31,19b	$\pm$ 1,21	26,72ac	$\pm$ 0,73	26,11c	$\pm$ 0,68
C-18:2	20,97a	$\pm$ 2,52	30,96b	$\pm$ 1,24	35,20c	$\pm$ 2,45	40,69d	$\pm$ 1,46
C-18:3	1,80a	$\pm$ 0,27	2,12ab	$\pm$ 0,32	1,88a	$\pm$ 0,13	2,38b	$\pm$ 0,19
C-20:4	0,74a	$\pm$ 0,23	0,69a	$\pm$ 0,14	0,77a	$\pm$ 0,27	0,70a	$\pm$ 0,18
Indice de iodo	74,85a	$\pm$ 3,56	94,59b	$\pm$ 3,15	97,45b	$\pm$ 4,24	107,31c	$\pm$ 3,08

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b,c,d: Medias en una fila con distintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.52.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos totales (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*									
	C		S-SI		O-SI		A-SI			
C-14:0	3,79a	$\pm$ 0,70	2,80b	$\pm$ 0,54	1,96b	$\pm$ 0,43	2,06b	$\pm$ 0,23		
C-16:0	32,02a	$\pm$ 1,77	22,57b	$\pm$ 0,85	21,44b	$\pm$ 2,03	20,56b	$\pm$ 1,77		
C-16:1	6,51a	$\pm$ 1,35	2,81b	$\pm$ 0,47	1,89b	$\pm$ 0,77	1,88b	$\pm$ 0,77		
C-18:0	6,59a	$\pm$ 0,43	7,09ab	$\pm$ 0,51	8,05b	$\pm$ 1,07	6,45a	$\pm$ 0,60		
C-18:1	29,54a	$\pm$ 1,06	31,47b	$\pm$ 0,70	27,67c	$\pm$ 0,92	26,45c	$\pm$ 0,85		
C-18:2	18,98a	$\pm$ 2,80	30,50b	$\pm$ 1,56	36,21c	$\pm$ 2,88	39,58c	$\pm$ 2,19		
C-18:3	1,88a	$\pm$ 0,34	2,09ab	$\pm$ 0,50	1,93ab	$\pm$ 0,13	2,40b	$\pm$ 0,19		
C-20:4	0,68a	$\pm$ 0,11	0,68a	$\pm$ 0,11	0,85a	$\pm$ 0,24	0,61a	$\pm$ 0,14		
Indice de iodo	74,78a	$\pm$ 3,04	94,22b	$\pm$ 1,78	100,38c	$\pm$ 4,81	105,84c	$\pm$ 4,02		

\*C: control (n=7); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b,c: Medias en una fila con distintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

tres lotes. El ácido graso C-18:2 presentó valores significativamente más altos en los lotes O-SI y A-SI que los encontrados en los lotes C y S-SI, siendo en estos dos últimos lotes el valor medio del C-18:2 en el S-SI significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que en el C. El ácido graso C-18:3 alcanzó significativamente valores medios más altos en el lote A-SI que los observados en el lote C. Los ácidos grasos C-14:0, C-16:0 y C-16:1 presentaron unos valores significativamente más bajos ( $p < 0,05$ ) en los tres lotes donde se adicionaron 3% de las distintas grasas y 18% de soja integral (S-SI, O-SI y A-SI) que en el lote control (C). Sin embargo, el C-18:0 y el C-20:4 no presentaron diferencias significativas, salvo el C-18:0 en la carne de conejos sacrificados con 2,5 kg de peso donde el lote O-SI mostró unas cantidades significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) que en los lotes C y A-SI.

Al comparar los ácidos grasos de la dieta (tabla II.7) con los de los lípidos totales de la carne de conejo (tablas III.51 y III.52), se pudo observar, como en el caso de las dietas adicionadas de 3% de distintas grasas solamente, es decir, sin soja integral (III.4.2), una gran influencia de la dieta, sobre todo en los ácidos grasos C-18:2, C-18:1 y C-18:3. Las dietas suministradas a los conejos de los lotes O-SI y A-SI tenían mayor cantidad de C-18:2 (60%), lo que se reflejó en los lípidos de la carne de dichos lotes, que presentaron valores medios de C-18:2 significativamente más altos (35-40%) que los del lote C (20%) y S-SI (30%). Sin embargo, la carne del lote S-SI proporcionó un valor medio de C-18:2 significativamente mayor que la del lote C, aunque el porcentaje de C-18:2 de la dieta C era mayor que el de la S-SI. Esto puede deberse a que el porcentaje de energía total suministrado por la grasa es mucho mayor en la dieta S-SI que en la C, por lo que los ácidos grasos de la dieta han de influir de una forma más poderosa en el lote S-SI que en el C. Los animales alimentados con la

dieta S-SI (la más rica en C-18:1) alcanzaron un valor medio significativamente más alto en dicho ácido graso que en los otros tres lotes. La dieta A-SI era la más rica en C-18:3 y, consecuentemente, los valores medios de C-18:3 de los conejos del lote A-SI fueron más altos que los alcanzados en los otros tres lotes, tanto en los grupos de conejos de 2 como de 2,5 kg, siendo significativamente diferentes de los de los lotes C y O-SI en 2 kg y de los del lote control en 2,5 kg.

Al comparar la composición en ácidos grasos de los lípidos de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas con un 3% de grasa solamente (III.4.2) con la de los alimentados además con soja integral, se observó que las dietas con soja integral y oleínas (dieta O-SI) y soja integral y aceite de soja (dieta A-SI) ocasionaron que el contenido de C-18:2 en los lípidos totales de los correspondientes lotes fuera mayor que en los lotes de conejos alimentados con las dietas enriquecidas únicamente con oleínas (lote O) y aceite de soja (lote A). Estos valores más altos de C-18:2 se compensaron con un menor contenido de C-14:0, C-16:0 y C-16:1 en los lípidos totales de los lotes O-SI y A-SI. Sin embargo, los valores del ácido graso C-18:1 fueron similares. La adición de soja integral a las dietas con sebo elevó el contenido de C-18:2 en los lípidos totales del lote S-SI respecto del lote S, presentando ambos lotes valores similares de los ácidos C-18:0 y C-18:1, mientras que las tasas de C-14:0, C-16:0 y C-16:1 fueron más bajas en el lote S-SI que en el lote S.

La carne de los conejos alimentados con las dietas donde se adicionaron 3% de grasa y 18% de soja integral (S-SI, O-SI y A-SI) mostró un índice de iodo significativamente más alto que el hallado en el lote control (C). Estas diferencias muestran, de nuevo, el efecto de la dieta.

Las tablas III.53 y III.54 recogen la composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción lipídica apolar. En general, la fracción lipídica apolar presentó una composición cuantitativa de ácidos grasos y un índice de iodo muy similar a los hallados en el extracto lipídico total, reflejo de ser esta fracción la más abundante (90% de los lípidos totales). Las diferencias significativas entre los lotes y la influencia de la dieta fueron similares a las mencionadas para los lípidos totales. En consecuencia, todas las consideraciones hechas para los lípidos totales son también válidas para la fracción apolar.

La composición en ácidos grasos y el índice de iodo de la fracción lipídica polar se muestran en las tablas III.55 y III.56. En los lotes alimentados con dietas donde se adicionaron un 18% de soja integral y sebo, oleínas de soja y girasol o aceite de soja (lotes S-SI, O-SI y A-SI, respectivamente), los ácidos grasos mayoritarios fueron el C-18:2 (31-35%) y el C-16:0 (27-29%). En comparación con los lípidos totales (tablas III.51 y III.52) y apolares (tablas III.53 y III.54), los polares de los lotes S-SI, O-SI y A-SI presentaron un mayor porcentaje de palmítico, esteárico y araquidónico y una menor proporción de mirístico, palmitoleico y oleico. A diferencia del lote S-SI y sobre todo del control (C), los lotes O-SI y A-SI mostraron un menor porcentaje de linoleico en los lípidos polares que en los totales y apolares, lo que provocó que, aunque existieran diferencias entre los distintos lotes, fueran menos marcadas en la fracción polar que en los lípidos totales y apolares. En el ácido palmítico, las diferencias fueron también menores porque, a diferencia del lote C, en los lotes con un 3% de las distintas grasas y 18% de soja integral, la proporción de C-16:0 fue mayor en la fracción polar que en los lípidos totales y apolares. Los valores

**Tabla III.53.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*											
	C			S-SI			O-SI			A-SI		
C 14:0	4,30a	$\pm$	0,33	2,71b	$\pm$	0,51	2,65b	$\pm$	0,52	1,94c	$\pm$	0,26
C-16:0	33,16a	$\pm$	1,64	22,58b	$\pm$	1,49	23,61b	$\pm$	1,64	19,57c	$\pm$	1,23
C-16:1	4,50a	$\pm$	1,62	2,54b	$\pm$	0,62	2,17b	$\pm$	0,73	1,51b	$\pm$	0,48
C-18:0	7,39ab	$\pm$	0,63	7,95a	$\pm$	0,91	7,46ab	$\pm$	0,82	6,34b	$\pm$	0,70
C-18:1	28,52a	$\pm$	1,46	31,88b	$\pm$	0,97	27,08a	$\pm$	0,65	26,98a	$\pm$	0,57
C-18:2	20,34a	$\pm$	2,13	30,36b	$\pm$	1,83	35,14c	$\pm$	2,56	41,26d	$\pm$	1,67
C-18:3	1,79a	$\pm$	0,21	1,96a	$\pm$	0,13	1,89a	$\pm$	0,34	2,40b	$\pm$	0,13
Indice de iodo	71,81a	$\pm$	2,52	91,50b	$\pm$	3,49	95,26b	$\pm$	3,93	106,97c	$\pm$	2,98

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b,c,d: Medias en una fila con distintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.54.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos apolares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S-SI		O-SI		A-SI	
C 14:0	4,18a	$\pm$ 0,53	2,75b	$\pm$ 0,37	2,17bc	$\pm$ 0,43	1,97c	$\pm$ 0,32
C-16:0	31,97a	$\pm$ 1,72	22,16b	$\pm$ 1,28	22,02b	$\pm$ 2,06	19,98b	$\pm$ 1,68
C-16:1	6,68a	$\pm$ 1,41	2,82b	$\pm$ 0,34	2,02b	$\pm$ 0,79	1,91b	$\pm$ 0,79
C-18:0	6,89ab	$\pm$ 0,82	7,34ab	$\pm$ 0,79	7,77a	$\pm$ 1,02	6,30b	$\pm$ 0,41
C-18:1	30,08a	$\pm$ 1,28	32,51b	$\pm$ 1,21	27,85c	$\pm$ 0,45	27,27c	$\pm$ 0,49
C-18:2	18,35a	$\pm$ 2,66	30,33b	$\pm$ 0,96	36,27c	$\pm$ 3,46	40,19c	$\pm$ 2,34
C-18:3	1,84a	$\pm$ 0,16	2,08a	$\pm$ 0,17	1,90a	$\pm$ 0,19	2,37b	$\pm$ 0,12
Indice de iodo	71,93a	$\pm$ 3,77	92,59b	$\pm$ 1,94	97,86b	$\pm$ 5,41	105,60c	$\pm$ 3,72

