

## Tesis de Maestría

# Efectos de la inclusión de sojilla como suplemento alimenticio de novillos en pastoreo sobre ciertos parámetros de calidad de la carne vacuna

Panella, Fernando Pablo

2004

Tesis presentada para obtener el grado de Magister Scientiae de la Universidad de Buenos Aires en el área de Bromatología y tecnología de la industrialización de alimentos de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Panella, Fernando Pablo. (2004). Efectos de la inclusión de sojilla como suplemento alimenticio de novillos en pastoreo sobre ciertos parámetros de calidad de la carne vacuna. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

[http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n4452\\_Panella](http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4452_Panella)

**Cita tipo Chicago:**

Panella, Fernando Pablo. "Efectos de la inclusión de sojilla como suplemento alimenticio de novillos en pastoreo sobre ciertos parámetros de calidad de la carne vacuna". Tesis de Magister. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2004.

[http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n4452\\_Panella](http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4452_Panella)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires

**EFFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE SOJILLA  
COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO DE  
NOVILLOS EN PASTOREO SOBRE CIERTOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE  
VACUNA**

*Vet. Fernando Pablo Panella*

Tesis presentada como requisito para optar al grado de  
MAGISTER SCIENTIAE

Director: Dr. Juan José Grigera Naón



78840

MAESTRÍA EN BROMATOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LA  
INDUSTRIALIZACIÓN DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

BUENOS AIRES, OCTUBRE DE 2004



***A mi esposa, a mi hija y a mis hijos por nacer***

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Juan José Grigera Naón por haberme permitido integrar el grupo de trabajo en Calidad de Carnes de la FAUBA, por haber guiado mi trabajo de tesis y por su cuidadosa corrección del trabajo final.

Al Dr. Darío Colombatto por su permanente y valiosa disposición y colaboración.

A la Ing. Agr. MSc. Patricia Allocati por su permanente disposición y por su asistencia en el análisis estadístico de los datos experimentales.

A la Dra. María Elena Cossú por su asistencia en el análisis experimental de ciertas muestras y por su contribución en la revisión de parte del trabajo final.

A la Ing Agr. Marisa Wawrzkievicz por su valioso asesoramiento en el análisis químico de las muestras.

A todos los profesionales que trabajan en el Laboratorio de Carnes de la FAUBA, que de un modo u otro me brindaron su colaboración y apoyo.

A los docentes de los cursos de postgrado por su aliento y apoyo en mis estudios.

A mis compañeros de Maestría por su amistad y por haberme permitido compartir momentos de alegría y de incertidumbre.

A la Dra. Olga Gonzalez por su invaluable apoyo y estímulo permanente.

Al Dr. Daniel Salamone y a los integrantes de la Cátedra de Fisiología Zootécnica por su apoyo.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, por haber estimulado la realización de esta carrera de postgrado y por haber financiado parte de los cursos.

A mis padres, por estimular mi formación profesional.

A mi hermano, por su asistencia informática y por la impresión del trabajo final.

A todas las personas que en algún momento participaron de alguna forma en la realización de este trabajo, que hoy no recuerdo pero que no quiero dejar de valorar.

## LISTADO DE ABREVIATURAS

**$\Delta^9$  d:**  $\Delta^9$  desaturasa

**a\*:** tono y saturación de rojo como parámetro de medición de color

**AG n-3:** ácidos grasos omega 3

**AG n-6:** ácidos grasos omega 6

**AG:** ácidos grasos

**b\*:** tono y saturación de amarillo como parámetro de medición de color

**C:** cenizas

**CLA:** ácido linoléico conjugado

**EAS:** grupo de tratamiento efecto residual de la suplementación con sojilla

**EE:** extracto etéreo

**EGD:** espesor de grasa dorsal

**FC:** fuerza de corte

**GIM:** grasa intramuscular

**GM:** grado de "marmoleo"

**HDL:** lipoproteínas de alta densidad

**L\*:** luminosidad como parámetro de medición de color

**LDL:** lipoproteínas de baja densidad

**MS:** materia seca

**MUFA:** ácidos grasos monoinsaturados

**PB:** proteína bruta

**pHu:** pH último

**PUFA:** ácidos grasos poliinsaturados

**SFA:** ácidos grasos saturados

**SO:** grupo de tratamiento suplementación con sojilla

**SP:** grupo de tratamiento control; exclusivamente pastoril

**TP:** evaluación de terneza por panel

**UFA:** ácidos grasos insaturados

**VLDL:** lipoproteínas de muy baja densidad

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
Panorama mundial de las carnes .....	1
Situación argentina del sector de carnes bovinas .....	5
Producción de carne bovina en Argentina .....	7
Descripción del ciclo de producción .....	7
Sistemas de engorde .....	9
La sojilla como suplemento alimenticio de la dieta animal ..	10
Calidad de la carne bovina .....	11
Composición de la carne vacuna.....	12
Lípidos .....	15
pH y características sensoriales: color y terneza .....	23
La carne bovina en la nutrición y salud humana .....	27
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	34
Objetivos .....	34
Hipótesis .....	34
MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
Diseño experimental .....	35
Análisis físico-químico .....	36
Técnicas analíticas .....	37
Determinación del perfil de ácidos grasos .....	37
Determinación de índices .....	39
Determinación de pH .....	40
Determinación de color .....	40
Determinación de terneza .....	40
Análisis estadístico .....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
Análisis de la sojilla .....	42
Comportamiento productivo .....	43
Efectos sobre la calidad de la carne .....	44
CONCLUSIONES .....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	67

## ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

**Cuadro 1** - Precios internacionales de la carne

**Cuadro 2** - Producción mundial de carne

**Cuadro 3** - Exportaciones mundiales de carne

**Cuadro 4** - Evolución del consumo de carnes de la década 1991-2000

**Cuadro 5** - Actividad relativa a las carnes bovinas en Argentina

**Cuadro 6** - Características del músculo *Longissimus* de toros y novillos

**Cuadro 7** - Perfil de la composición de ácidos grasos del pasto y de la soja

**Cuadro 8** - Factores que influyen parámetros de la calidad de la carne

**Gráfico A** - Cambios de pesos tisulares en función del peso de la medias

**Cuadro 9** - Composición de la res bovina (%)

**Gráfico B** - Composición de la carne bovina en función del peso de la res

**Gráfico C** - Evolución de los depósitos grasos en función del engrasamiento

**Cuadro 10** - Desarrollo relativo del tejido graso subcutáneo en los bovinos

**Gráfico D** - Evolución de la grasa extractable en función del peso vivo

**Cuadro 11** - Composición de ácidos grasos (mg/ 100 mg de ácidos grasos) de músculo (lomo) desgrasado de carne vacuna proveniente de 4 supermercados

**Gráfico E** - Metabolismo ruminal y tisular de los ácidos grasos de 18 carbonos

**Cuadro 12** - Coeficientes de correlación simple entre algunos parámetros de calidad de res, calidad de carne , tecnológicos, sensoriales e instrumentales

**Cuadro 13** - Coeficientes de correlación simple entre distintos parámetros de calidad de carne

**Cuadro 14** - Patrones de ácidos grasos utilizados para la corrida cromatográfica

**Cuadro 15**– Análisis microscópico, químico y perfil de ácidos grasos de la sojilla

**Cuadro 16**– Duración del período de engorde y peso de faena en función de la dieta

**Cuadro 17**– Composición química de la carne en función de la dieta

**Cuadro 18**– Efecto de la dieta sobre la materia seca y el extracto etéreo

**Cuadro 19**– PB (%) según dieta dentro de cada corte

**Cuadro 21** Composición de ácidos grasos de la carne

**Cuadro 22**– Índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa

**Cuadro 23**– Relaciones entre ácidos grasos de importancia nutricional

**Cuadro 24**– pH de la carne bovina en función de la dieta

**Cuadro 25**– Color de la carne bovina en función de la dieta

**Cuadro 26**– Terneza (medida como fuerza de corte) de la carne bovina en función de la dieta



## RESUMEN

Cuarenta y un novillos Aberdeen Angus en pastoreo (n=41) de 21 meses de edad y con un peso vivo promedio de 390 Kg  $\pm$  28 Kg fueron utilizados para evaluar la influencia de la suplementación de sojilla sobre el desempeño productivo y sobre ciertos parámetros de la calidad de la carne, tales como la composición química, la composición de ácidos grasos incluyendo el contenido de CLA, el pH y parámetros sensoriales determinados instrumentalmente: color y terneza. Del total de los animales, veinte (n=20) conformaron el grupo control (grupo SP), que consumieron una dieta exclusivamente pastoril, a base de trébol blanco y festuca. Los novillos restantes (n=21) fueron suplementados con sojilla, con un nivel de consumo del suplemento equivalente al 1.1 % del peso vivo de los animales. Cuando diez (n=10) de estos últimos alcanzaron el punto de faena fueron sacrificados (grupo SO), y a partir de entonces al lote remanente de once novillos (n=11) le fue retirada la suplementación y fueron terminados con una dieta exclusivamente pastoril hasta su faena (grupo EAS). El punto de faena fue el mismo para los tres grupos de tratamiento, habiendo sido determinado por apreciación visual del grado de terminación, registrándose el peso vivo y los días de tratamiento al momento del envío a faena. Durante el desposte de las medias reses, se separaron los cortes correspondientes al bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) y al peceto (músculo *Semitendinosus*) para su análisis de laboratorio. El peso vivo al momento de faena y la duración del período de tratamiento fueron: 478, 481 y 499 kg, y, 144, 118 y 74 días para los grupos SP, EAS y SO respectivamente, mostrando diferencias significativas que representaron un acortamiento del período de engorde final (terminación) y un mayor peso vivo de los animales que consumieron sojilla. Los parámetros químicos -promedio entre ambos músculos- que resultaron afectados significativamente por la dieta fueron la materia seca y el extracto etéreo con valores de 30.7, 29.9 y 29.2, y, 14.7, 12.9 y 9.8

para los grupos SP, EAS y SO respectivamente. No se hallaron diferencias significativas para la proteína bruta cuando se consideraron independientemente la influencia del corte y de la dieta, aunque sí tuvo significancia la interacción entre el corte y la dieta. Resultó interesante el hallazgo que a similar grado de terminación, un mayor nivel de consumo de sojilla produjo animales más pesados y con menor nivel de grasa intramuscular, lo que indica un mayor desarrollo de otros tejidos y/o de aquellos depósitos adiposos que no fueron evaluados en este trabajo. De todos modos, los tres grupos de tratamiento tuvieron un porcentaje de grasa intramuscular considerado saludable para las dietas humanas. La composición de ácidos grasos mostró diferencias significativas para ambos músculos considerados en el contenido de ácido palmítico (16:0), ácido oleico (18:1 n-9) y MUFA, con valores crecientes para el primero y decrecientes para los últimos a mayor nivel de inclusión de sojilla como suplemento. Cuando ambos músculos se consideran independientemente, el músculo *Longissimus dorsi* presentó diferencias en el contenido de 18:2 n-6, AG n-6, en la relación AG n-6/AG n-3 y en el contenido de CLA. 18:2 n-6 y AG n-6 tuvieron valores crecientes con mayor inclusión de sojilla; la relación AG n-6/ AG n-3 fue más alta para el grupo SO, más baja para el grupo EAS e intermedia para el grupo SP, mientras que el contenido de CLA fue menos para el grupo SO que para los otros dos grupos. El músculo *Semitendinosus* presentó niveles crecientes en el contenido de SFA en la carne de los grupos alimentados con mayor nivel de sojilla. La  $\Delta^9$  desaturasa, enzima que interviene en la síntesis tisular de CLA –entre otros- mostró diferencias significativas en su actividad entre ambos músculos estudiados dentro de cada tratamiento, aunque también fue influenciada por la dieta, siendo su actividad menor cuanto mayor consumo de sojilla tuvieron los novillos. Otro aspecto de la calidad nutricional de la carne bovina considerado fue la relación PUFA / MUFA y entre los AG hiper e hipocolesterolémicos, las cuales mostraron diferencias significativas entre músculos que demostrarían variaciones en el

metabolismo lipídico de éstos, aunque también se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos dietarios. Las diferencias encontradas en estas relaciones se debieron principalmente a variaciones en el contenido de dos ácidos grasos: 16:0 y 18:1 n-9. Desde el punto de vista de la salud del consumidor, ambos parámetros fueron afectados desfavorablemente por la inclusión de sojilla a la dieta animal. Hubo notables diferencias entre la composición de ácidos grasos de la gran mayoría de los trabajos internacionales con aquellos obtenidos en este trabajo, y si dicha composición de ácidos grasos es considerada como evaluatoria de la calidad nutricional, resulta en este aspecto ampliamente favorable para nuestra carne bovina. Los resultados de pH y de calidad sensorial instrumental de color y terneza sólo mostraron diferencias significativas poco consistentes en el pH y en el color del músculo *Semitendinosus* y no presentó diferencias en la evaluación de terneza; por consiguiente, la suplementación con sojilla no afectó- o lo hizo débilmente- los parámetros de pH ni las características sensoriales instrumentales. Por lo tanto, la inclusión de sojilla como suplemento del pastoreo directo de novillos mejoró el desempeño productivo y en general no modificó la calidad tecnológica y sensorial, aunque redujo levemente las ventajas que la alimentación pastoril posee sobre la calidad nutricional de la carne bovina.