\*C: control (n=7); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b,c: Medias en una fila con diistintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.55.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2000 g)

Acido Graso	Lote*											
	C		S-SI		O-SI		A-SI					
C-16:0	30,99a	$\pm$ 1,59	26,95b	$\pm$ 1,23	27,88b	$\pm$ 2,28	27,42b	$\pm$ 1,02				
C-16:1	1,29a	$\pm$ 0,34	0,68b	$\pm$ 0,14	0,30c	$\pm$ 0,14	0,20c	$\pm$ 0,07				
C-18:0	8,34a	$\pm$ 1,76	9,63a	$\pm$ 1,09	9,58a	$\pm$ 1,24	9,74a	$\pm$ 0,45				
C-18:1	20,57a	$\pm$ 1,84	18,17b	$\pm$ 1,39	15,75c	$\pm$ 0,86	14,90c	$\pm$ 0,71				
C-18:2	28,30a	$\pm$ 0,93	31,90b	$\pm$ 1,53	34,14c	$\pm$ 0,89	35,03c	$\pm$ 0,45				
C-18:3	2,53ab	$\pm$ 0,31	2,62a	$\pm$ 0,27	2,13b	$\pm$ 0,12	2,34ab	$\pm$ 0,26				
C-20:4	7,98a	$\pm$ 1,11	10,04b	$\pm$ 0,98	10,22b	$\pm$ 1,59	10,37b	$\pm$ 0,76				
Índice de iodo	104,40a	$\pm$ 3,08	115,26b	$\pm$ 2,75	116,02b	$\pm$ 5,31	117,83b	$\pm$ 2,97				

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);  
 O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)  
 a,b,c: Medias en una fila con distintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Tabla III.56.** Principales ácidos grasos (% en peso) e índice de iodo de los lípidos polares (media  $\pm$  desviación estándar) de la carne de conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral (peso de sacrificio 2500 g)

Acido Graso	Lote*							
	C		S-SI		O-SI		A-SI	
C-16:0	31,12a	$\pm$ 1,54	29,38ab	$\pm$ 1,90	28,72ab	$\pm$ 1,54	28,30b	$\pm$ 1,65
C-16:1	1,64a	$\pm$ 0,42	0,58b	$\pm$ 0,10	0,38b	$\pm$ 0,12	0,24b	$\pm$ 0,12
C-18:0	6,92a	$\pm$ 0,84	8,45b	$\pm$ 0,56	9,13b	$\pm$ 0,26	9,24b	$\pm$ 0,96
C-18:1	20,93a	$\pm$ 1,84	17,64b	$\pm$ 1,48	16,18bc	$\pm$ 0,76	15,28c	$\pm$ 1,35
C-18:2	28,97a	$\pm$ 1,20	31,23b	$\pm$ 1,01	32,28bc	$\pm$ 0,94	33,25c	$\pm$ 1,12
C-18:3	2,47a	$\pm$ 0,36	2,59a	$\pm$ 0,21	2,09b	$\pm$ 0,16	2,32ab	$\pm$ 0,11
C-20:4	7,96a	$\pm$ 1,17	10,13b	$\pm$ 1,07	11,21b	$\pm$ 0,48	11,37b	$\pm$ 0,76
Indice de iodo	106,05a	$\pm$ 3,66	113,71b	$\pm$ 2,98	116,29b	$\pm$ 2,33	118,26b	$\pm$ 3,05

\*C: control (n=6); S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (n=6);

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (n=7); A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (n=7)

a,b,c: Medias en una fila con distintas letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

medios del ácido oleico en los lotes con 3% de grasa y 18% de soja integral disminuyeron mucho más que en el lote C. Así, mientras en los lípidos totales y apolares el porcentaje de C-18:1 fue mayor en el lote S-SI que en el lote C, en la fracción polar alcanzó un valor más bajo y las diferencias entre lotes fueron más significativas en la fracción polar que en los lípidos totales y apolares para dicho ácido graso. A diferencia de los otros lotes, el lote A-SI mostró un menor contenido de C-18:3 en los lípidos polares que en los totales y apolares. La fracción lipídica polar de los lotes S-SI, O-SI y A-SI proporcionó una grasa más insaturada, como se refleja en un índice de iodo mayor (113-118) que el del lote control (104-106) debido, sobre todo, a la alta cantidad de C-20:4 de los lotes alimentados con las dietas adicionadas con 3% de grasa y 18% de soja integral.

La influencia de la dieta en los ácidos grasos de la fracción polar se reflejó fundamentalmente en el C-18:2, pero el efecto fue menos marcado que en los lípidos totales y apolares. Además, los conejos alimentados con dietas con alta cantidad de C-18:2 presentaron mayores porcentajes de C-20:4, debido a que este ácido graso es sintetizado en el organismo a partir del ácido linoleico de la dieta. Sin embargo, en el lote S-SI, siendo dicha dieta la más rica en C-18:1, el valor que alcanzó este ácido fue inferior significativamente al del lote C, a diferencia de las fracciones total y apolar. Ello probablemente se deba a que en la fracción polar, el porcentaje de C-18:2 de la dieta tiene una mayor influencia que el de C-18:1 en la composición en ácidos grasos de dicha fracción. Los valores significativamente más bajos de C-16:1, C-16:0 y C-18:1 de los lípidos polares de los lotes donde se adicionaron un 3% de los tres tipos de grasa y 18% de soja integral respecto al lote C se pueden atribuir al alto porcentaje de C-18:2 y C-20:4. Además, dichos lotes presentaron un mayor contenido de C-18:0 (con

diferencias significativas respecto del lote C en los conejos de 2,5 kg), lo cual puede deberse a que el ácido linoleico inhibe a la  $\Delta$ -9-desaturasa, enzima de la reacción que produce ácido oleico a partir del ácido esteárico, por lo que este último se acumula (Rosenthal, 1987). El menor contenido de C-18:3 del lote O-SI es reflejo de la menor cantidad de C-18:3 de la dieta O-SI en relación con las otras.

Aunque se encontraron diferencias en el índice de iodo fueron menos marcadas que las observadas en los lípidos totales y apolares.

La elevación del contenido total de grasa de las dietas del 3 al 6%, por la adición de soja integral, originó en los lípidos polares de la carne un mayor contenido de C-18:2 y C-20:4 y una disminución de C-16:1 y C-18:1, incluso con valores significativamente inferiores en el lote S-SI respecto del lote control, lo que no sucedió en el lote S. Al contrario que los lotes alimentados con dietas adicionadas de 3% de distintas grasas (III.4.2), los lotes S-SI, O-SI y A-SI presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto del lote C en los ácidos grasos saturados C-16:0 y C-18:0, con valores inferiores de C-16:0 y superiores de C-18:0.

La influencia del peso de sacrificio en la composición de ácidos grasos y en el índice de iodo se muestra en la tabla III.57 para los lípidos totales, en la tabla III.58 para los lípidos apolares y en la tabla III.59 para los lípidos polares.

Los lípidos totales no presentaron diferencias importantes en los ácidos grasos, observándose sólo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el C-14:0 para el lote O-SI.

**Tabla III.57.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos totales de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

Acido Graso	Lote*		
	S-SI	O-SI	A-SI
C-14:0	-	+	-
C-16:0	-	-	-
C-16:1	-	-	-
C-18:0	-	-	-
C-18:1	-	-	-
C-18:2	-	-	-
C-18:3	-	-	-
C-20:4	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-

\*S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

(+)  $p < 0,05$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

**Tabla III.58.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos apolares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

Acido Graso	Lote*		
	S-SI	O-SI	A-SI
C-14:0	-	-	-
C-16:0	-	-	-
C-16:1	-	-	-
C-18:0	-	-	-
C-18:1	-	+	-
C-18:2	-	-	-
C-18:3	-	-	-
Indice de iodo	-	-	-

\*S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg n=6 y 2.5 kg n=6)

**Tabla III.59.** Estudio comparativo (t -test) de los principales ácidos grasos (1) y del índice de iodo de los lípidos polares de la carne de conejos sacrificados a 2 kg y a 2,5 kg, alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas y soja integral

Acido Graso	Lote*		
	S-SI	O-SI	A-SI
C-16:0	+	-	-
C-16:1	-	-	-
C-18:0	+	-	-
C-18:1	-	-	-
C-18:2	-	++	++
C-18:3	-	-	-
C-20:4	-	-	+
Indice de iodo	-	-	-

\*S-SI: 3% de sebo y 18% de soja integral (2 kg n=6 y 2,5 kg n=6)

O-SI: 3% de oleínas y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

A-SI: 3% de aceite de soja y 18% de soja integral (2 kg n=7 y 2,5 kg n=7)

(+)  $p < 0,05$ ; (++)  $p < 0,005$

(-)  $p \geq 0,05$  no significativo

Tampoco hubo diferencias importantes en los lípidos apolares, sólo un mayor contenido de C-18:1 en los conejos de 2,5 kg, con diferencias significativas para el lote O-SI.

Sin embargo, en los lípidos polares, los conejos de 2,5 kg presentaron un mayor contenido de C-16:0 [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el lote S-SI] y una menor cantidad de C-18:0 [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) también para el lote S-SI], observándose en los ácidos grasos poliinsaturados, sobre todo en los lotes O-SI y A-SI, un menor contenido de C-18:2 [con diferencias significativas ( $p < 0,005$ ) para los lotes O-SI y A-SI] y una mayor proporción de C-20:4 [con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el lote A-SI]. Los ácidos grasos monoinsaturados y el índice de iodo no presentaron diferencias significativas.

## **IV.- D I S C U S I O N G E N E R A L**

La sustitución de cebada por pulpa de remolacha o la adición de grasa a la dieta, en términos generales, no afecta de una forma importante a la composición química básica de la carne de conejo. Únicamente hay que señalar una disminución significativa de los contenidos de extracto seco y grasa en el grupo de conejos de 2 kg cuando se sustituye un 50% de cebada por otro porcentaje igual de pulpa de remolacha aunque carecen de significancia desde un punto de vista práctico.

La elevación del contenido de fibra en el pienso, como se ha observado en este trabajo sustituyendo la cebada de la dieta por pulpa de remolacha, no modifica la composición en ácidos grasos de la carne de conejo. Sin embargo, como se deriva de los resultados de esta tesis doctoral y de los obtenidos por otros autores, la adición de grasa a la dieta, con una composición en ácidos grasos definida, influye poderosamente en la composición cuantitativa de los ácidos grasos de los lípidos totales de la carne de conejo. Sin embargo, esta influencia varía dependiendo del ácido graso de que se trate. A continuación, se discute, de una forma global, el comportamiento de los ácidos grasos más importantes de los lípidos de la carne de conejo al suministrar al animal dietas con diferente composición en ácidos grasos.

*Acidos grasos esenciales.* No pueden ser sintetizados en el organismo y, por lo tanto, proceden exclusivamente de la dieta; la cuantía en que están presentes en los lípidos de la carne es directamente proporcional a su riqueza en la dieta, como se muestra en este trabajo con el incremento del contenido de C-18:2 (con la adición de oleínas de soja y girasol, aceite de soja y soja integral) y de C-18:3 (con la adición de aceite de soja) en los lípidos de la carne de conejo. Semejantes resultados obtuvieron Ouhayoun *et al* (1987) con el C-18:3 al añadir aceite de linaza, Raimondi *et al* (1975b)

comparando la adición de aceite de cacahuete y de sebo y Borgman (1964) con la inclusión de ácido linoleico en la dieta. Diversos experimentos han mostrado que los conejos alimentados con una dieta carente de grasa (Ahluwalia *et al*, 1967) o dietas semipurificadas adicionadas de aceite de coco hidrogenado (Lambert *et al*, 1958; Wigand, 1959) crecieron pobremente, mostrando pérdida de pelo, debido a la deficiencia de ácidos grasos esenciales.

*Acidos palmítico y oleico.* Son los ácidos grasos más abundantes en los lípidos de la carne de conejo. Su origen es tanto alimentario como endógeno. Las variaciones que presentan en función de la composición en ácidos grasos de los lípidos de la ración son importantes y complejas (Ouhayoun *et al*, 1987). La concentración de ácido oleico en la dieta influye en la cantidad de dicho ácido en los lípidos de la carne, como se ha demostrado en este trabajo con la adición de sebo y como han observado Ouhayoun *et al* (1987) con la adición de aceite de oliva, Borgman (1964) con la inclusión de ácido oleico en la dieta y Ouhayoun *et al* (1981) con la incorporación de vainas de colza. El aumento del contenido en ácido oleico en los lípidos se corresponde con una disminución de la cantidad de ácido palmítico (Ouhayoun *et al*, 1987). En este trabajo también se ha observado el antagonismo entre el ácido oleico y el ácido palmítico en los lotes alimentados con dietas adicionadas de sebo. De la misma manera, en los lotes en que se observó un mayor contenido en ácido linoleico, las cantidades de ácido oleico y palmítico fueron menores. Ciruzzi *et al* (1973) describieron igualmente, en la grasa de conejo, una distribución dependiente entre el ácido oleico y el linoleico, así como entre los niveles de ácido palmítico y linoleico. Ouhayoun *et al* (1987) observaron que los conejos alimentados con aceite de linaza (con una gran riqueza de C-18:1 y C-18:3) no mostraron una elevación del contenido de C-18:1, aunque sí del

C-18:3. El menor contenido de ácido oleico tanto cuando se eleva la cantidad de ácido linoleico como la de linolénico se debe probablemente al hecho de que la enzima  $\Delta$ -9 desaturasa, responsable de la síntesis del ácido oleico, es inhibida por los ácidos grasos poliinsaturados (Rosenthal, 1987).

*Acido palmitoleico.* Proviene casi exclusivamente de la desaturación del ácido palmítico (Ouhayoun *et al*, 1987) ya que la grasa que se adiciona a la dieta suele contener solamente pequeñas cantidades de este ácido, excepto el sebo, que presenta unos niveles mayores. Ouhayoun *et al* (1987) observaron que los conejos alimentados con dietas adicionadas de distintas grasas (aceite de oliva, de linaza, de coco y manteca de cacao) mostraban un menor contenido de C-16:1 que los alimentados con dietas hipolipídicas, lo que se debe a una compensación relativa por el aumento de otros ácidos grasos de acuerdo con la dieta. En realidad, lo que indican los resultados de Ouhayoun *et al* (1987) es que la tasa de palmitoleico no depende de su presencia en la dieta al igual que ocurre con el palmítico (véase párrafo anterior), del que procede el C-16:1. En las experiencias descritas en esta memoria, se observó que el contenido de C-16:1 disminuyó cuando a las dietas se les adicionaron oleínas de soja y girasol, aceite de soja y soja integral y no varió significativamente respecto al lote control cuando se añadió sebo. Estos resultados hay que explicarlos por lo anteriormente descrito. Raimondi *et al* (1975b) observaron que la carne de los conejos alimentados con dietas adicionadas de sebo presentó una mayor cantidad de C-16:1 que la de los alimentados con dietas que incluían aceite de cacahuete. También señalaron que la cantidad de ácido palmitoleico de los conejos alimentados con la dieta que contenía sebo reflejó, en parte, la composición de la dieta suministrada, mientras que en aquellos animales que recibieron una dieta conteniendo aceite de cacahuete, esto no sucedió. Parece ser que la

síntesis del ácido graso palmitoleico está afectada por un mecanismo metabólico independiente de la concentración del ácido palmítico en la dieta, pues más bien depende de la presencia de los ácidos grasos poliinsaturados contenidos en los aceites vegetales (Guenter *et al*, 1971) que inhiben la desaturación del palmítico por la enzima  $\Delta$ -9 desaturasa para originar el palmitoleico, al igual que ocurría con la síntesis del oleico a partir del esteárico (Rosenthal, 1987).

*Acido esteárico.* Es poco variable y su origen es endógeno y alimentario (Ouhayoun *et al*, 1987). La dieta no influyó significativamente en la cantidad de C-18:0 de los lípidos, aunque las adicionadas de sebo presentaran un mayor contenido de C-18:0. Ouhayoun *et al* (1987) señalaron que los alimentos que contenían aceite de linaza y grasa de cacao, con mayor cantidad de C-18:0, aumentaron el contenido de dicho ácido en el tejido adiposo, pero sólo de una forma muy moderada. La menor digestibilidad del ácido esteárico en relación con los ácidos grasos saturados de menor longitud de cadena (Flanzy *et al*, 1968) y con los ácidos grasos insaturados (Hamilton y McDonald, 1969) puede influir en estos resultados. Ciruzzi *et al* (1973) encontraron en la grasa de conejo una correlación positiva entre los porcentajes de esteárico y linoleico que, sin embargo, no ha sido observada en este trabajo.

*Acido mirístico.* Su origen es principalmente endógeno (Ouhayoun *et al*, 1987). Sin embargo, estos autores observaron que su tasa se eleva considerablemente cuando el aporte alimentario de este ácido es mayor, como ocurre al adicionar a la dieta aceite de coco. Raimondi *et al* (1975b) señalaron que los conejos alimentados con dietas adicionadas de sebo mostraron un mayor contenido en C-14:0 que los alimentados con dietas adicionadas de aceite de cacahuete. Sin embargo, en el trabajo

realizado para esta tesis doctoral, el lote S no mostró un contenido medio significativamente superior al lote C aunque la dieta S presentara un contenido de C-14:0 del 4,8% del total de los ácidos grasos. Los lotes con elevados contenidos de C-18:2 mostraron un menor contenido de mirístico. Es posible que se requieran concentraciones muy altas de este ácido graso en la dieta para que se refleje de forma importante en la composición de los ácidos grasos de los lípidos de la carne, lo que puede justificar los resultados de Ouhayoun *et al* (1987) con aceite de coco, dado que contiene un 18% de ácido mirístico (White, 1992).

Sobre el efecto del nivel de grasa añadida, los lotes alimentados con dietas de 6% de grasa (III.4.3) mostraron con respecto a los lotes alimentados con dietas de 3% de grasa (III.4.2), un menor contenido de C-14:0, C-16:0 y C-16:1 y una mayor cantidad de C-18:2, lo que se reflejó en una grasa más insaturada, con un índice de iodo mayor. Sin embargo, los contenidos de C-18:0 y C-18:1 fueron similares, por lo que el enriquecimiento de las dietas con grasa no influyó en los niveles de estos dos ácidos grasos. Raimondi *et al* (1975b) también observaron, como en este trabajo, que la carne de conejos alimentados con dietas con un mayor contenido en grasa, contenía un menor porcentaje de ácidos grasos saturados, sobre todo mirístico y palmítico, y un mayor contenido en ácidos grasos insaturados. En consecuencia, la relación ácidos grasos saturados / ácidos grasos insaturados tiende a disminuir cuando los conejos son alimentados con dietas con un mayor contenido en grasa. Flanzly (1969) explicó este efecto relacionándolo con la digestibilidad de la grasa; opina que disminuye al aumentar la ración de grasa suministrada. Al alimentar a los conejos con mayor cantidad de grasa, la utilización de los ácidos grasos saturados probablemente esté bloqueada por la precipitación en forma de sales de calcio insolubles, las cuales no son absorbidas en el

intestino.

Ouhayoun *et al* (1981) señalaron diferencias en la composición en ácidos grasos de los lípidos del tejido adiposo perirrenal según el nivel de inclusión de vainas de colza de alto contenido en grasa en la dieta de los conejos. Los animales alimentados con un 30% o un 40% de vainas de colza mostraron un contenido significativamente superior de ácido oleico que los alimentados con un 15% de vainas de colza, mientras que los dos primeros lotes presentaron un contenido significativamente inferior de los ácidos grasos saturados C-14:0 y C-16:0 que el lote del 15%. Sin embargo, las cantidades de los ácidos grasos C-16:1, C-18:0, C-18:2 y C-18:3 no se vieron afectadas por el nivel de inclusión de las vainas de colza en las dietas. Al igual que Raimondi *et al* (1975b) y que los resultados reflejados en esta memoria, Ouhayoun *et al* (1981) señalaron un menor contenido de los ácidos grasos saturados C-14:0 y C-16:0 en los conejos alimentados con dietas con un mayor contenido de grasa.

La grasa de la dieta influye en la composición en ácidos grasos de los lípidos de los conejos de una manera similar al resto de los animales monogástricos. Ya hace más de medio siglo (Ellis y Hankins, 1925) que se demostró que cuando los cerdos se alimentan con dietas bajas en ácido linoleico, se produce un endurecimiento progresivo de la grasa acompañado por un incremento del total de ácidos grasos saturados. Casi simultáneamente (Ellis e Isbell, 1926) se observó el efecto contrario; la grasa de los cerdos alimentados con dietas adicionadas de aceite de maíz y soja resultó más blanda que la de los alimentados con piensos en los que se incluyeron otras grasas más saturadas.