## ABSTRACT

Forty one, 21 months old Aberdeen Angus steers grazing pasture (n=41) and weighing an average of 390 kg  $\pm$  28 Kg were used to assess the influence of a supplement of by-products of soybean harvest on productive performance and some parameters of beef quality, such as chemical composition, fatty acid composition including conjugated linoleic acid (CLA) concentrations, pH and sensorial parameters (color and tenderness), determined objectively. Of the total amount of animals, twenty (n=20) made up the control group (group SP), which were fed exclusively on pasture, which was composed of white clover and tall fescue. The remaining steers (n=21) were supplemented with by-products of soybean harvest, with an equivalent of 1.1 % of their live weight. When ten (n=10) of the latter reached the point of slaughter, they were sacrificed (group SO) and from then on the supplement was removed from the remaining eleven steers (n=11), which were finished exclusively on pasture until their slaughter (group EAS). The slaughter point was the same for the three treatment groups, being the finishing degree determined by visual appreciation. Both the live weight and the time elapsed to slaughter were recorded. During the cutting up of the half carcass, both *Longissimus dorsi* and *Semitendinosus* muscles were separated for the lab analysis. The live weight at slaughter and the length of treatment period were 478, 481 and 499 Kg, and 144, 118 and 74 days for the SP, EAS and SO groups, respectively, showing significant differences which indicated a shorter fattening period and a higher live weight for the animals receiving by-products of soybean harvest. The average chemical parameters between both muscles which were significantly affected by the diet were dry matter (%) and fat (% of DM), with values of 30.7, 29.9 and 29.2, and 14.7, 12.9 and 9.8 for groups SP, EAS and SO, respectively. No significant differences were found for raw protein when the influence of muscle and diet was considered independently, although the interaction between muscle and

diet was significant. At a similar finishing degree, a higher level of supplement feeding produced heavier animals with a lower level of intramuscular fat, which suggests a greater development of other tissues and/or those fat depots, not assessed in this study. Anyway, the three treatment groups had an intramuscular fat percentage considered healthy for human diet. In both muscles, the fatty acid composition showed significant differences in terms of palmitic acid (16:0), oleic acid (18:1 n-9) and MUFA contents, with increasing values for the first and decreasing values for the last two, as the level of supplement was increased. When both muscles were considered independently, muscle *Longissimus dorsi* showed differences in the content of 18:2 n-6, FA n-6, the FA n-6/FA n-3 ratio and the CLA content. The 18:2 n-6 and FA n-6 showed increasing values with a higher inclusion of the supplement, whereas the FA n-6/FA n-3 ratio was higher for the SO group, lower for EAS group and intermediate for SP group. The CLA contents were lower for the SO group than for the other two groups. The muscle *Semitendinosus* showed increasing SFA content levels in the meat of groups fed with a higher amount of the supplement. The  $\Delta^9$  desaturase, an enzyme which takes part in the tissue synthesis of CLA, showed significant differences in its activity between both muscles studied within each treatment, although it was also influenced by diet. Its activity was lower as the level of supplement was higher. Another aspect of the nutritional quality of beef that was considered was the PUFA/MUFA ratio and the ratio between hyper and hypocholesterolemic fatty acids, which showed significant differences between muscles. These findings suggest variations in their lipidic metabolism, although there were also significant differences among treatments. The differences found in these ratios were mainly due to variations in two fatty acid contents: 16:0 and 18:1 n-9. From the point of view of the consumer's health, both parameters were unfavorably affected by the inclusion of soybean harvest by-products in animal diet. There were remarkable differences between the fatty acid composition of beef

previously reported in most international research and that obtained in this study. If fatty acid composition is considered as a component of beef nutritional quality, the data presented here suggest that quality of Argentinean beef would be higher than other beef. The results of pH, color and tenderness showed not very solid significant differences in pH and color of muscle *Semitendinosus*, but did not show any differences in tenderness. Therefore, it was concluded that the supplement neither affected pH parameters nor instrumental sensorial features, or at least it affected them slightly. Thus, the inclusion of by-products of soybean harvest as a supplement for grazing steers improved productive performance and did not generally modify technological and sensorial quality, although it slightly reduced the advantages of pasture feeding on the beef nutritional quality.

## INTRODUCCIÓN

### Panorama mundial de las carnes

Según el informe de la FAO, es probable que en el año 2003, suban los precios internacionales de la carne como efecto de una contracción de los suministros, según se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1 - Precios internacionales de la carne**

	Índices de la FAO de precios internacionales de la carne	Promedio de precios internacionales de la carne			
		Pollo 1/	Cerdo 2/	Vaca 3/	Cordero 4/
	1990-92=100	dólares EE.UU./tonelada			
1994	102	921	2 659	2 384	2 975
1995	99	922	2 470	1 947	2 621
1996	96	978	2 733	1 741	3 295
1997	96	843	2 724	1 880	3 393
1998	83	760	2 121	1 754	2 750
1999	84	602	2 073	1 894	2 610
2000	85	592	2 083	1 957	2 619
2001	84	645	2 077	2 138	2 912
2002	81	579	1 830	2 127	3 303
2003	n.d.	510 <sup>5/</sup>	1 758 <sup>5/</sup>	2 163 <sup>6/</sup>	3 626 <sup>6/</sup>

FAO (2002)

1/ Pollo en trozos, valor unitario de exportación de Estados Unidos. 2/ Carne de cerdo congelada, valor unitario de exportación de Estados Unidos. 3/ Carne de vaca manufacturada, precios cif de Australia a los Estados Unidos. 4/ Cordero entero en canal, congelado, Nueva Zelanda, precios al por mayor en Londres. 5/ Enero 2003. 6/ Enero-febrero 2003.

Según las previsiones, para el año 2003, la producción total de carne alcanzará los 248 millones de toneladas, volumen superior en un 1 por ciento al del año anterior (cuadro 2). En los países desarrollados, el fuerte aumento de la oferta en 2002, que hizo bajar los precios, debería

de ceder dada la merma de cerca del 1 por ciento de la producción. Como consecuencia, se prevé que el vigoroso avance de la producción registrado en las regiones en desarrollo, particularmente América del Sur, debería de elevar su proporción en los totales mundiales a un 57 por ciento, frente al 46 por ciento de 1990.

Con respecto a la carne bovina, como la producción de los países desarrollados descenderá en un 3 por ciento en 2003, es probable que la parte de la producción mundial de los países en desarrollo aumente a un 52 por ciento, o sea 1 por ciento más que el año pasado y un 9 por ciento más que al comienzo de los años noventa. Los grandes avances de la producción en América del Sur están encabezados por el Brasil, colocándolo a poca distancia de la UE, que es el segundo productor mundial de carne de vacuno. Entre tanto, el alto rendimiento obtenido en Argentina y el Uruguay, países afectados por la fiebre aftosa en 2001, continuará apuntalando los avances regionales.

**Cuadro 2 - Producción mundial de carne**

	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u> <u>estim.</u>
	(....millones de toneladas....)		
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>237,5</b>	<b>244,7</b>	<b>247,7</b>
Carne de ave	70,4	72,9	74,5
Carne de cerdo	91,7	94,3	95,8
Carne bovina	59,4	61,3	61,2
Carne ovina y caprina	11,5	11,7	11,8
Otras carnes	4,5	4,5	4,5
<b>PAISES EN DESARROLLO</b>	<b>132,0</b>	<b>136,8</b>	<b>140,4</b>
Carne de ave	37,0	38,6	39,9
Carne de cerdo	54,1	56,1	57,6
Carne bovina	29,9	30,8	31,5
Carne bovina argentina	2,45	2,7	S/D
Carne ovina y caprina	8,2	8,4	8,6
Otras carnes	2,8	2,8	2,9



**Cuadro 2 - Producción mundial de carne (continuación)**

<b>PAISES DESARROLLADOS</b>	<b>105,5</b>	<b>107,9</b>	<b>107,3</b>
Carne de ave	33,5	34,3	34,6
Carne de cerdo	37,6	38,2	38,2
Carne bovina	29,5	30,5	29,7
Carne ovina y caprina	3,3	3,3	3,2
Otras carnes	1,6	1,6	1,6

FAO (2002)

Los totales se han calculado a partir de datos no redondeados

Según se prevé, en 2003 el comercio mundial de carne alcanzará los 19,2 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 2 por ciento, como se muestra en el cuadro 3. Este crecimiento es considerablemente inferior al del 5 por ciento experimentado en 2002, y sólo la mitad del crecimiento anual registrado en el período 1995/2002. La mayoría de los mercados que en los años anteriores habían cerrado debido a las preocupaciones suscitadas por cuestiones sanitarias han vuelto a abrir; pero la evolución de los precios de la carne y las oportunidades de comercio en los mercados mundiales de la carne se verán muy influenciada por las medidas de distorsión del comercio impuestas por los principales países importadores de carne. Se prevé que en 2003 la competencia entre los exportadores por la cuota de mercado seguirá siendo muy fuerte por la influencia de la evolución de los precios relativos y de las tasas de cambio diferenciales.

**Cuadro 3 - Exportaciones mundiales de carne <sup>1/</sup>**

	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u> <u>pronóstico.</u>
	(... miles de toneladas...)		
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>17 869</b>	<b>18 767</b>	<b>19 151</b>
Carne de ave	7 842	7 925	8 029
Carne de cerdo	3 472	3 998	4 020
Carne bovina	5 544	5 875	6 143
Carne ovina y caprina	728	682	664
Otras carnes	283	287	294

FAO (2002)

Los totales se han calculado a partir de datos no redondeados.

<sup>1/</sup> Incluidas la carne (fresca, refrigerada, congelada preparada y enlatada), equivalente del peso en canal; excluidos los envíos de las reses vivas, las menudencias y el comercio intracomunitario de la UE.

Es probable que la disminución de los suministros de carne bovina ejerzan una presión al alza sobre los precios en 2003; aunque se supone que los envíos de los productos sudamericanos cotizados a precios más bajos aumentarán la participación en los mercados mundiales. Los precios de la carne de vacuno sudamericana se mantendrían bajos a raíz de la devaluación de las monedas argentina y brasileña registrada en 2002, que dio lugar a una disminución del 22 y 23 por ciento de sus respectivos precios de exportación de carne de vacuno expresados en dólares EE.UU..

En referencia a los niveles de consumo (cuadro 4), los aumentos del consumo de carne en 2003 se prevén principalmente en los países en desarrollo, en los que el consumo por habitante podría aumentar a 28,9 kg. En los países desarrollados, la disminución de los suministros y las perspectivas de precios más altos podría traducirse en un descenso del consumo total de carne por habitante a 80,6 kg.

El siguiente cuadro muestra la evolución del consumo de las distintas carnes y categorías de países durante la década 1991-2000.

**Cuadro 4—Evolución del consumo de carnes de la década 1991-2000**

Consumo Kg /persona /año	AÑO									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
<b>Mundial</b>										
Carne de ave	8.0	8.2	8.6	8.9	9.4	9.6	10.1	10.3	10.7	11.1
Carne de cerdo	13.1	13.4	13.6	13.8	13.8	13.6	14.0	14.8	15.1	14.8
Carne bovina	10.3	10.0	9.8	9.8	9.9	9.8	9.8	9.7	9.8	9.7
Carne ovina y caprina	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8
<b>Países desarrollados</b>										
Carne de ave	20.1	20.1	20.0	20.6	20.9	21.3	21.9	22.3	22.4	23.0
Carne de cerdo	29.1	28.9	28.6	27.7	27.8	27.7	26.5	28.4	29.1	28.3
Carne bovina	27.0	25.5	24.4	24.1	23.5	23.2	22.9	22.7	22.4	22.1
Carne ovina y caprina	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2
<b>Países en desarrollo</b>										
Carne de ave	4.2	4.6	5.1	5.4	6.1	6.1	6.7	6.9	7.3	7.7
Carne de cerdo	8.1	8.6	9.0	9.6	9.7	9.5	10.4	10.9	11.1	11.1
Carne bovina	5.2	5.2	5.3	5.5	5.8	5.9	6.1	6.0	6.2	6.3
Carne ovina y caprina	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7
<b>Argentina</b>										
Carne de ave	12.5	16.1	22.5	23.5	23.9	23.0	23.9	27.0	27.9	27.7
Carne de cerdo	4.5	5.5	7.6	7.9	7.0	6.6	6.1	7.2	7.9	7.9
Carne bovina	66.3	65.2	65.0	61.7	56.1	54.5	56.3	56.3	60.2	58.9
Carne ovina y caprina	2.7	2.1	2.1	2.7	2.5	2.0	1.9	1.6	1.5	1.6

FAO (2002)

**Situación Argentina del sector de carnes bovinas**

El cuadro 5 condensa en unos pocos datos, alguno de los rasgos sobresalientes de la actividad vinculada a las carnes bovinas en nuestro país, a lo largo del año 2002.