Brooks (1971) realizó un estudio similar al descrito en esta memoria pero con ganado porcino, añadiendo en varios niveles (5, 10 y 20%) sebo y aceite de soja a una dieta base, llegando a conclusiones parecidas a las obtenidas en este trabajo para conejos. La adición de aceite de soja a la dieta ocasionó un aumento del contenido en ácido linoleico de la grasa muscular que estuvo relacionado con la proporción de este ácido en la dieta. La elevación de la cantidad de ácido linoleico supuso la disminución, principalmente, del ácido oleico, aunque también decrecieron los niveles de todos los ácidos grasos más abundantes. La adición de sebo a la dieta no tuvo efectos en el contenido de ácido linoleico de la grasa muscular, siendo el ácido oleico el que más aumentó. La adición de grasa mixta, de diversa procedencia, elevó el contenido de ácido linoleico en la grasa muscular, de acuerdo con la proporción de este ácido en la dieta.

Villegas *et al* (1973), al igual que en este trabajo con conejos, observaron en cerdos que la sustitución de la harina de soja por soja integral conduce al aumento del contenido de ácido linoleico de la grasa, incrementándose la relación ácidos grasos insaturados / ácidos grasos saturados. El grado en que aumenta el nivel de insaturación se corresponde proporcionalmente con el porcentaje de soja integral empleado en la dieta. Skelley *et al* (1975) llegaron a conclusiones similares, señalando también que el contenido de ácido oleico disminuye en la misma proporción que aumenta la cantidad de ácido linoleico.

Finalmente, Morgan *et al* (1992) han descrito que los cerdos alimentados con dietas adicionadas de sebo presentan un mayor porcentaje de C-16:0, C-16:1, C-18:0 y C-18:1 y menor de C-18:2 y C-18:3 que los que consumen piensos con aceite de soja

añadido.

En los rumiantes, dado que los microorganismos del rumen hidrogenan los ácidos grasos insaturados presentes en los alimentos, es mucho más difícil aumentar el grado de insaturación de los lípidos mediante modificación de la dieta. No obstante, se ha observado que la grasa de la dieta tiene algunos efectos en la composición de ácidos grasos de los lípidos.

Las dietas suplementadas con grasas de alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados pueden también incrementar, en cierta medida, el contenido en ácidos grasos poliinsaturados de los tejidos de los rumiantes. La suplementación de las dietas de ovejas con harina de soja sin desengrasar condujo a un incremento del porcentaje de C-18:2 en el tejido adiposo (Ackerson *et al*, 1976). Asimismo, la suplementación de las dietas del ganado vacuno con aceite de cártamo a un nivel del 6% incrementó el nivel de C-18:2 en el tejido adiposo subcutáneo (Dryden *et al*, 1973). La adición de un 14,3% de soja integral a la dieta (con un incremento del 6% en el contenido de grasa de la dieta) de ganado vacuno, ocasionó un aumento de los porcentajes de C-18:2 y C-18:3 en los lípidos totales del tejido adiposo subcutáneo (Rule y Beitz, 1986). No obstante, la modificación de la dieta no afectó a la proporción de ácidos grasos insaturados en los lípidos del tejido muscular.

También se ha intentado incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los tejidos de los rumiantes protegiendo a los lípidos de la hidrogenación de los microorganismos del rumen. En los años 70, científicos australianos (Cook *et al*, 1970; Scott *et al*, 1971; Faichney *et al*, 1972) iniciaron la

investigación en este área. La técnica para la protección de los lípidos suministrados consistió en la encapsulación de un aceite vegetal de alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados con proteína y recubriendo posteriormente el complejo aceite-proteína con formaldehído. El complejo es estable bajo las condiciones neutras del rumen, pero las condiciones ácidas del abomaso provocan su ruptura, permitiendo la absorción de los ácidos grasos poliinsaturados en el intestino delgado (Ackerson *et al*, 1976; McDonald y Scott, 1977). Posteriormente a los estudios iniciados en Australia, se han realizado otras muchas investigaciones para explorar la influencia de la suplementación con lípidos protegidos en varios aspectos de la calidad de la carne de rumiantes; por ejemplo, Dinius *et al* (1974, 1975); Garret *et al* (1976); Park *et al* (1976, 1978a,b) y se han escrito muchas revisiones (McDonald y Scott, 1977; Sink y Caporaso, 1977; Sink, 1979; Ford y Park, 1980; Lawrie, 1981). El principal problema del uso de la suplementación con lípidos protegidos es el empleo de formaldehído ya que presenta problemas sanitarios. En la actualidad, el uso de formaldehído no está permitido en la producción de animales en los Estados Unidos. La protección de los lípidos insaturados únicamente con proteínas parece ser que no los protege de la biohidrogenación en el rumen (Smith, 1991).

La modificación de los lípidos de la carne puede provocar efectos beneficiosos en la salud humana. La adición de oleínas de soja y girasol y aceite de soja en un 3% a las dietas ocasionó, en la carne de conejo, un incremento del contenido de los ácidos grasos poliinsaturados, de efectos hipolipidémicos, disminuyendo los valores de C-14:0 y C-16:0, que elevan el riesgo de enfermedades coronarias. Cuando a las dietas anteriores se les adicionó un 18% de soja integral (el contenido de grasa en las dietas pasó a ser del 6%) aumentó aún más el contenido de los ácidos grasos poliinsaturados.

disminuyendo también en mayor cuantía el contenido de los ácidos grasos saturados C-14:0 y C-16:0 en los lípidos de la carne de conejo. La adición de sebo en un 3% a la dieta, además de bajar el contenido de C-16:0 en los lípidos, significó la elevación de la proporción de C-18:1, ácido graso monoinsaturado de efecto favorable en la reducción del riesgo de enfermedades coronarias. Cuando la dieta incluyó tanto sebo en un 3% como soja integral en un 18% aumentaron tanto el contenido de los ácidos grasos poliinsaturados (elevando el de C-18:2) como el del ácido graso C-18:1, disminuyendo la cantidad de los ácidos grasos saturados mirístico y palmítico. Las ventajas que suponen para la salud estas modificaciones son obvias, pero pueden deducirse también de las consideraciones recogidas en el apartado I.7.

Los principales problemas derivados de la modificación de la composición cuantitativa de los ácidos grasos de los lípidos de la carne de conejos son los efectos adversos que se originan en la calidad de la carne.

Raimondi *et al* (1975a) observaron que la carne de los conejos que consumieron dietas sin grasa en el período anterior al sacrificio, presentó mejores características organolépticas que la de los que se alimentaron con dietas adicionadas de sebo y aceite de cacahuete, dentro de los cuales, la carne de los alimentados con piensos con aceite de cacahuete mostró mejor sabor, jugosidad y textura.

Ouhayoun *et al* (1987) observaron que la carne de los conejos alimentados con dietas adicionadas de aceite de coco presentó un sabor y aroma anómalos, probablemente debido a la liberación de ácido láurico por la acción de lipasas del tejido adiposo o por las hidrolasas de microorganismos contaminantes. Igualmente, la adición

de aceite de linaza a la dieta provocó un aroma y sabor objeccionables que pudieron aparecer como consecuencia de la oxidación del ácido linolénico. La adición de grasa también afectó a la consistencia de los lípidos. Así, la grasa perirrenal de los conejos alimentados con dietas adicionadas de coco fue firme y friable mientras que la adición de aceite de oliva a la dieta provocó grasa perirrenal blanda y translúcida.

Sin embargo, Ouhayoun *et al* (1981) señalaron que la adición de vainas de colza (15, 30 y 40%), de alto contenido en grasa, a las dietas no modificó significativamente la aceptabilidad de la carne. No obstante, la grasa perirrenal de los conejos alimentados con una mayor cantidad de vainas de colza fue más blanda y translúcida que la del lote control.

## **V.- CONCLUSIONES**

## V.1.- CONCLUSIONES PARCIALES

1.- La sustitución de cebada por pulpa de remolacha en un 15% en la dieta de conejos no afecta a la velocidad de crecimiento de los animales; sin embargo, niveles superiores de pulpa de remolacha originan un descenso apreciable de la velocidad de crecimiento y un importante incremento del índice de conversión. No se recomienda, pues, sustituir la cebada por pulpa de remolacha a niveles superiores del 15%.

2.- La inclusión de pulpa de remolacha en las dietas para conejos influye significativamente en el rendimiento a la canal sólo cuando el nivel de incorporación es del 50% y en conejos sacrificados con 2 kg de peso. Asimismo, la sustitución de cebada por pulpa de remolacha ocasiona una disminución del contenido de grasa de la carne de conejo que afecta a la fracción apolar, sobre todo, en conejos sacrificados con 2 kg de peso. Sin embargo, dicha sustitución no influye en los contenidos de cenizas y proteína de la carne.

3.- La adición de 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) con o sin 18% de soja integral no influye en la velocidad de crecimiento, ni en el rendimiento a la canal, ni tampoco en la composición química básica de la carne de conejo.

4.- La composición de ácidos grasos, tanto en los lípidos totales como en las fracciones apolar y polar, no se modifica al sustituir en la dieta la cebada por pulpa de remolacha.

5.- La adición de un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) a la dieta ocasiona una modificación importante en la composición de ácidos grasos de los lípidos totales y apolares. Los ácidos grasos más afectados son C-18:2, C-18:1 y C-18:3. Así, los grupos de conejos alimentados con dietas con oleínas de soja y girasol y aceite de soja (las más ricas en C-18:2) presentan un contenido significativamente mayor de linoleico y los alimentados con sebo (el de mayor cantidad de C-18:1), de oleico. Asimismo, la dieta con aceite de soja (la más rica en C-18:3) da lugar a niveles significativamente mayores de linolénico en los lípidos totales y apolares de la carne.

6.- La adición de 18% de soja integral a las dietas ya enriquecidas con un 3% de distintas grasas (sebo, oleínas de soja y girasol y aceite de soja) origina un aumento del contenido de C-18:2 en los lípidos de la carne de conejo.

7.- La adición de distintas grasas a la dieta con o sin soja integral también influye en los ácidos grasos de los lípidos polares de la carne de conejo, aunque en menor medida que en los lípidos totales y apolares.

8.- Al aumentar el peso de sacrificio de 2 a 2,5 kg, se produce un incremento del contenido en ácidos grasos monoinsaturados (sobre todo C-16:1) y una disminución del contenido en ácidos grasos poliinsaturados (principalmente C-18:2) en algunos lotes (donde la cebada ha sido sustituida total o parcialmente por la pulpa de remolacha y en los que se ha adicionado sólo sebo y aceite de soja). En los demás lotes el peso de sacrificio no influye en la cantidad de ácidos grasos insaturados. El peso de sacrificio no modifica, en términos generales, el contenido en ácidos grasos saturados

de los lípidos totales y apolares.

## V.2.- CONCLUSIONES GENERALES

1.- La sustitución de cebada por pulpa de remolacha hasta niveles del 15% conlleva el aprovechamiento de un subproducto de la industria azucarera y, en definitiva, un abaratamiento de la ración sin que los parámetros de crecimiento y la composición de la carne se vean afectados. Sin embargo, no se recomienda sobrepasar el nivel del 15% de pulpa de remolacha debido a los efectos negativos que se ocasionan en el crecimiento del conejo.

2.- La adición a la dieta de conejos de un 3% de oleínas de soja y girasol, de un 3% de aceite de soja o de estas grasas acompañadas de un 18% de soja integral ocasiona un importante aumento de la insaturación de los lípidos de la carne de los animales, reduciéndose, a la vez, el porcentaje de ácido palmítico, obteniéndose así una carne hipocolesterolémica. Esta ventaja, en el caso del enriquecimiento con oleínas, está acompañada de otro beneficio, consistente en el abaratamiento de la dieta al ser estos ingredientes un subproducto de la industria oleícola.

## **VI.- BIBLIOGRAFIA**

- ABDEL-NABY, A. M. 1979. M. Sc. Thesis, Assiut University, Assiut, Egipto.
- ACKERSON, B. A.; JOHNSON, R. R. y HENDRICKSON, R. L. 1976. *J. Nutr.* **106**: 1383.
- AHLUWALIA, B.; PINCUS, G. y HOLMAN, R. T. 1967. *J. Nutr.* **92**: 205.
- AL-BAR, A.; CHEEKE, P. R.; PATTON, N. M. y FORSBERG, N. E. 1991. *J. Appl. Rab. Res.* **14**: 11.
- ALLEE, G. L.; BAKER, D. H. y LEVEILLE, G. A. 1971. *J. Anim. Sci.* **33**: 1248.
- ALLEE, G. L.; ROMSOS, D. R.; LEVEILLE, G. A. y BAKER, D. H. 1972. *J. Anim. Sci.* **35**: 41.
- ALLEN, C. E. y FOEGEDING, E. A. 1981. *Food Technol.* **35**: 253.
- ANDERSON, B. A. 1988. En *Edible Meat By-Products* (Adv. Meat Res., Vol. 5), A. M. Pearson y T. R. Dutson, Eds., Elsevier, Nueva York, p. 15.
- A.O.A.C. 1980. *Official Methods of Analysis (13th edn.)*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- ARRINGTON, L. R. y KELLEY, K. C. 1976. *Domestic Rabbit Biology and Production*. University Presses of Florida. Gainesville U.S.A.
- ARRINGTON, L. R.; PLATT, J. K. y FRANKE, D. E. 1974. *J. Anim. Sci.* **38**: 76.
- ASGHAR, A.; LIN, C. F.; GRAY, J. I.; BUCKLEY, D. J.; BOOREN, A. M. y FLEGAL, C. J. 1990. *J. Food Sci.* **55**: 46.
- AUVERGNE, A.; BOUYSSON, T.; PAIRET, M.; BOUILLIER-LOUDOT, M.; RUCKEBUSCH, Y. y CANDAU, M. 1987. *Reprod. Nutr. Dev.* **27**: 755.

- AUXILIA, M.T.; MASOERO, G.; BERGOGLIO, G. y TERRAMOCCIA, S. 1980. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **13**: 53.
- AUXILIA, M.T.; MASOERO, G. y TERRAMOCCIA, S. 1979. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **12**: 43.
- BATTAGLINI, M. y COSTANTINI, F. 1971. *Ann. Fac. Agr. Univ. Stu. di Perugia* **26**: 259.
- BENSLEY, B. A. 1938. *Practical anatomy of the rabbit*. Ed. P. Blakiston's Son and Co., Filadelfia, PA.
- BERGSTROM, S. y SAMUELSON, B. 1961. *Autoxidation and Antioxidants*. W.O. Lund ed., Inter-Science Pub., Nueva York.
- BEYNEN, A. C.; KATAN, M. B. y VAN ZUTPHEN, L. F. M. 1987. *Adv. Lipid Res.* **22**: 115.
- BLASCO, A.; BASELGA, M. y GARCIA, F. 1983. *Archiv. Zootec.* **32**: 111.
- BLIGH, E. G. y DYER, W. J. 1959. *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**: 911.
- BODWELL, C. E. y ANDERSON, B. A. 1986. En *Muscle as food* (P. J. Bechtel ed.) Ed. Academic Press, Inc. Florida.
- BORGMAN, R. F. 1964. *J. Food Sci.* **29**: 20.
- BRENNER, R. R. 1981. *Prog. Lipid Res.* **20**: 41.
- BROOKS, C. C. 1971. *J. Anim. Sci.* **33**: 1224.
- BRUN, J. M. y OUHAYOUN, J. 1989. *Ann. Zootech.* **38**: 171.
- BURGOS, J. y ORDOÑEZ, J. A. 1978. *Milchwissenschaft* **33**: 555.

- BUTCHER, C.; BRYANT, M. J.; OWEN, E.; LEACH, I. y MACHIN, D. H. 1983. *Anim. Prod.* **37**: 275.
- CAMBERO, M. I. 1987. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Madrid.
- CAMBERO, M. I.; de la HOZ, L.; SANZ, B. y ORDOÑEZ, J. A. 1991a. *Meat Sci.* **29**: 153.
- CAMBERO, M. I.; de la HOZ, L.; SANZ, B. y ORDOÑEZ, J. A. 1991b. *Meat Sci.* **29**: 167.
- CAMBERO, M. I.; de la HOZ, L.; SANZ, B. y ORDOÑEZ, J. A. 1991c. *J. Sci. Food Agric.* **56**: 351.
- CAMPBELL, A. M. y HARRILL, L. T. 1971. *J. Food Sci.* **36**: 837.
- CANALE, A.; FOSSON, R. y PATRUCCO, C. 1965. *Atti. Soc. It. Sci. Vet.* **19**: 620.
- CANALE, A.; PATRUCCO, C. y FOSSON, R. 1966. *Atti. Soc. It. Sci. Vet.* **20**: 483.
- CANDAU, M.; DELPON, G. y FIORAMONTI, J. 1979. *Ann. Zootech.* **28**: 127.
- CANTIER, J.; VEZINHET, A.; ROUVIER, R. y DAUZIER, L. 1969. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* **9**: 5.
- CARABAÑO, R.; FRAGA, M. J.; SANTOMA, G. y DE BLAS, J. C. 1988. *J. Anim. Sci.* **52**: 1225.
- CASSENS, R. G. y COOPER, C. C. 1971. *Food Res.* **19**: 1.

- CAVANI, C.; MAIANI, A.; MANFREDINI, M. y ZARRI, M. C. 1988. *Ann. Zootech.* **37**: 1.
- CIVERA, T.; JULINI, M.; QUAGLINO, G. y FERRERO, E. 1989. *Industrie Alimentari* **28**: 492.
- CIRUZZI, B.; MINOIA, P.; BUFANO, G. y MUSCIO, A. 1973. *Ann. Fac. Agr. Univ. di Bari* **26**: 797.
- CLOSE, W. H.; MOUNT, L. E. y BROWN, D. 1978. *Brit. J. Nutr.* **40**: 423.
- CLOSE, W. H. y STANIER, M. V. 1984. *Anim. Prod.* **38**: 221.
- COLIN, M. 1976. *I Cong. Int. Cun. Dijon*. Com. nº 17.
- COOK, H. W. 1985. En *Biochemistry of Lipid and Membranes*. D. E. Vance y J. E. Vance eds. Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc. Menlo Park, CA, p. 181.
- COOK, L. J.; SCOTT, T. W.; FERGUSON, K. A. y McDONALD, I. W. 1970. *Nature (Lond.)* **228**: 178.
- COOKSON, F. B.; ALTSCHUL, R. y FEDEROFF, S. 1967. *J. Atheroscler. Res.* **7**: 69
- COOLS, A. y JENIAUX, CH. 1961. *Arch. Int. Physiol. Bioch.* **69**: 1.
- COPPINGS, R. J., EKHATOR, N. y GHODRATI, A. 1989. *J. Anim. Sci.* **67**: 872.
- COSTA, P. 1971. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Madrid.
- COSTANTINI, F. y BOSI, G. 1968. *Ann. Fac. Agr. Univ. Stu. Perugia* **23**: 196.

- CRAMER, D. A. y MARCHELLO, J. A. 1964. *J. Anim. Sci.* **26**: 683.
- CHANG-HAN, K. y YEON-HEE, K. 1982. *Korean J. Anim. Sci.* **24** : 452.
- CHEEKE, P. R. 1971. *Can. J. Anim. Sci.* **51**: 621.
- CHEEKE, P. R. 1972. *Feedstuffs.* **44**: 28.
- CHEEKE, P. R. y PATTON, N. M. 1980a. *Proc. II Cong. Mundial Cunicola.*  
Barcelona. **2**: 188.
- CHEEKE, P. R. y PATTON, N. M. 1980b. *J. Appl. Rab. Res.* **3**: 20.
- CHEEKE, P. R.; PATTON, N. M. y TEMPLETON, G. S. 1982. *Rabbit production.*  
Ed. The interstate PRP. Illinois. USA.
- CHEN, C. P.; RAO, D. R.; SUNKI, G. R. y JOHNSON, W. M. 1978. *J. Anim. Sci.*  
**46**: 573.
- CHRISTIE, W.W. 1978. *Prog. Lipid Res.* **17**: 111.
- CHRISTIE, W. W. y MOORE, J. H. 1971. *J. Sci. Food Agric.* **22**: 120.
- DAUNCEY, M. J. e INGRAM, D. L. 1983. *J. Agric. Sci. Camb.* **105**: 339.
- DAVIDSON, J. y SPREADBURY, D. 1975. *Proc. Nutr. Soc.* **34**: 75.
- DE BLAS, J. C.; FRAGA, M. J. y CARABAÑO, R. 1986a. *Boletín de Cunicultura* **9**:  
16.
- DE BLAS, J. C.; PEREZ, E.; FRAGA, M. J.; RODRIGUEZ, J. M. y GALVEZ, J. F.  
1981. *J. Anim. Sci.* **52**: 1225.
- DE BLAS, J. C.; SANTOMA, G.; CARABAÑO, R. y FRAGA, M. J. 1986b. *J.*