**Cuadro 5 – Actividad relativa a las carnes bovinas en Argentina**

<u>Item</u>	<u>2002</u>	<u>2001</u>	<u>Dif. (%)</u> <u>2002-</u> <u>2001</u>
Faena total (miles de cabezas)	11433.2	11584.3	-1.3
Producción total (miles de tn.)	2511	2488.8	0.9
Precio del novillo (\$ / kg)	1.52	0.768	97.9
Precios minoristas (\$ / kg)	4.90	3.54	38.4
Consumo aparente (kg /hab. /año)	61.2	67.4	-9.2
Exportaciones (tn. de producto)	201881	83642	141
Exportaciones (miles de US\$)	448697	228228	97

Dirección de Industria Alimentaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (2003).

La faena se redujo en 1,3 % respecto del 2001 y la composición se modificó hacia un incremento en la participación de las categorías de mayor edad (novillos y vacas), mientras que la producción aumentó, pese a la reducción de la faena, principalmente por la mayor participación de novillos dentro de la faena, junto con un incremento en el peso de sus carcasas. Tanto los precios de la hacienda (Liniers) cuanto los minoristas, reflejaron en diferente medida los sucesos que vivió el mercado de carnes pos-devaluación de la moneda. Por otra parte el consumo cayó en términos interanuales algo más del 9 %, a partir de la reducción de los ingresos de los consumidores, combinado con un fuerte crecimiento de las ventas externas. En cuanto a las exportaciones, la remoción de parte de las restricciones sanitarias que pesaban sobre los envíos cárnicos de nuestro país, junto con la devaluación de la moneda nacional, impulsaron fuertemente los embarques durante el año.

## **Producción de carne bovina en Argentina**

### **Descripción del ciclo de producción**

La cadena de producción de carne bovina en nuestro país está compuesta por varios integrantes que interactúan en forma permanente. En la actividad intervienen cuatro grandes actores: los productores agropecuarios, los industrializadores, los comercializadores y los consumidores. Los productores agropecuarios, como eslabón primario de la cadena, producirán los animales a partir de los cuales se obtendrá el producto final, la carne vacuna, que deberá satisfacer los requerimientos de calidad del último eslabón, los consumidores, que transmitirán dichos requerimientos a todos los demás actores de la cadena. La satisfacción de los consumidores de carne bovina implica la conjunción de cualidades de sanidad, seguridad, uniformidad, terneza, presentación y nivel de grasa. Estas exigencias hacen que cada uno de los actores de la cadena productiva definan sus condiciones de producción y de trabajo para obtener la relación más favorable entre sus costos y sus beneficios.

Para la obtención de los animales en condiciones de ser faenados, la producción bovina está integrada por dos actividades bien diferenciadas y especializadas: la cría y el engorde. La actividad de cría, que se realiza en campos de menor calidad, y bajo un sistema extensivo, tiene como fin la producción de terneros. El éxito de la cría se fundamenta principalmente en la eficiencia reproductiva y en el mejor aprovechamiento de la superficie ganadera.

Los animales que continúan en la etapa de engorde son las terneras – más tarde serán vaquillonas- que no sean retenidas para la reposición de las reproductoras y los terneros machos. Éstos últimos serán castrados antes de los 6 meses –luego serán novillitos y novillos- para favorecer el

desarrollo de los tejidos comestibles con la calidad requerida, como se muestra en el cuadro 6.

**Cuadro 6 - Características del músculo *Longissimus* de toros y novillos**

Item	Toros	Novillos
Cantidad	40	40
Peso de la res (kg)	216	214
Grasa intramuscular (%)	0.6	1.7
Fuerza de corte (kg)	8.2	7.9
pH final	6.16	5.64

Grupo de calidad de reses y carnes de la FAUBA (1999)

Los terneros serán recriados y engordados por los invernadores en mejores campos y con alimentación de mayor calidad, y alcanzarán el peso y grado de engrasamiento (terminación) adecuado de acuerdo a la demanda del mercado. La eficiencia productiva de la invernada se sustenta particularmente en un aumento del ritmo de ganancia de peso provocando un reducción del período de engorde y por lo tanto un incremento en la circulación del capital de trabajo (animales) por unidad de superficie ganadera.

Los objetivos productivos de la actividad de cría como de invernada se cimientan sobre un óptimo estado sanitario de los animales.

Algunos de los establecimientos son de actividad mixta, es decir, crían y engordan la propia producción de terneros. Asimismo, la actividad ganadera habitualmente coexiste con la actividad agrícola.

El tipo de animal (raza, sexo, edad) y su alimentación tendrá influencia en la calidad de la carne proveniente de los mismos.

Los industrializadores son aquellos que faenan a los animales y despostan (despiezan) a las reses; tienen una gran responsabilidad en términos sanitarios, de trazabilidad (rastreabilidad) y de la calidad de la carne en parámetros como el pH, color y terneza de la carne.

Los comercializadores son vinculantes del resto de la cadena productiva transmitiendo las exigencias de calidad a sus proveedores.

### **Sistemas de engorde**

La recría y engorde varía desde un sistema pastoril extensivo sin suplementación hasta un sistema en confinamiento permanente (feedlot). Entre estos extremos se observan una gama de variantes que incluye mayor eficiencia en la utilización del forraje aumentando la carga animal - por ejemplo por pastoreo rotativo o confección de reservas -, cultivos forrajeros en algunas épocas del año (verdeos) y suministro de suplementación con alimentos concentrados durante distintos períodos de tiempo. En el país ocurrieron cambios importantes en el sector agropecuario que se tradujeron en la necesidad de aumentar la eficiencia productiva, a raíz de los aumentos de los gastos de estructura y la reducción de los costos operativos. Una forma relevante de aumentar la eficiencia es mediante el acortamiento del período de engorde, particularmente en aquellas estaciones críticas como el invierno, donde las ganancias diarias de peso son bajas. La suplementación de las invernadas, de creciente adopción en estos tiempos, no cuenta con estrategias consistentes y ha respondido más a situaciones coyunturales que a una respuesta planificada. La utilización de los subproductos agroindustriales en raciones para vacunos cobró relevancia como factor clave para reducir los costos.

La suplementación invernal durante 60 días con grano de maíz partido a novillos en terminación mejoró la productividad, que significó una reducción de 80 días del período de invernada ( Grigera Naón et al., 1999).

### ***La sojilla como suplemento alimenticio de la dieta animal***

La sojilla, resultante de la limpieza del poroto de soja en las plantas de acopio, constituye un producto de alta disponibilidad en la región pampeana. Comúnmente contiene un porcentaje superior al 60 % de porotos de soja partidos. Existe poca información sobre la composición física y química de este subproducto y sobre la respuesta a su utilización en la producción y calidad de carne vacuna ( Josifovich, 1995). Su alto contenido en ácidos grasos insaturados, si bien son en gran parte biohidrogenados en el rumen, es de gran importancia a la hora de obtener carnes rojas más saludables. En una experiencia que investigaba el efecto de la alimentación animal sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, se prepararon dietas que contenían porotos de soja extrudados; la composición de ácidos grasos de estos últimos fue: 12,6 % de ácido palmítico (16:0), 4,1 % de ácido esteárico (18:0), 26,0 % de ácido oléico (18:1), 1,6 % de ácido oléico *trans* (*trans* 18:1), 48,6 % de ácido linoléico (18:2) y 7,1 % de otros ácidos grasos (Madron et al., 2002).

Por otra parte, la pastura posee 2 g/ 100 g de materia seca de lípidos (Van Soest, 1994), la mayoría son glicolípidos y fosfolípidos. Los ácidos grasos presentes en mayor proporción son el 18:3, 16:0 y 18:2. El grado de maduración influye sobre la producción animal de CLA (ácido linoléico conjugado {18:2 *cis* 9- *trans* 11}), siendo el pasto joven mayor promotor de la producción de CLA que el maduro, así como también, el pasto fresco resulta en una mayor producción de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) que el forraje conservado (Bauman et al., 1999; French et al., 2000). En referencia a este ácido graso, hay experiencias que sugieren efectos sinérgicos entre los sustratos lipídicos y otros componentes de la pastura que afectan los procesos de biohidrogenación en el rumen (Bauman et al., 1999).



El cuadro 7 muestra valores comparativos de la composición porcentual de ácidos grasos del pasto y del poroto de soja (Van Soest, 1994).

**Cuadro 7- Perfil de la composición de ácidos grasos del pasto y de la soja**

Componente	Porcentaje de ácidos grasos							
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0
Pastura	1.1	16.0	2.5	2.0	3.4	13.2	61.3	< 0.5
Poroto de soja	< 0.5	10.7	< 0.5	3.9	22.8	50.8	6.8	< 0.5

Peter Van Soest (1994).

### Calidad de la carne bovina

La carne constituye el producto final de un complejo proceso biológico con múltiples facetas, que se extiende desde la producción del animal vivo hasta la satisfacción de las exigencias del consumidor.

La calidad de la carne bovina es influenciada en varios de sus parámetros, por un gran número de factores que actúan sobre toda la cadena productiva, según se resume en el cuadro 8.

**Cuadro 8- Factores que influyen parámetros de la calidad de la carne**

Factores	Parámetros afectados
<i>Genéticos</i>	
Especie	Calidad de carcasa y de la carne
Razas y líneas	Calidad de carcasa y de la carne
Sexo	Adiposidad de la res y de la carne
Tipo de músculo	Composición y calidad sensorial de carne
<i>Técnicas de producción</i>	
Castración	Adiposidad
Estabulación y densidad	Características sensoriales de la carne
Condiciones climáticas	Características sensoriales de la carne
Edad y peso al sacrificio	Composición y características sensoriales

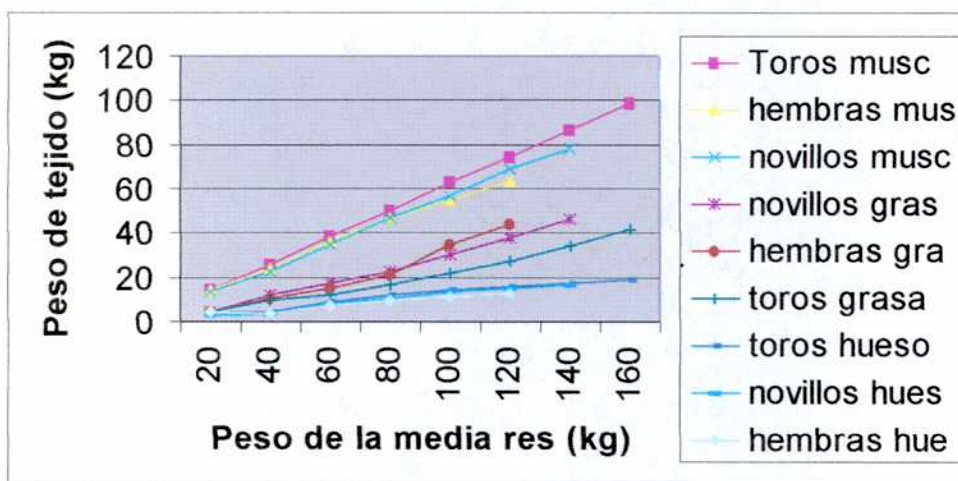
<b>Cuadro 8- Factores que influyen en parámetros de la calidad de la carne (continuación)</b>	
<i>Técnicas de producción</i>	
Alimentación	Composición de la res y carne Características sensoriales de la carne
<i>Sacrificio</i>	
Estrés del transporte	Características tecnológicas y sensoriales de la carne
Condición de ayuno	
Enfriado o congelamiento de la res	
<i>Conservación</i>	
Tiempo de conservación	Características sensoriales
Eficiencia de la cadena de frío	Calidad higiénica-sanitaria
Temperatura y humedad ambiente	

Grupo de calidad de reses y carnes de la FAUBA (1999)

### **Composición de la carne vacuna**

Considerando la etapa productiva, durante el período de recría y terminación de los animales ocurren dos procesos fisiológicos, el crecimiento y el desarrollo; el primero provoca un aumento de la cantidad de tejidos comestibles y el segundo, un cambio en las proporciones de éstos últimos, que influyen en la calidad de la carne, como se muestran en los gráficos A, B, C y D y en los cuadros 9 y 10.