- Anim. Sci.* **63**: 1897.
- DE BLAS, J. C.; TORRES, A.; PEREZ, E. y CASADO, M. 1978. *La alimentación del conejo*. 2ª ed. Escuela Técnica Superior de Ingenieros agrónomos. Madrid.
- DEFREMERY, D. 1966. En *The Physiology and Biochemistry of Muscle as Food*. E. J. Buskey *et al*, eds. University of Wisconsin Press, Madison, p. 205.
- DELTORO, J. y LOPEZ, A. M. 1985. *J. Agric. Sci. Camb.* **105**: 339.
- DELTORO, J. y LOPEZ, A. M. 1986. *Livestock Prod. Sci.* **15**: 271.
- DELTORO, J.; LOPEZ, A. M. y BLASCO, A. 1984. *III Congreso Mundial de Cunicultura*. Roma, 580.
- DELTORO, J.; LOPEZ, A. M. y CAMACHO, J. 1988a. *Meat Sci.* **23**: 87.
- DELTORO, J.; LOPEZ, A. M. y CAMACHO, J. 1988b. *IV Congreso Mundial de Cunicultura*. Budapest, 352.
- DINIUS, D. A.; EDMONSON, L. F.; KIMOTO, W. y OLTJEN, R. R. 1975. *J. Anim. Sci.* **40**: 358.
- DINIUS, D. A.; OLTJEN, R. R.; LYON, C. K.; KOHLER, G. O. y WALKER, H. G. Jr. 1974. *J. Anim. Sci.* **26**: 683.
- DOI, O.; DOI, F.; SCHROEDER, F.; ALBERTS, A. W. y VAGELOS, R. 1978. *Biochim. Biophys. Acta* **509**: 239.
- DRYDEN, F. D.; MARCHELLO, J. A.; FIGROID, W. C. y HALE, W. H. 1973. *J. Anim. Sci.* **36**: 19.
- EICHORN, J. M.; BAILEY, C. M. y BLOMQUIST, G. J. 1985. *J. Anim. Sci.* **61**:

892.

- EICHORN, J. M.; COLEMAN, L. J.; WAKAYAMA, E. J.; BLOMQUIST, G. J.; BAILEY, C. M. y JENKINS, T. G. 1986. *J. Anim. Sci.* **63**: 781.
- EI-GAMMAL, A. M.; MAKLED, M. N. y ABDEL-NABY, M. A. 1984. *Indian J. Anim. Sci.* **54**: 227.
- ELLIS, N. R. y HANKINS, O. G. 1925. *J. Biol. Chem.* **66**: 101.
- ELLIS, N. R. e ISBELL, H. S. 1926. *J. Biol. Chem.* **69**: 219.
- ESTRADA, J. 1985. *X Symposium Cunicultura*. Expoaviga Barcelona: 209.
- FAICHNEY, G. J.; DAVIES, H. L.; SCOTT, T. W. y COOK, L. J. 1972. *Aust. J. Biol. Sci.* **15**: 205.
- FERNANDEZ, C. y FRAGA, M. J. 1992. *J. Appl. Rab. Res.* **15**: 1071.
- FERRANDO, R. 1970. *C. Ren. Acad. Sci. Serie D* **270**: 2202.
- FLANZY, J. 1969. *Journées de la recherche porcine en France*. I.N.R.A.-I.T.P., ed., Paris, 113.
- FLANZY, J.; RERAT, A. y FRANÇOIS, C. 1968. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* **8**: 537
- FOLCH, J.; LEES, M. y STANLEY, G.H.S. 1957. *J. Biol. Chem.* **226**: 497.
- FORD, A. L. y PARK, R. J. 1980. En *Developments in Meat Science*. R. A. Lawrie, Ed., Applied Science, London, p. 219.
- FORSBERG, N. E.; ILIAN, M. A.; AL-BAR, A.; CHEEKE, P. R. y WEHR, N. B. 1989. *J. Anim. Sci.* **67**: 3313.

- FRAGA, M. J.; BARRENO, C.; CARABAÑO, R.; MENDEZ, J. y DE BLAS, J. C. 1984. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar.* **21**: 91.
- FRAGA, M. J. y DE BLAS, J. C. 1977. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar.* **8**: 5.
- FRAGA, M. J.; DE BLAS, J. C.; PEREZ, F.; RODRIGUEZ, J. M.; PEREZ, C. J. y GALVEZ, J. F. 1983. *J. Anim. Sci.* **56**: 1097.
- FRAGA, M. J.; PEREZ DE AYALA, P.; CARABAÑO, R. y DE BLAS, J. C. 1991. *J. Anim. Sci.* **69**: 1566.
- FRAGA, M. J.; TORRES, A.; PEREZ, E.; GALVEZ, J. F. y DE BLAS, J. C. 1978. *J. Anim. Sci.* **47**: 166.
- FREEDEN, H. T. y HARMON, B. G. 1983. *J. Anim. Sci.* **57**: 100.
- GALLOUIN, F. 1984. *Pro Veterinario* **2**: 6.
- GARCIA, G. O. 1991. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- GARRET, W. N.; YANG, Y. T.; DUNKLEY, W. L. y SMITH, L. M. 1976. *J. Anim. Sci.* **42**: 1522.
- GERMAN, J. B. 1990. *J. Muscle Foods* **1**: 339.
- GIDENNE, T. 1987. *Ann. Zootech.* **36**: 95.
- GIDENNE, T.; PONCET, C. y GOMEZ, L. 1986. *4th Journ. Rech. Cunicole. Comm.* No. 4. Paris.
- GILKA, J. 1975. *Zivocisna Vyroba (Praha)* **20**: 639.

- GIOFFRE, F. 1988. *Coniglicultura* **25**: 43.
- GIRARD, J. P.; BOUT, J. y SALORT, D. 1988. *Journées Rech. Porcine en France* **20**: 255.
- GRANAT, J.; PALANSKA, O.; ZELNIK, J.; BULLA, J. y PALENIK, S. 1977. *Zivocisna Vyroba* **22**: 37.
- GRAY, G. M. y Mc FARLANE, M. G. 1961. *Biochem. J.* **81**: 480.
- GRIFFITHS, T. W.; GANDEMER, G.; VIAU, M. y VEDRENNE, P. 1989. *Proc. Nutr. Soc.* **48**: 5A.
- GRUNDY, S. M. 1986a. *New Engl. J. Med.* **314**: 745.
- GRUNDY, S. M. 1986b. *J. Am. Med. Assoc.* **256**: 2849.
- GUENTER, W.; BRAGG, D. B. y KONDRA, P. A. 1971. *Poultry Sci.* **50**: 845.
- GURR, M. I. 1984. En *Role of Fats in Food and Nutrition*. Elsevier Applied Science Publishers, Nueva York, p. 88.
- GURR, M. I.; BORLAK, N. y GANATRA, S. 1989. *Nutr. Res. Rev.* **2**: 63.
- GURRI, A. 1991. *Cunicultura* **16**: 22.
- HAMILTON, R. M. G. y McDONALD, B. E. 1969. *J. Nutr.* **97**: 33.
- HANSON, S. W. F. y OLLEY, J. 1963. *Biochem. J.* **89**: 101P.
- HARRINGTON, G. 1988. *Proc. Nutr. Soc.* **47**: 315.
- HARRIS, L. J. 1956. *Br. J. Nutr.* **10**: 373.

- HARRIS, D. J.; CHEEKE, P. R. y PATTON, N.M. 1981. *J. Appl. Rab. Res.* **4**: 30.
- HAY, J. O.; CURRIE, R. V. y WOLFE, F. H. 1973. *J. Food Sci.* **38**: 696.
- HECKMANN, F. W. y MEHNER, A. 1970. *Archiv. fur Geflugelzucht und Kleintierkunde* **19**: 29.
- HEGSTED, D. M.; McGANDY, R. B.; MYERS, M. L. y STARE, F. J. 1965. *Am. J. Clin. Nutr.* **17**: 281.
- HINER, R. L. 1962. *Physical composition of fryer rabbits of prime, choice, and commercial grades*. USDA Washington, DC. CA-44-37.
- HOLMAN, R. T. 1958. *Nutr. Rev.* **16**: 33.
- HOLMAN, R. T. 1986. *Prog. Lipid Res.* **25**: 1.
- HOLMES, Z. A.; WEI, S. F.; HARRIS, D. J.; CHEEKE, P. R. y PATTON, N. M. 1984. *J. Anim. Sci.* **58**: 62.
- HOLLAND, B.; WELCH, A. A.; UNWIN, I. D.; BUSS, D. H.; PAUL, A. A. y SOUTHGATE, D. A. T. 1991. *McCance and Widdowson's the composition of foods*. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- HOOVER, W. H. y HEITMANN, R. N. 1972. *J. Nutr.* **102**: 375.
- HORNSTEIN, I; ROWE, P.F. y HINER, R. 1967. *J. Food Sci.* **32**: 650.
- HOUP, T. R. 1963. *Amer. J. Physiol.* **205**: 1144.
- de la HOZ, L.; ORDOÑEZ, J. A.; ASENSIO, M. A.; CAMBERO, M. I. y SANZ, B. 1987. *Aquaculture* **66**: 149.

- de la HOZ, L.; SANZ, B.; ASENSIO, M. A.; CÁMBERO, I. y ORDOÑEZ, J. A. 1989. *Rev. Esp. Fisiol.* **45**: 187.
- HULL, D. y HARDMAN, M. J. 1971. En *Metabolic Processes in the Foetus and Newborn Infant*. J.H.P. Jonxis ed. Ed. Stenfert Kroese, Leiden.
- I.N.R.A. 1985. *Alimentación de los animales monogástricos: cerdo, conejo, aves*. Ed. Mundi-Prensa, 283 pp.
- JANIERI, A. 1987. *Riv. Coniglicoltura* **24**: 27.
- JILGE, B. y MEYER, H. 1975. *Sum. en Cuniculture*: 149.
- JONES, S. D. M.; RICHMOND, R. J.; PRICE, M. A. y BERG, R. T. 1980. *Can. J. Anim. Sci.* **60**: 223.
- JURGENS, M. H.; PEO, Jr., E. R.; VIPPERMAN, Jr., P. E. y MANDIGO, R. W. 1970. *J. Anim. Sci.* **30**: 904.
- KENNEDY, L. G. y HERSHBERGER, T. V. 1974. *J. Anim. Sci.* **39**: 506.
- KEYS, A. 1970. *Circulation* **41** Suppl.: 1.
- KING, J. O. L. 1971. *Brit. Vet. J.* **127**: 523.
- KINSELLA, J. E. 1988. *Food Technol.* **42**: 124.
- KOCH, D. E.; PARR, A. F. y MERKEL, R. A. 1968. *J. Food Sci.* **33**: 176.
- KOSTENKO, T.A.; KOZYARENKO, T. A.; ZUBKOVA, V. I. y GANUSHEVICH, A. P. 1980. *Isvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavendenii, Pishchevaya Tekhnologiya* **1**: 139.
- KOSTETSKII, E. Y.; GERASIMENKO, H. I. y KUSHNEROVA, N. F. 1977.

*Biokhimiya* **42**: 672.

- KÜHNE, D.; FREUDENREICH, P. y RISTIC, M. 1986. *Fleischwirtsch.* **66**: 403.
- LAMBERT, G. F.; MILLER, J. P.; OLSEN, R. T. y FROST, D. V. 1958. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **97**: 544.
- LANARI, D.; PARAGI-BINI, R. y CHIERICATO, G. M. 1972. *Riv. Zoot.* **50**: 337.
- LANDES, D. R. y MILLER, J. 1975. *J. Agric. Food Chem.* **23**: 551.
- LAPLACE, J. P. y LEBAS, F. 1977. *Ann. Zootech.* **26**: 413.
- LARICK, D. K. y TURNER, B. E. 1989. *J. Anim. Sci.* **67**: 2282.
- LAWRIE, R. A. 1981. En *Meat in Nutrition Health*. K. R. Franklin y P. M. Davis, eds., National Live Stock and Meat Board, Chicago, III., p. 7.
- LEBAS, F. 1973. *Ann. Zootech.* **22**: 249.
- LEBAS, F. 1975. *Le Lapin de Chair: Ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique*. Itavi documents lapin. Paris.
- LEBAS, F. 1978. *Cuniculture* **5**: 233.
- LEBAS, F. 1979. *Cuniculture* **6**: 159, 207.
- LEBAS, F. 1989. *Cuniculture* **89**: 229.
- LEBAS, F. 1992. *Cuniculture* **19**: 83.
- LEBAS, F. y COLIN, M. 1973. *Ann. Zootech.* **22**: 111.
- LEBAS, F. y COLIN, M. 1992. *Cunicultura* **17**: 314.

- LEBAS, F.; COUDERT, P.; ROUVIER, R. y DE ROUCHAMBEAU, H. 1986. *The Rabbit: Husbandry, Health and Production*. Rome: Food and Agriculture Organisation.
- LEBAS, F. y LAPLACE, J. P. 1977. *Ann. Zootech.* **26**: 575.
- LEBAS, F.; LAPLACE, J. P. y DRUMENQ, P. 1982. *Ann. Zootech.* **31**: 233.
- LEBAS, F.; SEROUX, M. y FRANCK, Y. 1981. *Ann. Zootech.* **30**: 313.
- LEE, Y. C. y AHN, H. S. 1977. *Korean J. Nutr.* **10**: 78.
- LOWRY, R. R. 1968. *J. Lipid Res.* **9**: 397.
- LUKEFAHR, S. D.; NWOSU, C. V. y RAO, D. R. 1989. *J. Anim. Sci.* **67**: 2009.
- LUX, B. y MACCAFERRI, V. 1977. *Riv. Zoot. Vet.* **5**: 537.
- LLEONART, F.; CAMPO, J. L.; VALLS, R.; CASTELLO, J. A.; COSTA, P. y PONTES, M. 1980. *Tratado de cunicultura*. Vol. 1. Real Escuela Oficial y Superior de Avicultura. Barcelona.
- McDONALD, I. W. y SCOTT, T. W. 1977. *World Rev. Nutr. Diet.* **26**: 144.
- MAKAYAWO, C. O. y COPPING, R. J. 1985. *J. Anim. Sci.* **61**: 20 (abstract).
- MANLEY, T. R. y FORSS, D. A. 1979. *J. Sci. Food Agric.* **30**: 927.
- MARCHELLO, J. A.; CRAMER, D. A. y MILLER, L. J. 1967. *J. Anim. Sci.* **26**: 294.
- MARMER, W. N.; MAXWELL, R. J. y WILLIAMS, J. E. 1984. *J. Anim. Sci.* **59**: 109.

- MARTIN, M. I.; HULLEY, S. B.; BROWNER, W. S.; KULLER, L. H. y WENTWORTH, D. 1986. *Lancet* **ii**: 933.
- MARTINEZ, J. L. 1984. En *alimentación del conejo*. (Obra coordinada y dirigida por C. De Blas), Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MARTINEZ, J. L. y FERNANDEZ, J. 1980a. *Anim. Feed Sci. Tech.* **5**: 23.
- MARTINEZ, J. L. y FERNANDEZ, J. 1980b. *Proc. II Cong. Mundial Cunícola*. Barcelona, **2**: 214.
- MASOERO, G.; CHICCO, R.; FERRERO, A. y RABINO, I. 1984. En *III Congreso Mundial de Cunicultura*. Roma, 355.
- MATTER, L. 1981. *Lebensmittelchemie u. gerichtl. Chemie* **35**: 52.
- MATTSON, F. H. y GRUNDY, S. M. 1985. *J. Lipid Res.* **26**: 194.
- MAXWELL, R. J.; MARMER, W. N.; ZUBILLAGA, M. P. y DALICKAS, G. A. 1980. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **63**: 600.
- MEAD, J. F. 1981. *Prog. Lipid Res.* **20**: 1.
- MELTON, S. L. 1983. *Food Technol.* **37**: 239.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1987. *Anuario de Estadística Agraria*. Secretaría General Técnica.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1988a, 1989, 1990. *Boletín mensual de estadística nº 1 al 12*. Secretaría General Técnica.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1988b. *Consumo alimentario en España: 1*. Secretaría General Técnica.

- MOODY, W. G. y CASSENS, R. G. 1968. *J. Food Sci.* **33**: 47.
- MOORE, J. H. y WILLIAMS, D. L. 1966. *Br. J. Nutr.* **20**: 571.
- MORAN, E. T. 1986. *Recent Adv. Anim. Nutr.* **1986**: 31.
- MORGAN, C. A.; NOBLE, R. C.; COCCHI, M. y McCARTNEY, R. 1992. *J. Sci. Food Agric.* **58**: 357.
- MORISSE, J. P. 1982. *Cuniculture* **47-9**: 259.
- MOTTA, W. 1990. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Agrónomos.
- NAKANISHI, T. y SUYAMA, K. 1966. *Jpn. J. Zootech. Sci.* **37**: 7.
- NAKANISHI, T. y SUYAMA, K. 1967. *Jpn. J. Zootech. Sci.* **38**: 223.
- NATH, D. R. y RAO, P. L. N. 1983. *Cheiron* **12**: 75.
- NIEDZWIADK, S.; KAWINSKA, J. y TUCSZYNSKA, J. 1975. *Roczniki Naukowe Zootechniki* **2**: 201.
- NIEHAUS, H. 1968. *Archiv. fur Geflugelzucht und Kleintierkunde* **17**: 25.
- N.R.C. 1977. National Academy of Sciences, National Research Council. Washington, DC.
- N.R.C. 1988. *Designing of Foods: Animal Product Options in the Marketplace*, National Research Council, National Academy of Sciences: National Academy Press, Washington, DC.
- OMOLE, T. A. y AJAVI, T. A. 1976. *Nutr. Rep. Int.* **13**: 383.

- OMOLE, T. A. y ONWNDIKE, O. C. 1981. *Anim. Feed Sci. Tech.* **6**: 43.
- OTAKE, Y.; WATANABE, M. y NAKAZATO, T. 1971. *Jap. J. Zootech. Sci.* **42**: 162.
- OUHAYOUN, J. 1974. *Cuniculture* **1**: 3, 92.
- OUHAYOUN, J. 1980. *Reprod. Nutr. Dévelop.* **20**: 949.
- OUHAYOUN, J. 1984. *Cuni. Sciences* **1**: 1.
- OUHAYOUN, J. 1985. *Proc. Assoc. Promot. Ind-Agric.* Toulouse: 117.
- OUHAYOUN, J. 1991. *Cunicultura* **16**: 13.
- OUHAYOUN, J. y CHERIET, S. 1983. *Ann. Zootech.* **32**: 257.
- OUHAYOUN, J.; DEMARNE, Y.; DELMAS, D. y LEBAS, F. 1981. *Ann. Zootech.* **30**: 325.
- OUHAYOUN, J.; GIDDENE, T. y DEMARNE, Y. 1985. *Reprod. Nutr. Dévelop.* **25**: 505.
- OUHAYOUN, J.; KOPP, J.; BONNET, M.; DEMARNE, Y. y DELMAS, D. 1987. *Sci. Aliment.* **7**: 521.
- OZIMBA, C. E. y LUKEFAHR, S. D. 1991. *J. Anim. Sci.* **69**: 2371.
- PARAGI-BINI, R.; CHERICATO, G. M. y LANARI, D. 1974. *Riv. Zoot. Veter.* **3**: 193.
- PARK, R. J.; FORD, A. L. y RATCLIFF, D. 1976. *J. Food Sci.* **41**: 633.

- PARK, R. J.; FORD, A. L. y RATCLIFF, D. 1978a. *J. Food Sci.* **43**: 874.
- PARK, R. J.; FORD, A. L. y RATCLIFF, D. 1978b. *J. Food Sci.* **43**: 1363.
- PARTRIDGE, G. G.; FINDLAY, M. y FORDYCE, R. A. 1986. *Anim. Feed Sci. and Tech.* **16**: 109.
- PARTRIDGE, G. G.; GARTHWAITE, P. H. y FINDLEY, M. 1989. *J. Agric. Sci. Camb.* **112**: 171.
- PATRUCCO, C.; SARRA, C. y FOSSON, R. 1965. *Atti. Soc. It. Sci. Vet.* **19**: 629
- PAYNE, E. 1989. *Br. J. Nutr.* **61**: 749.
- PEARSON, A. M.; LOVE, J. D. y SHORLAND, F. B. 1977. *Adv. Food. Res.* **23**: 1.
- PEREZ DE AYALA, P. 1989. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- PEREZ, E.; FRAGA, M. J.; DE BLAS, C. y RODRIGUEZ, J. M. 1982. *An. INIA Serv. Prod. Anim.* **16**: 53.
- PERSIANI, G. 1977. *Riv. Zoot. Vet.* **5**: 554
- PETROV, I.; DAMYANOVA, N. y GRIGOROV, I. 1983. *Zhivotnov`dni Naukizo* **5**: 95.
- POISMANS, R. y WITTOUCK, P. J. 1986. *Ann. Zootech.* **35**: 61.
- PORC, J. y WIDYK, J. 1980. *Gospodarka Miesna* **32**: 1, 12.
- POUKKA, R. y OKSANEN, A. 1972. *Brit. J. Nutr.* **27**: 327.