**Gráfico A- Cambios de pesos tisulares en función del peso de la media res**



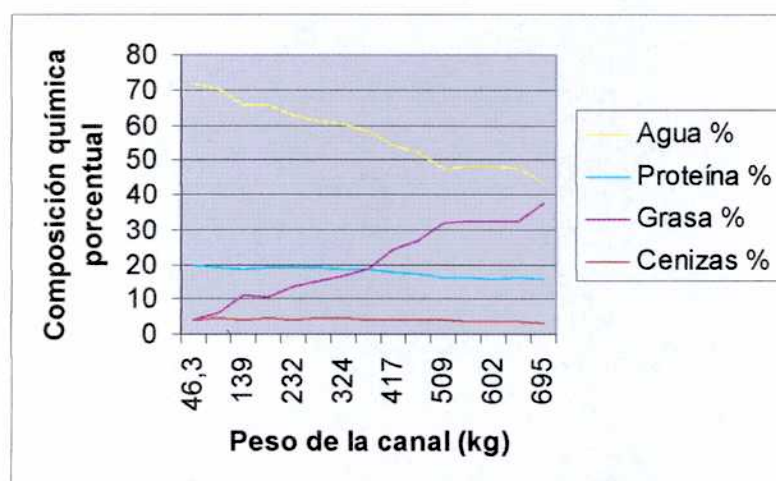
Berg y Fukuhara , citado por Butterfield y Berg (1978).

**Cuadro 9 - Composición de la res bovina (%)**

Animales	Flacos	Promedio	Gordos
Músculo	66	59	50
Grasa	16	25	37
Hueso y otros	18	16	13
Relación músculo/ hueso	3.7	3.7	3.8

Adaptado de Kempster et al. (1982). Grupo de calidad de reses y carnes de la FAUBA (1999)

**Gráfico B- Composición de la carne bovina en función del peso de la res**

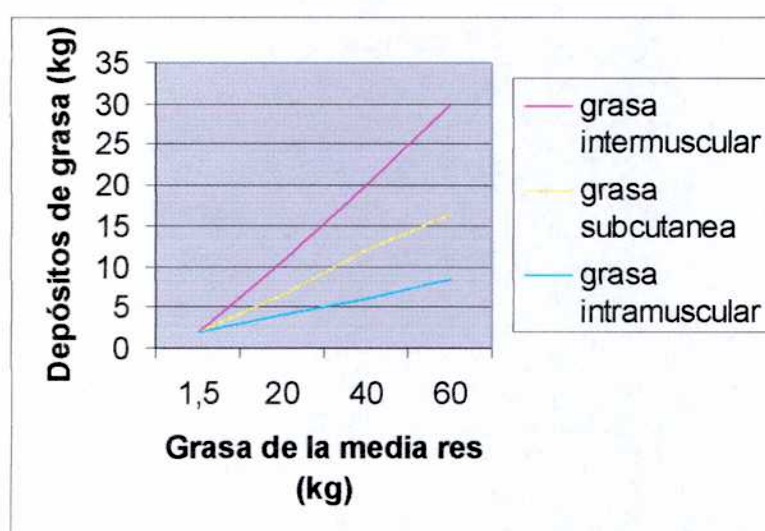


Haecker (1920), citado por Butterfield y Berg (1978).

En concordancia con el gráfico anterior, al aumentar el tiempo de alimentación con concentrados hay un incremento del contenido de grasa intramuscular y concomitantemente, una disminución del contenido de minerales, proteínas y humedad (Duckett et al., 1993).

Durante la deposición de grasa, el ritmo al cual ésta se acumula en el animal, varía según el depósito considerado (ver gráfico C y cuadro 10).

**Gráfico C - Evolución de los depósitos grasos en función del engrasamiento**



Johnson et al. (1972), citado por Butterfield y Berg (1978).

**Cuadro 10 - Desarrollo relativo del tejido graso subcutáneo en los bovinos**

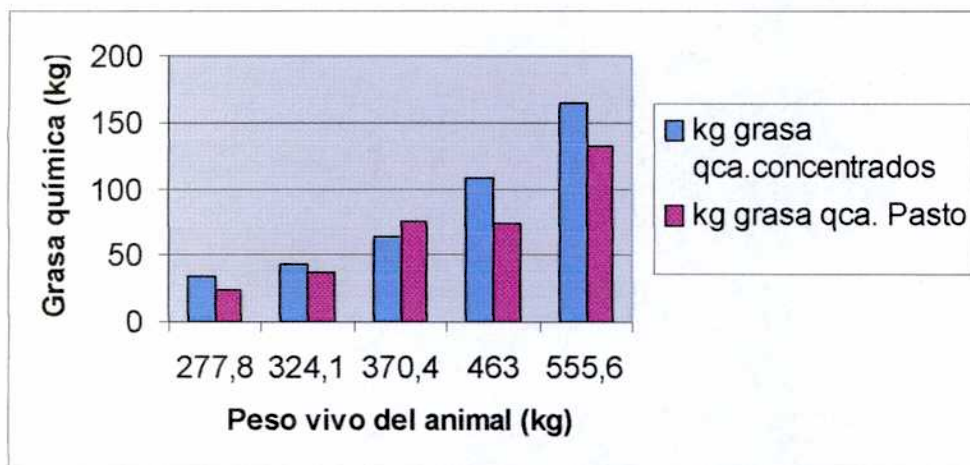
Relación tejido adiposo subcutáneo / tejido graso intramuscular			
Animales	Flacos	Promedio	Gordos
Relación	0.3	0.6	0.9

Adaptado de Kempster et al. (1982). Grupo de calidad de reses y carnes de la FAUBA (1999)

Por otra parte, la dieta (concentrados versus pasto) modifica la cantidad de grasa de los animales en función del peso vivo, como se muestra en el gráfico D.



**Gráfico D - Evolución de la grasa extractable en función del peso vivo**



Haecker (1920), citado por Butterfield y Berg (1978).

## Lípidos

Está bien demostrado, que los ácidos grasos n-6 y n-3 son esenciales para todos los mamíferos y aves dado que no poseen desaturasas capaces de sintetizarlos. Dicha esencialidad se relaciona con su rol de precursores de sustancias de gran actividad fisiológica como las prostaglandinas (mediadores en la regulación de la presión sanguínea), tromboxanos (trombogénicos, promotores de la agregación) y prostaciclina (con propiedades vasodilatadoras y antiagregantes); y también por su papel estructural en membranas celulares y subcelulares formando parte de los fosfolípidos. Los AG n-3 son componentes de lípidos estructurales de muchos tejidos, tales como el del cerebro, y además poseen la capacidad de reducir la biosíntesis de eicosanoides a partir del ácido araquidónico - la supresión de la síntesis de estos compuestos es deseable para reducir ciertos factores de riesgo de la enfermedad cardiovascular-. Esto último es posible por la inhibición competitiva entre los ácidos grasos n-3 y n-6 en los procesos

de desaturación y elongación de las cadenas. A partir de esta competencia, surge una relación recomendada entre AG n-6 y n-3 ingeridos con la dieta (Slobodianik de Gurevich, 2000). Otros beneficios de los AG n-6 y particularmente de AG n-3 se relacionan con su influencia sobre el catabolismo lipídico, produciendo una disminución de la lipogénesis hepática, menor liberación de triglicéridos, disminución de la cetogénesis y un incremento de la oxidación de los lípidos (Clark et al., 2000, citado por Scollan et al., 2003).

Otro aspecto de implicancia nutricional, es aquel relativo a la posición de los ácidos grasos en la molécula de grasa. La mayoría de las grasas que han sido examinadas por degradación parcial utilizando lipasa pancreática, los AG saturados se encuentran preferentemente en las posiciones alfa o extremas de la molécula de glicerol (Savary y Desnuelle, 1959, citado por Lawrie, 1998). La ubicación de los ácidos grasos determina los niveles de absorción intestinal, en función de la misma (Decker, 1996).

Se sabe que el colesterol forma parte de las membranas celulares, tejido nervioso, síntesis de sales biliares y hormonas esteroideas. Todos los mamíferos son capaces de sintetizarlo (no se encuentra en los vegetales), aunque la síntesis se puede inhibir por la absorción del colesterol proveniente de la dieta. Un tercer mecanismo regulatorio de su nivel plasmático es la excreción a través de la bilis (Slobodianik de Gurevich, 2000).

Los principales lípidos del plasma son los triacilglicéridos, el colesterol libre, sus ésteres, fosfolípidos y ácidos grasos libres. Estos últimos son transportados por la albúmina, mientras que los demás lo hacen en forma de complejos macromoleculares, las lipoproteínas, compuestas por 4 familias principales: quilomicrones, VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad), LDL (lipoproteínas de baja densidad) y HDL (lipoproteínas de alta densidad). Los quilomicrones se sintetizan en el intestino y al llegar al hígado se transforman en VLDL y LDL, siendo las

lipoproteínas el resultado del metabolismo concatenado. Las VLDL y las LDL transportan lípidos y colesterol hacia los tejidos periféricos. Las LDL (producto catabólico de las VLDL) es la que posee mayor poder aterogénico. Las HDL transportan el colesterol desde los tejidos hacia el hígado para ser degradado o excretado en la bilis (N.A.S., 2003; Ganong, 1984).

Por otra parte, es bien conocido que el tejido adiposo de los rumiantes (cuadro 11), contiene una cantidad elevada de ácidos grasos saturados y una baja relación entre los ácidos grasos poliinsaturados y los ácidos grasos saturados, comparado con los animales no rumiantes. Esto se debe a la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados en el ambiente ruminal.

**Cuadro 11 - Composición de ácidos grasos (mg/ 100 mg de ácidos grasos) de músculo (lomo) desgrasado de carne vacuna proveniente de 4 supermercados** (Wood et al., 1999, adaptado de Enser et al., 1996)

Ácido Graso	mg/ 100 mg de ácidos grasos
12:0	0.1
14:0	2.7
16:0	25.0
16:1	4.5
18:0	13.4
18:1 n-9	36.1
18:2 n-6	2.4
18:3 n-3	0.7
20:4 n-6	0.63
20:5 n-3	0.28
22:6 n-3	0.05
Polinsaturados (PUFA)/ saturados (SFA)*	0.11
n-6/ n-3	2.11
Lípidos en carne desgrasada (g/ kg)	38

\* PUFA/ SFA = 18:2 n-6 + 18:3 n-3 / 12:0 + 14:0 + 16:0

Los consumidores demandan alimentos más sanos y esto promueve el interés de producir carne bovina con una composición de ácidos grasos y nivel de colesterol acorde con dicha exigencia. Sin embargo, el perfil de

ácidos grasos en la carne vacuna, así como ocurre con la grasa de la leche, es altamente resistente a la manipulación por modificación de la dieta, debido a las condiciones bioquímicas imperantes en el rumen, como se comentó anteriormente.

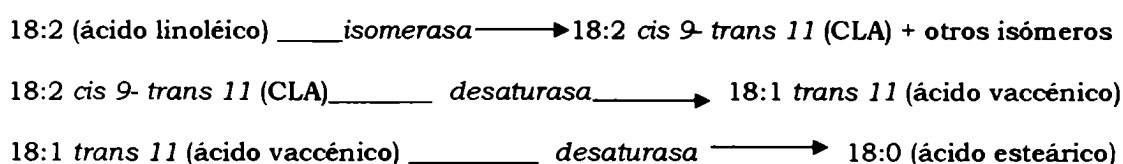
Otro aspecto de la carne y la leche obtenidos de los rumiantes es que son una rica fuente natural de ácido linoléico conjugado (CLA), en particular, *cis-9, trans-11* octadecadienoico (Chin et al., 1992; Fritsche y Steinhart, 1998, citado por Madron et al., 2002; McGuire y McGuire, 2000). Los CLA son un conjunto de isómeros geométricos y posicionales del ácido octadecadienoico (18:2 n-6, ácido linoléico) con dobles ligaduras conjugadas. Kramer et al. (1998<sup>a</sup>), citado por Bauman et al. (2000), propuso nombrar al isómero 18:2 *cis 9- trans 11* como ácido ruménico.

El contenido de CLA en leche bovina promedia 5,5 mg/ g de grasa, donde más del 90 % corresponden al isómero *cis-9, trans-11*, 18:2. Las carnes bovinas contienen de 2,9 a 4,3 mg de CLA/ g de grasa, El isómero *cis-9, trans-11*, 18:2 representó cerca del 60 % (Shanta et al., 1994, citado por Enser et al., 1999) a más del 79 % del total (Chin et al., 1993, citado por Tanaka, 2001).

Este isómero posee potenciales atributos beneficiosos para la salud (Pariza, 1999, citado por Griswold et al., 2003), a partir de varias actividades biológicas, entre las que se incluyen anticarcinogénesis (Pariza et al., 1979; Pariza y Hargraves, 1985; Ha et al., 1987, citados por Bauman et al., 1999; N.A.S., 2003; NRC, 1996), antiaterogénesis, favorecimiento de la promoción del crecimiento (Tanaka, 2001), mejora de la mineralización ósea, efectos antidiabéticos, mejora de la respuesta inmune (Cook et al., 1993) y reductor de la deposición de grasa corporal y modificador de la partición de nutrientes (Banni y Martin, 1998; Houseknecht et al., 1998; citados por Bauman et al., 1999; Belury, 1995; Park et al., 1997).