- PRICE, J. F. y SCHWEIGERT, B. S. 1976. *Ciencia de la Carne y de los productos Cárnicos*. Ed. Acribia. Zaragoza.
- PROTO, V. 1965. *Prod. Anim.* **4**: 1.
- PROTO, V. 1976. *Il Giornale degli Allevatori* **11**: 48.
- RAHEJA, R. K.; KAUR, C.; SINGH, A. y BHATIA, I. S. 1973. *J. Lipid Res.* **14**: 695.
- RAIMONDI, R.; AUXILIA, M. T.; DE MARIA, C. y MASOERO, G. 1973. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **6**, 133.
- RAIMONDI, R.; AUXILIA, M. T.; MASOERO, G. y DE MARIA, C. 1975a. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **8**: 89.
- RAIMONDI, R.; DE MARIA, C.; AUXILIA, M. T. y MASOERO, G. 1975b. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **8**: 167.
- RAIMONDI, R.; DE MARIA, C.; MASOERO, G. y AUXILIA, M. T. 1974. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **7**: 45.
- RAO, D. R.; CHAWAN, C. B.; CHEN, C. P. y SUNKI, G. R. 1979. *Proc. Symp.: The Domestic Rabbit: Potentials, Problems and Current Research*. Oregon State University Rabbit Res. Center, Corvallis, OR.
- RAO, D. R.; CHEN, C. P.; SUNKI, G. R. y JOHNSON, W. M. 1978. *J. Anim. Sci.* **46**: 578.
- RAPPORT, M. M. y ALONZO, N. 1955. *J. Biol. Chem.* **217**: 199.
- REDDY, G.; ANNAPUREDDY, R. y RAO, D. R. 1978. *J. Anim. Sci.* **46**: 584.
- REDDY, N. V.; RAO, D. R. y CHEN, C. P. 1977. *Nutr. Rep. Inter.* **16**: 133.

- RHEE, K. S. 1992. En *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. Ed. C. H. Chow. Marcel Dekker, Inc. Nueva York p.65.
- ROBINSON, O. W. 1976. *J. Anim. Sci.* **42**: 1024.
- ROCA, T.; CASTELLO, J. A. y CAMPS, J. 1980. *Tratado de Cunicultura*. Vol. 2. Ed. Real Escuela Oficial y Superior de Avicultura. Barcelona.
- ROMANS, J. R.; PALMER, I. S.; WENGER, D. R.; COSTELLO, W. J.; TUMA, H. J. y WAHLSTROM, R. C. 1974. *J. Anim. Sci.* **38**: 32.
- ROSELL PUJOL, J. M. 1980. *Alimentación del conejo doméstico*. Simp. Cun. Sevilla. 4º premios ASESCU de Cunicultura.
- ROSENTHAL, M. D. 1987. *Biochim. Biophys. Acta* **917**: 279.
- ROUGEROT, J. 1981. *Ethnozootecnie* **27**: 1.
- RUDOLPH, W. y FISHER, W. 1979. *Arch. Tierzucht.* **22**: 201.
- RULE, D. C. y BEITZ, D. C. 1986. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **63**: 1429.
- SALSE, A.; CRAMPES, F. y RAYNAUD, P. 1977. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* **17**: 559.
- SANDERS, T. A. B. 1988. *Nutr. Res. Rev.* **1**: 57.
- SANTOMA, G.; CARABAÑO, R. M.; DE BLAS, J. C. y FRAGA, M. J. 1985. *An. INIA Ser. Ganadera* **22**: 75.
- SANTOMA, G.; DE BLAS, J. C.; CARABAÑO, R. M. y FRAGA, M. J. 1987a. *Anim. Prod.* **45**: 291.

- SANTOMA, G.; PEREZ DE AYALA, P. y CARABAÑO, R. M. 1987b. *Investigacion agraria: producción y sanidad animales* **2**: 105.
- SCHANBACHER, B. D.; HAHN, G. L. y NEINABER, J. A. 1982. *J. Anim. Sci.* **55**: 620.
- SCHARNER, E. y KRAHMER, R. 1974. *Fleischwirtsch.* **28**: 34.
- SCHLOLAUT, W.; WALTER, A. y LANGE, K. 1984. *III Congreso Mundial de Cunicultura*. Roma: 445.
- SCOTT, T. W.; COOK, L. J. y MILLS, S. C. 1971. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **48**: 358.
- SINCLAIR, R. G. 1931. *J. Biol. Chem.* **92**: 245.
- SINCLAIR, A. J.; SLATTERY, W. J. y O'DEA, K. 1982. *J. Sci. Food Agric.* **33**: 771.
- SINK, J. D. 1979. *J. Food Sci.* **44**: 1.
- SINK, J. D. y CAPORASO, F. 1977. *Meat Sci.* **1**: 119.
- SKELLEY, G. C.; BORGMAN, R. F.; HANDLIN, D. L.; ACTON, J. C.; McCONNELL, J. C.; WARDLAW, F. B. y EVANS, E. J. 1975. *J. Anim Sci.* **41**: 1298.
- SLADE, L. M. y ROBINSON, D. W. 1970. *J. Anim. Sci.* **30**: 1044.
- SMITH, S. B. 1991. En *Fats and Cholesterol Reduced Foods*. C. Haberstroh and C. E. Morris, Eds., Portfolio Publishing, The Woodlands, Texas, p. 75.
- SOTILLO RAMOS, J. L. 1966. *Nutr. Anim.* **1966**: 265.
- SPECTOR, A. A.; KISER, R. E.; DENNING, G. M.; KOH, S.-W. M. y

- DEBAULT, L. E. 1979. *J. Lipid Res.* **20**: 536.
- SPECTOR, A. A. y YOREK, M. A. 1985. *J. Lipid Res.* **26**: 1015.
- SPREADBURY, D. 1978. *Br. J. Nutr.* **39**: 601.
- SPREADBURY, D. y DAVIDSON, J. 1978. *J. Sci. Food Agr.* **29**: 640.
- SPRECHER, H. 1981. *Prog. Lipid Res.* **20**: 13.
- STAMLER, J. 1979. En *Nutrition, Lipids and Coronary Disease: A Global View*, ed. R. I. Levy, B. M. Rifkind, B. H. Dennis y Ernst, Raven Press, Nueva York, p. 25.
- STEPHENS, A. G. 1977. *Proc. Nutr. Soc.* **36**: 4A.
- STUFFLEBEAN, B. S. y LASLEY, J. F. 1969. *J. Hered.* **60**: 15.
- SUGAHARA, M.; BAKER, D. H.; HARMON, B. G. y JENSON, A. H. 1970. *J. Anim. Sci.* **31**: 59.
- SUNKI, G. R.; ANNAPUREDDY, R. y RAO, D. R. 1978. *J. Lipid Res.* **26**: 1015.
- SWEETEN, M. K.; CROSS, H. R.; SMITH, G. C. y SMITH, S. B. 1990. *J. Food Sci.* **55**: 43.
- TELEKI, M. y DARWISH, A. M. 1969. *Acta Agronom. Hung.* **18**: 93.
- TEMPLETON, G. S. 1968. *Domestic Rabbit Production*. The Interstate Printers and Publishers. Danville, I. L.
- THACKER, E. J. 1956. *J. Nutr.* **58**: 243.
- THOMPSON, A. B. 1980. Torry Document 1457 (Torry Research Station, Aberdeen,

Scotland).

TOPEL, D. G. 1986. *J. Anim. Sci.* **63**: 633.

TSIMBALOVA, N. M.; KUDIN, A. E. y GORSHKOVA, E. I. 1979. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavendenii, Pishchevaya Tekhnologiya* **5**: 26.

TU, C.; POWRIE, W. D. y FENNEMA, O. 1967. *J. Food Sci.* **32**: 30.

TUCKER, H. A.; PETITCLERE, D. y ZINN, S. A. 1984. *J. Anim. Sci.* **59**: 1610.

TURKII, P. R. y CAMPBELL, A. M. 1967. *J. Food Sci.* **32**: 151.

UBERTALLE, A. 1970. *Industrie Alimentari* **9**: 83.

USDA. 1963. *Composition of Foods, Raw, Processed, Prepared*. Agric. Handbook 8. ARS, USDA, Washington, DC.

USDA. 1973. *The ABC's of Domestic Farm-raised Rabbit Meat*. Circular nº 549. Washington, DC.

USDA/USDHHS. 1985. *Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans*. (2nd ed) US Department of Agriculture US Department of Health and Human Services.

VALLS, R. 1982. *El Campo*. (*Bol. Inf. agr. del Banco de Bilbao*) **88**: 7.

VAREWYCK, H. y BOUQUET, Y. 1982. *Ann. Zootech.* **31**: 257.

VEZINHET, A. y PRUD'HON, M. 1975. *Anim. Prod.* **20**: 363.

VIALARD, V. y RAYNAUD, P. 1966. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie* **160**: 2478.

- VILLEGAS, F. J.; HEDRICK, H. B.; VEUM, T. L.; McFATE, K. L. y BAILEY, M. E. 1973. *J. Anim. Sci.* **36**: 663.
- VORBECK M. L. y MARINETTI, G. V. 1965. *J. Lipid Res.* **6**: 3.
- WEIHRAUCH, J. y SON, Y.S. 1983. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* **60**: 1971.
- WERTZ, T. W. y DOWNING, D. T. 1983. *J. Lipid Res.* **24**: 753.
- WHEELER, T. L.; DAVIS, G. W.; STOECKER, B. J. y HARMON, C. J. 1987. *J. Anim. Sci.* **65**: 1531.
- WHITE, P. J. 1992. En *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. Ed. C. H. Chow. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, p.237.
- WHITING, R. C. y JENKINS, R. K. 1981. *J. Food Sci.* **46**: 1693.
- WIGAND, G. 1959. *Acta Med. Scand., Suppl.* **166**.
- WILCOX, F. H.; CHERMS, F. L.; VAN VLECK, L. D.; HARVEY, W. R. y SHAFFNER, C. S. 1963. *Poult. Sci.* **42**: 37.
- WILLIS, A. L. 1981. *Prog. Lipid Res.* **20**: 839.
- ZEGARSKA, Z.; MARKIEWICS, K. y SMOCZYNSKI, S. 1979. *Zesz. Nauk. Art. Olszt. Technologia Zywnosci* **15**: 167.
- ZUMALACARREGUI, J. 1975. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de León. Universidad de Oviedo.