La secuencia del metabolismo de los rumiantes que determina su presencia en el tejido adiposo muscular, comienza con la hidrólisis ruminal de los lípidos (triacilglicéridos, glicolípidos y fosfolípidos) mediante lipasas microbianas y posteriormente, por una incompleta biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados por las bacterias ruminales (Kepler y Tove, 1967) y por isomerización del ácido linoléico dietario (Enser et al., 1999; Bauman et al., 1999). Los pasos metabólicos en el rumen, para una completa hidrogenación son:



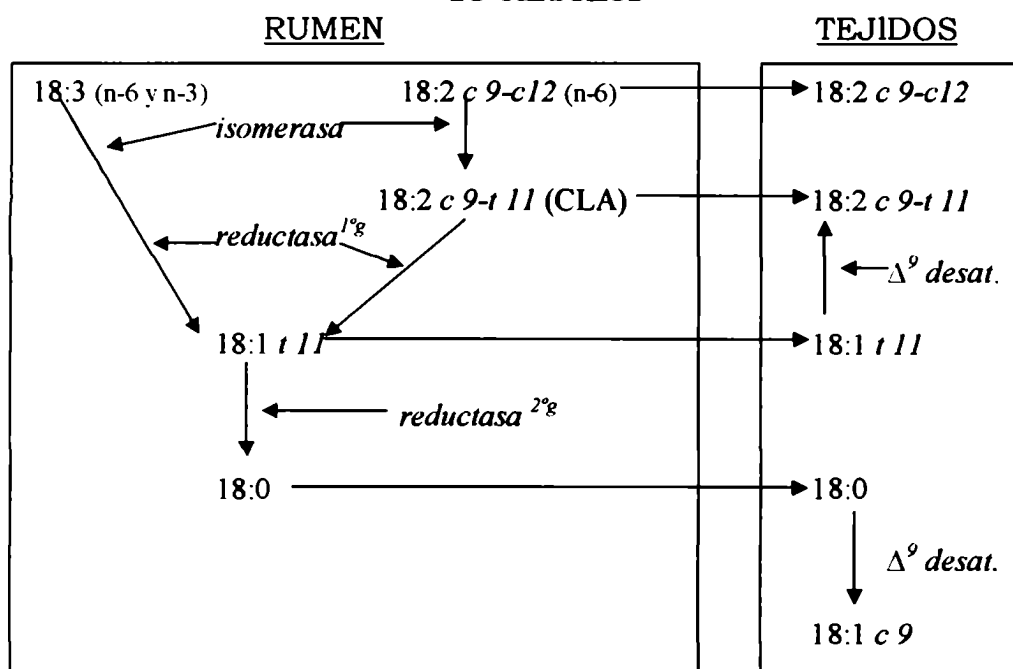
Los caminos metabólicos de la biohidrogenación ruminal de ácido linoléico y linolénico hacia ácido esteárico consisten en una isomerización inicial seguida por reacciones de hidrogenación (Harfoot y Hazlewood, 1997, citado por Griswold et al., 2003). La reacción de isomerización inicial se produce en la doble ligadura *cis*-12 (Bauman et al., 1999) y sus productos, incluyendo el 18:2 *cis* 9-*trans* 11, son rápidamente convertidos a 18:1 *trans* 11, según indican estudios *in vitro* (Bauman et al., 1999). Por otra parte, hay dos grupos de bacterias reductoras: un primer grupo que hidrogena los ácidos grasos isomerizados provenientes de los ácidos grasos 18:2 y 18:3, hasta el intermediario 18:1 *trans* 11 y un segundo grupo que hidrogena este último para producir ácido esteárico (18:0); siendo la tasa de actividad enzimática mayor para las del primer grupo que para las del segundo grupo (Bauman et al., 1999), la actividad de estas últimas limitarían ambas reacciones (Griinari y Bauman, 1999, citado por Griswold et al., 2003). Esto permite que se incremente la concentración de 18:1 *trans* 11 en el rumen y por lo tanto, también su disponibilidad para la absorción (Bauman et al., 1999).

Los pasos metabólicos de la biohidrogenación del ácido linolénico (18:3) proveniente de la dieta incluyen isomerización, seguida por una reducción de las dobles ligaduras *cis* hasta el intermediario (18:1 *trans 11*) (Bauman et al., 1999), pero no producen CLA en el rumen (Tanaka, 2001; Kellens et al., 1986, citado por Beaulieu et al., 2002).

Los CLA se depositan en el músculo luego de escapar del rumen como intermediarios de la biohidrogenación completa que culmina con la formación de ácido esteárico (18:0). Además, tal como se muestra en el gráfico E, el *c9,t11* CLA se produce por síntesis endógena a partir del *trans-11,18:1* absorbido, por acción de una enzima  $\Delta^9$  desaturasa presente en la grasa corporal de los rumiantes. (Madron et al., 2002). Este autor afirma que dicho mecanismo de biosíntesis tisular originaría la mayor parte del *c9,t11* CLA en los tejidos animales.

El sistema desaturasa es un complejo multienzimático con un terminal  $\Delta^9$  desaturasa, que introduce una doble ligadura *cis* entre el carbono 9 y 10 de los ácidos grasos, siendo sus principales sustratos el estearil-CoA y palmitil-CoA. De cualquier modo, pueden utilizar como sustratos, un amplio rango de acil-CoA de ácidos grasos saturados e insaturados, incluyendo el ácido *trans 11*- octadecanóico (Enoch et al., 1976; Mahfouz et al., 1980; Pollard et al., 1980; citados por Bauman et al., 1999).

**Gráfico E – Metabolismo ruminal y tisular de los ácidos grasos de 18 carbonos**



Los cambios en la deposición de CLA en los tejidos o leche son atribuidos a cambios en la biohidrogenación ruminal que alteran el flujo de CLA y ácido vaccénico para su absorción intestinal y utilización tisular y a la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa sobre el ácido vaccénico para producir CLA (Grinari y Bauman, 1999, citado por Griswold et al., 2003; Grinari et al., 2000; Corl et al., 2001). Las diferencias de concentración de CLA en los distintos músculos indican que éstos poseen diferencias en la expresión o actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa; aquellos que presentan una menor actividad de la enzima son más susceptibles a las diferencias en los ácidos grasos producidos en el rumen causados por cambios en la biohidrogenación ruminal (Griswold et al., 2003).

El isómero 18:2 *trans* 10- *cis* 12 se mostró inhibitorio de la actividad y de la expresión génica de la  $\Delta^9$  desaturasa (Lee et al., 1998; Bretillon et al., 1999), demostrado en la inhibición de la síntesis de la grasa láctea en

las vacas en lactancia (Beaulieu et al., 2002; Baumgard et al., 2000) y en la deposición de grasa corporal en ratones (Park et al., 1999).

El CLA y la producción de ácido vaccénico (18:1 *trans* 11) ruminales son dependientes de factores dietarios, que incluyen el origen y los niveles de lípidos dietarios y del forraje (Griinari y Bauman, 1999, citado por Griswold et al., 2003); la producción ruminal de estos ácidos grasos impactan sobre el contenido de CLA (18:1 *cis* 9- *trans* 11) en carne o leche (Griswold et al., 2003).

Las dietas con alto contenido de grasa insaturada son tóxicas para las bacterias que degradan fibra, consideradas los microorganismos involucrados en el paso inicial de isomerización de los ácidos linoléico y linolénico (Harfoot y Hazlewood, 1997, citado por Griswold et al., 2003; Wood et al., 1999). Estas bacterias representan menos del 10 % de la población bacteriana total del rumen (Weimer, 1998). La presencia en el músculo de los AG 18:1 *trans* refleja la incompleta biohidrogenación ruminal como consecuencia de una inhibición producida por los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) sobre el pasaje metabólico desde el AG 18:1 *trans* hasta el 18:0 (Desmeyer y Doreau, 1999; Scollan et al., 2001<sup>b</sup>). Además, la expresión y la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa también se mostró inhibida por los PUFA (Griswold et al., 2003); dicha inhibición, que coincidió con la tendencia de aumento de las concentraciones de PUFA en el tejido muscular producida por la adición de aceite de soja a las dietas, se hace mayor con el incremento en el largo de la cadena carbonada y el número de las dobles ligaduras de los PUFA (Ntambi, 1995). En contraste, Scollan et al. (2003), habiendo incluido en la dieta de los animales un suplemento de UFA protegidos de la digestión ruminal, obtuvieron resultados que sugieren que la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa no fue afectada.

La mayor proporción de forraje de las dietas, aún sin modificar la ingesta de fibra detergente neutro (FDN), reduce el efecto inhibitorio de los UFA sobre los microorganismos ruminales (Doreau et al., 1991, citado

por Griswold et al., 2003) permitiendo una mayor biohidrogenación, y así, incrementar el pool de CLA y 18:1 *trans 11* disponible para la deposición muscular de CLA (Griswold et al., 2003)

Según Bauman et al. (1999), los factores de la dieta de los rumiantes en lactancia que influyen sobre el contenido de CLA de la grasa láctea pudieron agruparse en tres grupos: factores dietarios que aportan sustrato para la producción de CLA o 18:1 *trans 11* en el rumen, factores dietarios que alteran las condiciones ambientales del rumen y en consecuencia, a las bacterias que producen la biohidrogenación, y como tercer grupo, factores dietarios que combinan ambos efectos anteriores. Otros autores, identificaron como factores que afectan la población ruminal y la tasa de producción de CLA en leche la ingesta de alimentos, la composición de la dieta, el tipo y la concentración de ácidos grasos, el tipo y el origen de los carbohidratos, la relación forraje/grano y el contenido nitrogenado (Piperova et al., 2000; Chouinard et al., 2001; Chillard et al., 2001 y Latham et al., 1971, 1972; citados por Nuernberg et al., 2002; Dhiman et al., 1999; Kelly et al., 1999). Kelly et al. (1999), reportaron además otros factores como la tasa de pasaje de alimentos, la tasa de dilución del fluido ruminal y la frecuencia de alimentación.

### **pH y características sensoriales: color y terneza**

La apariencia visual de la carne determina que un consumidor decida la compra de un corte de carne o lo rechaze (Mackinney et al., 1966), en virtud de asociar la apariencia con la palatabilidad de ese producto. Hedrick et al. (1994), citado por Page et al. (2001), estableció que uno de los factores más importantes en la selección de la carne es el color, y Kropf (1980), citado por Page et al. (2001), sugirió que el factor individual más determinante en la decisión de compra fue el color del

músculo. Dado que el parámetro de palatabilidad más valorado por el consumidor es la terniza (Wood et al., 1999), se buscaron características que se correlacionen con esta cualidad.

El grado de "marmoleo" fue uno de los factores que se consideraron, aunque resultó de baja correlación con la terniza (Smith et al., 1984, citado por Page et al., 2001). El grado de marmoleo de la carne influyó sólo en el 3 % de la variación de los atributos de terniza (Crouse et al., 1978, citado por May et al., 1992). Algunos estudios similares encontraron sólo una baja a moderada correlación entre "marmoleo" y terniza (Parrish, 1974; Champion et al., 1975; citados por May et al., 1992; Tatum et al., 1980).

El pH último, es una característica que influencia la desnaturalización protéica y la proteólisis, produciendo cambios en la retención de agua y, por lo tanto, en la "jugosidad" y terniza de la carne, relacionándose con esta última (Purchas, 1990; Watanabe et al., 1996).

La medición de color del músculo, también mostró correlación con la terniza de la carne (Jeremiah et al., 1991; Wulf et al., 1997). Los atributos de terniza, especialmente aquellos referidos a los músculos *Longissimus* y *Semimembranosus*, fueron los más altamente relacionados con los parámetros de color (Wulf y Page, 2000).

En referencia al pH, varios investigadores reportaron que la terniza de la carne decreció ante el incremento de pH desde 5,4 a 6,1 (Purchas, 1990; Barnier et al., 1992, citado por Wulf et al., 1997). Varios estudios sugieren fuertemente que la disminución de terniza con el aumento de pH es como resultado de la disminución de la proteólisis, más que por un efecto directo del pH (Wulf et al., 1997). Por otra parte, las correlaciones negativas entre el pH muscular y la medición de color puede explicarse dado que ésta última, está basada en la reflectancia de la luz sobre el agua libre y además, por la oxigenación de la mioglobina (Ledward et al., 1992, citado por Page et al., 2001). A alto pH, las proteínas se unen más fuertemente con el agua, reduciendo el

agua libre; las fibras musculares aparecen turgentes con escaso espacio intercelular. Por esto resultan en carnes más oscuras. Además, a mayor pH, las enzimas que utilizan oxígeno poseen mayor actividad, resultando en una baja oxigenación de la mioglobina superficial y por lo tanto, una coloración más oscura (Price y Schweigert, 1987; Ledward et al., 1992, citados por Page et al., 2001).

Bowling et al. (1977), indicaron que los novillos terminados sobre pasturas tuvieron valores de pH de su carne mayores que aquellos terminados con granos. En concordancia con estos resultados, la medición de pH (24 hs. postmortem) para carne de novillos alimentados con forraje versus aquellos que consumían concentrados fue de 5.72 y 5.53 respectivamente (Mandell et al., 1997). Un análisis de correlación ( $r$ ) de los datos de pH (24hs.) con tres atributos de ternera fueron: para "suavidad" (softness) =  $-0.28$ , para ternera =  $-0.26$ , para tiempo de masticación agotada =  $0.25$ ; y para fuerza de corte =  $0.19$  (Mandell et al., 1998).

Combinando los datos de palatabilidad, que se muestran en el cuadro 12, obtenidos por May et al. (1992), con aquellos de composición de ácidos grasos, Duckett et al. (1993) obtuvieron correlaciones entre esta composición y la ternera, evaluada tanto por un panel entrenado, como en forma instrumental a través de la fuerza de corte; las correlaciones fueron: para ácido oléico (18:1)  $0.33$  y  $-0.5$  y para los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)  $-0.49$  y  $0.66$ , respectivamente. Los ácidos grasos saturados (SFA) no mostraron correlación en ambos métodos evaluatorios. Estos resultados indican que la cantidad de MUFA y PUFA serían buenos predictores de ternera (Duckett et al., 1993).

**Cuadro 12- Coeficientes de correlación simple entre algunos parámetros de calidad de res, calidad de carne , tecnológicos, sensoriales e instrumentales; adaptado de May et al.(1992).**

Coeficientes de correlación simple				
Item	Fuerza de corte (kg)	Terneza	pH (24hs.)	Grado de marmoleo
grasa dorsal (mm)	-0.55	0.45	-0.73	0.81
Grado de marmoleo	-0.61	0.51	-0.60	
pH (24 hs.)	-0.49	-0.42		
Terneza	-0.82			

La medición de color se correlaciona con otros parámetros de calidad de la carne (Orcutt, 1984, citado por Page et al., 2001 ; Wulf et al., 1997; Wulf y Wise, 1999; Wulf y Page, 2000; Page et al., 2001), según se muestra en el cuadro 13.

**Cuadro 13- Coeficientes de correlación simple entre distintos parámetros de calidad de carne**

Autor	Factor	EGD	GM	GIM	pH u	L*	a*	b*	FC	TP
Orcutt 1984	pH					-0.69	-0.31	-0.66		
Wulf et al., 1997	EGD		0.20		-0.20	0.16	0.19	0.24	-0.03	0.11
	GM				-0.03	0.09	0.03	0.02	-0.12	0.11
	Ph u					-0.48	-0.52	-0.60	0.34	-0.28
	L*						0.31	0.66	-0.36	0.34
	a*							0.86	-0.24	0.21
	b*								-0.38	0.37
	FC									-0.76
Wulf y Wise 1999	GM				0.01	0.26	0.02	0.08		
	pH					-0.57	-0.79	-0.78		
	L*						0.76	0.83		
	a*							0.97		
Wulf y Page 2000	FC- LD		-0.24	-0.26	0.29	-0.42	-0.39	-0.41		
	FC- ST		-0.23	-0.01	-0.10	-0.21	0.02	0.00		
Page et al., 2001	EGD		0.35		-0.11	0.12	0.18	0.21		
	GM				0.02	0.18	-0.07	0.04		
	pH					-0.40	-0.58	-0.56		
	L*						0.53	0.70		
	a*							0.95		

EGD: espesor de grasa dorsal, GM: grado de "marmoleo", GIM: grasa intramuscular (%), pH u: pH último, L\*: luminosidad (color), a\* y b\*: saturación y tono (color), FC: terneza medida por fuerza de corte, LD y ST: músculo *Longissimus dorsi* y músculo *Semitendinosus* respectivamente, TP: terneza por panel

Mandell et al. (1998), demostraron que los atributos de terneza de la carne de novillos terminados con forraje, comparados con los de carne



producida por alimentación con granos, no fueron afectados. La fuerza de corte no se afectó por las dietas antes mencionadas – forraje versus granos- concordando con otros trabajos (Bidner et al., 1985, 1986, citados por Mandell et al., 1998; Dinius y Cross, 1978; Harrison et al., 1978; Crouse et al., 1984; Schaake et al., 1993). Sin embargo, otros autores (Aberle et al., 1981; Medeiros et al., 1987; Berry et al., 1988; citados por Mandell et al., 1998; Bowling et al., 1977; Leander et al., 1978; Schroeder et al., 1980) encontraron que la alimentación en base a forraje aumentó los valores de fuerza de corte comparado con los novillos alimentados con granos. En otro trabajo, Mandell et al. (1997) encontraron que a igual grado de terminación (7 mm de grasa subcutánea), la fuerza de corte fue menor para la carne producida a forraje que para aquella producida a grano. Tatum et al. (1982), reportaron que la carne producida por alimentación con forrajes necesita provenir de carcasas con 7.6 mm de espesor de grasa subcutánea para tener una seguridad relativamente alta de ser considerada de buena palatabilidad.

### **La carne bovina en la nutrición y salud humana**

El consumo humano de ácidos grasos saturados (SFA), particularmente el láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0), fue asociado con un aumento en las concentraciones séricas de lipoproteínas de baja densidad asociadas al colesterol (LDL) (Yu et al., 1995, citado por Nuernberg et al., 2002; Enser, 2001), que predispone a enfermedades coronarias (Keys, 1970, citado por French et al, 2000), mientras que los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y algunos ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son antitrombogénicos (Ulbricht y Southgate, 1991, citado por French et al., 2000). Yu et al. (1995), citado por Nuernberg et al. (2002), sugirió además, que el ácido mirístico (14:0) es

5 a 6 veces más hipercolesterolémico que el ácido láurico (12:0) o el palmítico (16:0).

En los últimos tiempos la carne vacuna ha adquirido mal nombre entre ciertos grupos de consumidores ( Blaxter y Webster, 1991) debido a su composición de ácidos grasos saturados y de colesterol, los cuales a su vez constituyen un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (causa n° 1 de mortalidad en nuestro tiempo), a pesar de su contenido de proteínas de alto valor biológico, hierro y vitamina B<sub>12</sub>.

Según Willett et al. (1993), citado por Scollan et al. (2003), el ácido esteárico (18:0) tiene un efecto neutro sobre el nivel plasmático de colesterol, mientras que Mattson y Grundy (1985) y Bonamonne y Grundy (1988), afirman que aumentar la proporción de ácidos grasos C 18:0 y C 18:1 sería beneficioso para los consumidores. El consumo de estos ácidos grasos por los seres humanos disminuye la cantidad de colesterol ligado a lipoproteínas de baja densidad (LDL) sin afectar la cantidad de colesterol asociado a lipoproteínas de alta densidad (HDL), un atributo deseable en dietas altas en colesterol (Grundy y Denke, 1990, citado por Ashes et al., 1993). Cave (1991), citado por Duckett et al. (1993), sostuvo que los PUFA tienen tendencia a disminuir las HDL asociadas a colesterol, y que los PUFA n-6 se relacionaron con el favorecimiento de la tumorigénesis. Por lo tanto, el incremento de las concentraciones de MUFA y la disminución de las concentraciones de PUFA, se percibe como beneficioso en dietas humanas diseñadas para reducir el colesterol sérico (Duckett et al., 1993).

Además, según las revisiones de Enser et al. (1999), y Whigham et al. (2000), ha sido informado el beneficio en términos de actividad anticarcinogénica ( Schultz et al., 1992; citado por French et al., 2000; Ip et al., 1994, citado por Enser et al., 1999; Parodi, 1994; Belluri, 1995), actividad antiaterogénica y estimulación de las respuestas inmunológicas contra la aterosclerosis (Lee et al., 1994, citado por

Enser et al., 1999; Nicolosi y Laitinen, 1996) y, promoción del crecimiento (Chin et al., 1994) y disminución en ratas de grasa corporal (Pariza et al., 1996), que representa la presencia de los isómeros conjugados del ácido linoléico (*c9,t11* CLA) . Sobre la base de estudios en animales, Ip et al. (1994), citado por Enser et al. (1999), sugirió un requerimiento de 3 g / día para la protección del cáncer, mientras que Ritzenthaler et al. (2001), reportaron que los humanos deben consumir más de 400 mg de CLA ( 18:2 *cis 9-trans 11*) por día para recibir algunos de esos efectos benéficos sobre la salud, promediando la ingesta diaria los 200 mg / día.

No toda la carne tiene el mismo contenido de grasa saturada y de colesterol. La alimentación del ganado afecta el contenido y proporción de ácidos grasos saturados (Christie, 1981).

No hubo diferencias entre los novillos que consumían una suplementación estratégica con grano de maíz partido, en comparación a aquellos terminados exclusivamente sobre pasturas, respecto al perfil de ácidos grasos y nivel de colesterol en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* (Grigera Naón et al., 2000; Cossu et al., 2000 y Schindler et al., 2000).

Sin embargo, en comparaciones establecidas entre novillos recibiendo la suplementación estratégica ya descrita y aquellos animales confinados en feedlots, se encontró que el tejido adiposo de los músculos de estos últimos presentó una relación más alta, y por lo tanto menos saludable para el ser humano, de ácidos grasos n-6/n-3 (Cossu et al., 2000) y mayor contenido en colesterol (Shindler et al., 2000), con sus posibles consecuencias negativas para la salud humana. La relación recomendada n-6/n-3 es menor que 4:1 (Departament of Health (1994), citado por Wood et al. (1999); Holman, 1995); o 5:1 (Nuernberg et al., 2002). El Departamento de Salud británico recomienda además una ingesta de 100-200 mg por día de PUFA n-3 de cadena larga, mientras que un Comité de nutricionistas recomienda ingerir diariamente una

relación de 18:2 n-6/18:3 n-3 de 2:1, 2.2 g por día de 18:3, 0.65 g por día de EPA (ácido eicosapentaenóico) y DHA (ácido docosahexaenóico) considerados en conjunto y un límite superior de 6.7 g por día de ácido linoléico (18:2) (Nuernberg et al., 2002).

La alimentación de los animales con forraje respecto al suministro de concentrados no afectó el contenido de grasa intramuscular en algunos estudios (Oltjen et al., 1971; Reagan et al., 1977; Schroeder et al., 1980), aunque otros autores (Dinius y Cross, 1978; Harrison et al., 1978; Medeiros et al., 1987, citado por Mandell et al., 1998; Schaake et al., 1993) encontraron que la alimentación con granos incrementó el contenido de grasa intramuscular comparado con la dieta de forraje. Los alimentos con menos de 5 g/ 100g de grasa son considerados generalmente como reducidos en grasa (Food Advisory Committee, 1990) y sobre esta base, cuando al tejido muscular se le ha removido la grasa visible está calificado para ser incluido en una dieta saludable (Enser et al., 1998).

Los vacunos alimentados con forrajes tuvieron mayor proporción de ácidos grasos insaturados en el tejido adiposo que aquellos que consumieron dietas ricas en concentrados ( Miller et al., 1987; Marmer et al., 1984). Sin embargo, Aharoni et al. (1995), encontraron una correlación negativa entre el contenido de ácidos grasos saturados y el nivel de energía de la dieta tanto en la grasa subcutánea como en la intramuscular. De Smet et al. (2000), reportaron que el contenido de grasa intramuscular es más alto en aquellos animales que reciben dietas más elevadas en energía, con respecto a que los que reciben las de menor nivel energético, a la vez que con el incremento del contenido de grasa intramuscular, aumentan las proporciones de ácidos grasos saturados y monoinsaturados y decrece la proporción de ácidos grasos poliinsaturados. Desde el punto de vista de la salud nutricional se recomienda una alimentación con una relación entre ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos saturados (SFA) de 0,45

(Department of Health, 1994, citado por Wood et al., 1999; Enser, 2001), manteniendo, como se dijo anteriormente, la relación de 4:1 entre los PUFA n-6 y n-3.

El contenido de colesterol en el músculo bovino no varía debido a la nutrición ( Miller et al., 1987; Eichhorn et al., 1986), aunque, la carne de vacunos criados en sistemas pastoriles respecto a la de animales de feedlot presenta un menor porcentaje de grasa intramuscular (2.9 y 3.9 respectivamente), menos colesterol (66.6 y 72.2 mg % respectivamente) (García y Casal, 1992), mayor cantidad de antioxidantes naturales y un mayor aporte de ácidos grasos saludables (n-3) ( Westerling y Hedrik, 1979; Marmer et al., 1984; Miller et al., 1986; García y Casal, 1992; Enser et al., 1998). Según Nürnberg et al. (1998), el engorde de novillos sobre pasturas, comparado con una alimentación en confinamiento incrementa en más de un 210 % la deposición en el tejido adiposo muscular de los ácidos grasos n-3.

La cantidad de colesterol de la carne bovina mostró moderada asociación con el contenido de lípidos totales ( $r = 0.43$ ) y grado de "marmoleo" (veteado) ( $r = 0.32$ ) (Duckett et al., 1993).

Cuando se alarga el período de alimentación con concentrados, resulta en una disminución de las concentraciones de PUFA y un incremento en las de MUFA. La relación entre ácidos grasos hipercolesterolémicos (14:0 + 16:0) / hipocolesterolémicos (MUFA + PUFA) fue relativamente no modificada, con la excepción que los novillos que pastoreaban tuvieron la relación más baja (Duckett et al., 1993). A igual grado de terminación, la dieta (forraje vs grano) no afectó las concentraciones de ácido esteárico (18:0) y de ácido linoléico (18:2), pero incrementó las de ácido linolénico (18:3) en la carne de los novillos que consumían forraje (Mandell et al., 1997).

Se comprobó que incluyendo pasto en la dieta de vacas lecheras aumentó la concentración de CLA en la leche (Stanton et al., 1997; Kelly et al., 1998<sup>b</sup>; Lawless et al., 1998; Dhiman et al., 1999<sup>a</sup>).

Por otra parte, se reportaron aumentos del 550 % de la concentración muscular de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) en novillos alimentados durante la recría sólo con forraje y durante el engorde exclusivamente a pastura y de 300 % en aquellos recriados con dietas concentradas y engordados con pastura, comparados con novillos recriados y engordados con dietas concentradas (Poulson et al., 2001). Similares resultados se obtuvieron cuando se compararon novillos alimentados sólo con pastura versus aquellos sobre pasturas a los que se los suplementa con granos (Shanta et al., 1997, citado por Griswold et al., 2003).

French et al. (2000), concluyeron que la concentración de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la grasa intramuscular fue más alta para los novillos que consumieron sólo pasturas, que aquellos que ingirieron otra dieta (distintas proporciones de concentrados, silaje de pastura o heno). Reduciendo la proporción de concentrados en la dieta e incrementando la ingesta de pastura, causó una caída lineal en la concentración de ácidos grasos saturados intramusculares (SFA) y también en la relación n-6/ n-3, provocando además un aumento lineal de la relación PUFA/ SFA y de la concentración de ácido linoléico conjugado (CLA). En una experiencia en la que se suplementaron novillos con lípidos protegidos de la digestión ruminal resultó en una menor cantidad de grasa intramuscular y en ésta, una relación PUFA/SFA que se cuadruplicó, evidenciando una correlación negativa exponencial entre estos parámetros (Scollan et al., 2003). Estos autores hallaron además, que el tejido adiposo muscular tiene propensión a depositar mayores cantidades de 18:2 n-6 que de 18:3 n-3. Enser et al. (2001), obtuvieron como resultado de alimentar con forraje a vacunos en terminación, una relación de ácidos grasos n-6/ n-3 próxima a 2 en la carne de dichos animales. Estos datos indican que la composición de ácidos grasos intramusculares de la carne bovina puede mejorarse desde el punto de vista de la salud humana por inclusión del pasto en la dieta animal.

Dhiman et al. (1999<sup>b</sup>), habiendo adicionado aceite de soja a dietas concentradas, obtuvieron como resultado un menor contenido de ácido oleico *n*-9 (18:1 *cis*-9) y una mayor cantidad de ácido oleico *trans*-9 (18:1 *trans*-9). También observaron un incremento notable (diez veces) en la concentración del isómero *trans*-10, *cis*-12 del ácido linoléico conjugado (18:2 *trans*-10 *cis*-12), a la vez que no hallaron variaciones significativas en la concentración de CLA *cis*-9, *trans*-11 (18:2 *cis*-9, *trans*-11) en la carne de los novillos que consumieron las dietas adicionadas de aceite de soja.

En una experiencia en la que novillos confinados en terminación consumieron dietas que contenían porotos de soja extrudados se demostró un incremento en el contenido de CLA de la grasa intramuscular en el nivel más alto de inclusión de este subproducto, mientras que el perfil de ácidos grasos mostró una caída en la proporción de 16:0 y 18:1 y un aumento en la de 18:0 en las dietas que incluyeron dicho suplemento (Madron et al., 2002).

Griswold et al. (2003), alimentando novillos con dietas isoenergéticas, variando las proporciones de aceite de soja y la proporción de forraje de la dieta, comprobaron que la adición de aceite de soja incrementó linealmente el ácido linoléico (18:2 *n*-6) y tendió a incrementar en forma lineal el ácido linolénico (18:3 *n*-3) en el tejido muscular, mientras que el contenido de CLA se redujo. Al aumentar la proporción de forraje en la dieta animal, tendió a aumentar el ácido esteárico (18:0), el ácido linoléico (18:2 *n*-6), CLA y ácido linolénico (18:3 *n*-3). Además concluyeron que las dietas diseñadas para modificar la composición de ácidos grasos del tejido muscular produjeron un efecto discernible cuando los animales estaban depositando grasa intramuscular en forma activa.

## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **Objetivos**

- Evaluar los efectos directos y de “arrastre” de una suplementación alimenticia con sojilla utilizada para acortar el período de engorde final, sobre la cantidad y composición de ácidos grasos – incluido el ácido linoléico conjugado (CLA)- de la grasa intramuscular de la carne de novillos en pastoreo.
- Determinar los efectos de dicha suplementación sobre evaluaciones instrumentales de pH y de la calidad sensorial de la carne en parámetros como la terneza (fuerza de corte) y el color.

### **Hipótesis**

- La suplementación con sojilla acorta el período de engorde de los animales respecto del lote en pastoreo.
- La suplementación con sojilla no incrementa el contenido de grasa intramuscular.
- La suplementación con sojilla modifica el perfil de ácidos grasos del tejido adiposo intramuscular.
- La calidad sensorial de la carne (pH, terneza - fuerza de corte- y color) no se verá afectada por la suplementación con sojilla.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño experimental**

La experiencia se llevó a cabo en un establecimiento agropecuario del Partido de 9 de Julio, Provincia de Buenos Aires, donde cuarenta y un novillos ( $n = 41$ ) de raza Aberdeen Angus, de 21 meses de edad y un peso vivo inicial de  $390 \pm 28$  kg se dispusieron sobre una pastura mixta basada en trébol blanco y festuca. Veinte animales ( $n = 20$ ) recibieron este tratamiento hasta el final de la experiencia (grupo control SP). Los restantes veintiún animales ( $n = 21$ ) consumieron dicha pastura y una suplementación diaria de sojilla a razón de 1.1 % del peso vivo. Luego de 74 días de suplementación, 10 novillos ( $n = 10$ ) fueron faenados (grupo SO) y el resto de los animales ( $n = 11$ ), fueron terminados sólo con la pastura (grupo EAS) hasta el momento de ser faenados. El momento de la faena fue determinado a campo por personal entrenado, quienes estimaron visualmente el grado de terminación, que según una experiencia previa se corresponde con un espesor de grasa subcutánea dorsal de 7 mm.

Para el pastoreo de los novillos se dispuso un lote de 30 Ha. dividido en piquetes de 2.5 Ha. cada uno, bajo un sistema de pastoreo rotativo. La disponibilidad forrajera se controló por muestreos cada veintiún días mediante el cálculo de la materia seca, para que este recurso no significara una limitante del consumo de los animales.

La suplementación fue ofrecida durante los meses invernales, una vez por día en horas de la mañana. El consumo grupal del suplemento se calculó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado.

El manejo sanitario de los animales es el aplicado regularmente en el establecimiento y la zona donde éste está ubicado.

La faena de los animales se llevó a cabo en un matadero comercial de la zona.

Previo a la faena, los novillos descansaron durante 24 hs en el matadero. Durante el desposte (24 hs. después del sacrificio) se separaron los cortes correspondientes al bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) a nivel de la 12<sup>a</sup>- 13<sup>a</sup> costilla y al peceto (músculo *Semitendinosus*) provenientes de la media res izquierda, conservándose a - 18° C hasta su análisis de laboratorio.

Se tomaron muestras de cinco novillos (n = 5) correspondientes al bife angosto y el peceto de cada uno de ellos para el grupo SO y EAS y muestras de seis animales (n = 6) de idénticos cortes para el grupo control SP.

### **Análisis físico-químicos**

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Carnes del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía (Universidad de Buenos Aires).

Sobre las muestras de carne se hicieron las siguientes determinaciones químicas: materia seca, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo (AOAC, 1984), perfil de ácidos grasos con extracción lipídica según Folch et al. (1957); además se evaluaron el pH (con peachímetro y dos parámetros de calidad sensorial: color (colorímetro portátil) y terneza (fuerza de corte-Warner Bratzler).

La sojilla ofrecida como suplementación se sometió a estudio microscópico para evaluar su heterogeneidad y a los siguientes análisis químicos: materia seca, proteína bruta, extracto etéreo (AOAC, 1984), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido (Van Soest) y perfil de ácidos grasos con extracción lipídica según Folch et al. (1957).

## **Técnicas analíticas**

- Determinación del perfil de ácidos grasos

Comprende 3 etapas: a) Extracción de los lípidos

b) Metilación de los ácidos grasos

c) Identificación de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa

- a) Extracción de los lípidos (técnica según Folch et al., 1957)

Se colocan 5 g de carne fresca molida en un Erlenmeyer con 100 ml de solución de Folch (cloroformo / metanol 2:1 v / v). Se agita en un mixer a 18000 RPM, para extraer la máxima cantidad de lípidos. Se filtra sobre papel para eliminar los residuos sólidos, colectándose el filtrado sobre una ampolla de decantación. Se agrega solución de NaCl 0.9 % con el fin de favorecer la separación de fases y se agita vigorosamente. Se deja reposar para que se separen las fases y se colecta la fase lipídica. Se agrega  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  como adsorbente de agua y se filtra. Se destila a  $55^\circ\text{C}$  hasta sequedad y se redisuelve en eter dietílico de calidad cromatográfica, colocándolo en un tubo de ensayo con tapa a rosca para continuar con la metilación. Si esta última se postergara, se refrigera (no más de 24 hs.) o se congela a  $-30^\circ\text{C}$ .

- b) Metilación de los ácidos grasos.

Se evapora el solvente con una corriente de gas  $\text{N}_2$ . Se pesa 0.03 g de lípidos y se añade 1 ml de benceno. Se agita para disolver. Se agrega 1 ml de solución de KOH / metanol (0.5 M). Se coloca en baño de agua hirviendo ( $100^\circ\text{C}$ ) durante 10 minutos. Se deja enfriar a temperatura ambiente. Se adiciona 0.4 ml de solución de HCl al 35% en metanol, se agita y se coloca en un baño de agua

hirviente (100° C) durante 10 minutos. Se retira y se enfría en un baño de hielo. Se agregan 2 ml de agua destilada y 3 ml de hexano, agitando vigorosamente luego de cada agregado. Al separarse las fases, se toma la fase orgánica y se filtra sobre papel con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como adsorbente de agua. Se coloca en tubos oscuros con tapa a rosca y se refrigera hasta la realización del cromatograma, previa evaporación del solvente con gas N<sub>2</sub> y redisolución con hexano.

c) Identificación de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa

El análisis de las muestras se realizará por cromatografía en fase gaseosa con columna capilar Shimadzu KK (HR- ss- 10: 50m \* 0.32 mm \* 0.25 um) utilizando un cromatógrafo Shimadzu, modelo GC- 14BPF sc.

Los patrones utilizados son los que se muestran en el cuadro 14.

**Cuadro 14 – Patrones de ácidos grasos utilizados para la corrida cromatográfica**

C 12:0	Ácido láurico	SIGMA L7272
C14:0	Ácido mirístico	SIGMA M3377
C 14:1 cis 9	Ácido miristoléico	SIGMA M3525
C15:0	Ácido pentadecanóico	SIGMA P6250
C 15:1 cis 10	Ácido cis 10 pentadecanóico	SIGMA P0315
C 16:0	Ácido palmítico	SIGMA P6087
C 16:1 cis 9	Ácido cis 9 palmitoléico	ICN P156048
C 17:0	Ácido heptadecanóico	SIGMA H4515
C 17:1 cis 10	Ácido cis 10 heptadecanóico	SIGMA H9021
C18:0	Ácido esteárico	SIGMA S5376
C 18:1 n-9	Ácido oléico	SIGMA O4754
C 18:2 n-6	Ácido linoléico	SIGMA L1876
C 18:2 cis / trans	Isómeros cis/trans del ácido linoléico	SIGMA L8404
C 18:2 conjugados	CLA (conjugados del ácido linoléico)	SIGMA O5632
C 18:3 n-3	Ácido linolénico	SIGMA L2626
C 20:0	Ácido araquídico	SIGMA A3881
C 20:1 cis	Ácido cis 11 eicosanóico	SIGMA E6885
C 20:4 n-6	Ácido araquidónico	SIGMA A9298
C 20:5 n-3	Ácido eicosapentanóico	SIGMA E2012
C 22:0	Ácido docosanóico	SIGMA B3271
C 22:1 cis 13	Ácido erúcico	SIGMA E3510
C 22:6 n-3	Ácido docosahexanóico	SIGMA D

Las condiciones de la corrida cromatográfica fueron las detalladas a continuación:

- Volumen de inyección = 0.2 - 0.25  $\mu$ l
- Temperatura de inyección = 250° C
- Temperatura inicial = 170° C
- Mantenimiento de dicha temperatura = 10 minutos
- Rampa de incremento de temperatura = 1° C / minuto
- Temperatura final = 220° C
- Temperatura de detección = 250° C
- Flujo split = 25 ml / minuto
- Flujo a través de la columna = 2 ml / minuto
- Gas carrier = helio

- Determinación de índices

El índice AGH / AGh de los lípidos intramusculares que se muestra en el cuadro 23 resulta de la relación entre la sumatoria del contenido de ácido mirístico (14:0) y ácido palmítico (16:0), reconocidos como hipercolesterolémicos (AGH) (Enser et al., 2001; Yu et al., 1995; citados por Nuerberg et al., 2002) y la sumatoria de los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA), considerados hipocolesterolémicos (AGh) (Duckett et al., 1993).

El índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa presente en el tejido adiposo intramuscular sobre los ácidos grasos de 18 carbonos presentado en el cuadro 23 fue calculado como la proporción de ácido esteárico (18:0) que es convertido en ácido oléico n-9 (18:1  $\Delta^9$ ) según la ecuación:  $100 * \frac{18:1 \text{ n-9}}{18:0 + 18:1 \text{ n-9}}$  desarrollada por Malau-Aduli et al. (1997).

- Determinación de pH

Se utilizó un peachímetro digital portátil Testo 230 dotado con sensor para la corrección automática de la temperatura y con electrodo de punto para medición directa. Fue aplicado sobre el interior de los cortes descongelados y atemperados a temperatura ambiente (20° C).

- Determinación de color

Se utilizó un colorímetro portátil Minolta CR 300 sobre las muestras descongeladas, evaluando el color con el sistema CIELab que recoge datos de luminosidad (L\*) y tono y saturación de rojo y amarillo ( a\* y b\*) (Krees-Rogers, E. and Brimelow JB.C., 2001).

- Determinación de terneza

Se evaluó terneza mecánica por resistencia al corte con cuchilla Warner-Bratzler montada en un texturómetro Instron modelo 4442, sobre cilindros de 2,5 cm de diámetro de carne cocida en baño de agua a 70 ° C durante 50 minutos. Sobre cada muestra se realizaron tres o cuatro mediciones, con la cuchilla accionando en forma perpendicular a la dirección de las fibras musculares.

- Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados por el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del paquete de programas estadísticos SAS (1999). Para comparar entre los tratamientos se utilizó el test de comparación múltiple de Tuckey (SAS), con un nivel de significancia estadística del 5 %.

El modelo estadístico utilizado para evaluar la duración del período de engorde y el peso vivo de los animales al momento de faena, la composición de ácidos grasos de la carne (con excepción de la relaciones

PUFA/MUFA y AGH/AGh e índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa), pH, color y terneza (medida como fuerza de corte) fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Para los valores de composición química de la carne (MS, PB, EE y C), las relaciones PUFA/MUFA y AGH/AGh, así como para el índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa, el modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = valor observado para el tratamiento  $i$  y el corte  $j$ .

$\mu$  = media poblacional

$\alpha_i$  = efecto principal del tratamiento  $i = 1-3$

$\beta_j$  = efecto principal del corte  $j = 1-2$

$\alpha_i\beta_j$  = interacción entre el tratamiento  $i$  y el corte  $j$

$E_{ij}$  = error residual

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de la sojilla

Como se mencionó anteriormente, la sojilla utilizada como suplementación alimenticia para vacunos, estaba poco caracterizada en su composición de ingredientes macroscópicos y además era poco conocida su composición química y de ácidos grasos. El estudio realizado sobre muestras de la misma arrojaron los resultados que se muestran en el cuadro 15.

**Cuadro 15 – Análisis microscópico, químico y perfil de ácidos grasos de la sojilla**

<b>Componentes</b>	<b>Porcentaje del total</b>
Granos de soja	68
Paja y vainas	21
Semillas de malezas	9
Polvo	2
<b>Análisis químico</b>	<b>Porcentaje sobre la materia seca</b>
Materia seca	87.8
Proteína cruda	30.8
Fibra detergente neutro	32.6
Fibra detergente ácido	20.6
Extracto etéreo	10.9
Cenizas	8.8
<b>Composición de ácidos grasos</b>	<b>Porcentaje del total de los ácidos grasos</b>
Ácido mirístico (14:0)	0.2
Ácido palmítico (16:0)	13.4
Ácido palmitoléico (16:1)	0.2
Ácido esteárico (18:0)	3.9
Ácido oleico (18:1)	16.9
Ácido linoléico (18:2)	53.8
Ácido linolénico (18:3)	11.6

La sojilla es un subproducto altamente disponible en la región de mayor producción ganadera, con precios bien por debajo de otras alternativas de suplementación. Posee alta proporción de granos de soja (68 %) y consecuentemente, representó una gran concentración de nutrientes –



particularmente energía y proteínas- que significa una ventaja productiva acortando el período de engorde, según se trata más adelante, sumado a costos de alimentación menores. Además, posee una composición de ácidos grasos con elevada proporción de ácidos insaturados, mayoritariamente ácido linoléico que a priori significaba un aporte de una alta concentración ruminal de sustrato para finalmente deponer ácido linoléico conjugado (CLA - 18:2 *cis 9-trans 11*) en el tejido adiposo de los animales, tal como hipotetizaron Madron et al., (2002).

### **Comportamiento Productivo**

Evaluando los efectos productivos del suministro de la sojilla a los novillos, y dado que el peso vivo inicial y el grado de terminación de los animales fue el mismo para los tres grupos, las diferencias entre éstos radicaban en cuantificar, al momento de la faena, los pesos vivos promedio de los novillos y la duración de cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 16 - Duración del período de engorde y peso de faena en función de la dieta**

Grupo de tratamiento	Peso vivo promedio	Días de tratamiento
<b>SO</b>	499 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>
<b>EAS</b>	481 <sup>b</sup>	118 <sup>b</sup>
<b>SP</b>	478 <sup>c</sup>	144 <sup>c</sup>
Diferencia mínima significativa	2.5	2.5

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

Surge como resultado (cuadro 16) que los novillos del grupo SO tuvieron un peso vivo final promedio más alto y un período de terminación más corto que el grupo control (SP). El grupo EAS tuvo valores intermedios para los mismos parámetros evaluados. La sojilla, como suplemento alimenticio de los novillos en pastoreo, dado su alto contenido de materia seca y concentración de nutrientes, provocó que los animales que la recibieron se terminaran más rápidamente y por lo tanto, acorten

su período de engorde final. Por otra parte, considerando que el grado de terminación al momento de la faena fue el mismo para los tres tratamientos, surge como interesante, las diferencias en el peso vivo final de los novillos. En resumen, a igual grado de terminación, los animales del grupo SO redujeron su período de engorde debido a un mayor ritmo de deposición de grasa subcutánea y además, ganaron “kilos extra” con respecto al grupo control (SP), obteniendo valores intermedios para el grupo EAS. Así, la inclusión de sojilla en la dieta de los animales significó una importante ventaja productiva.

### **Efectos sobre la calidad de la carne**

Otro de los objetivos de este trabajo, consistía en evaluar los efectos de la suplementación con sojilla sobre la composición química y de ácidos grasos de la carne vacuna.

El análisis químico de la carne proveniente de los animales sometidos a los distintos tratamientos, se muestran en los cuadros 17, 18, 19 y 20.

### **Cuadro 17 – Composición química de la carne en función de la dieta**

Variables	<i>Músculo Longissimus dorsi</i>			<i>Músculo Semitendinosus</i>			e.e.	Significancia p<0.05		
	Grupos de tratamiento			Grupos de tratamiento				Corte	Dieta	C*D
	SO	EAS	SP	SO	EAS	SP				
MS (%)	29.0	30.7	31.1	29.4	29.0	30.2	1.66	NS	S	NS
PB (%)	80.9	75.5	74.9	72.5	76.6	75.3	13.1	NS	NS	S
EE (%)	9.0	13.5	15.7	10.6	12.4	13.3	15.66	NS	S	NS
C (%)	3.9	4.3	4.2	4.2	4.4	4.6	0.31	NS	NS	NS

NS: estadísticamente no significativo - e.e. = error estándar

S: estadísticamente significativo - C\*D = interacción entre corte y dieta

**Cuadro 18 - Efecto de la dieta sobre la materia seca y el extracto etéreo**

Tratamiento	Nº de observaciones (n)	MS (%)	e.e.	EE (%)	e.e
<b>SO</b>	10	29.2 <sup>a</sup>	0.40	9.8 <sup>a</sup>	1.25
<b>EAS</b>	10	29.9 <sup>ab</sup>	0.40	12.9 <sup>ab</sup>	1.25
<b>SP</b>	12	30.7 <sup>b</sup>	0.37	14.7 <sup>b</sup>	1.15
Diferencia mínima significativa		0.94		2.88	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Los valores presentados de MS y EE de cada tratamiento resultan de la media de dichos parámetros entre ambos cortes.

e.e.= error estandar

**Cuadro 19 - PB (%) según dieta dentro de cada corte**

Músculo	Grupos de tratamiento					
	SO		EAS		SP	
	n	PB (%)	n	PB (%)	n	PB (%)
<i>Longissimus</i>	5	80.9 <sup>ax</sup>	5	75.5 <sup>bx</sup>	7	74.9 <sup>bx</sup>
<i>Semitendinosus</i>	4	72.5 <sup>ay</sup>	5	76.6 <sup>ax</sup>	5	75.3 <sup>ax</sup>

a, b - Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

x, y - Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 20 - Error estandar de % PB**

Para cada dieta del corte <i>Longissimus</i>	
SO	1.40
EAS	1.40
SP	1.19
Para cada dieta del corte <i>Semitendinosus</i>	
SO	2.06
EAS	1.85
SP	1.85
Para cada corte dentro de dieta SO	
<i>Longissimus</i>	1.06
<i>Semitendinosus</i>	1.18
Para cada corte dentro de dieta EAS	
<i>Longissimus</i>	1.33
<i>Semitendinosus</i>	1.33
Para cada corte dentro de dieta SP	
<i>Longissimus</i>	1.75
<i>Semitendinosus</i>	2.08

Los resultados del análisis químico de la carne (Cuadro 17) indican que el corte de carne considerado no influyó sobre la composición química. La dieta afectó, para ambos cortes considerados, el porcentaje de materia seca y el porcentaje de extracto etéreo, variando de manera creciente para los tratamientos SO, EAS y SP en ambos parámetros (cuadro 18). No hubo diferencias significativas cuando se consideró la interacción entre el corte y la dieta para estos dos parámetros mencionados, ni para el porcentaje de cenizas. En cambio, el porcentaje de proteína varió cuando se consideró la interacción del corte y la dieta; dicha variación en función de la dieta sólo se observó para el corte proveniente del músculo *Longissimus* (bife), y sólo difirió para ambos cortes dentro de la dieta SO (cuadros 19 y 20). Estos resultados coinciden con el trabajo de Haecker, (1920) (gráfico B) donde a medida que avanza el engorde aumenta la proporción tisular de grasa, mayoritariamente a expensas del contenido acuoso del tejido. Duckett et al.(1993), también encontraron que a mayor contenido de grasa intramuscular hay concomitantemente una disminución de humedad, de minerales y de proteínas. Estos dos últimos componentes no fueron afectados en nuestro trabajo.

Considerando que todos los animales se faenaron a igual grado de terminación, la suplementación con sojilla produjo la carne más magra en el grupo SO, con mayor contenido de grasa intramuscular en el grupo SP y valores intermedios en el grupo EAS. Estos resultados contradicen aquellos presentados por varios autores, entre ellos De Smet et al. (2000), que concluyen que a mayor contenido energético de la dieta hay mayor deposición de grasa intramuscular, aunque nuestros hallazgos sugieren que la duración del período de alimentación durante el engorde fue un factor de significativa influencia sobre el contenido de grasa intramuscular, tal como publicaron Duckett et al. (1993). Probablemente, en sintonía con los resultados de dicho investigador, la menor duración del período de engorde en el grupo SO con respecto al

grupo control (SP), haya sido el factor que determinó una diferencia de mayor magnitud entre los ritmos de deposición de grasa subcutánea e intramuscular, en concordancia con el gráfico C elaborado por Johnson (1972). El hecho que las dietas que incluyen sojilla tengan mayor contenido lipídico (~11 % vs 2 %) -y seguramente energético- en comparación con la dieta exclusivamente pastoril refuerzan la idea de la influencia que pudo ejercer la duración del período de engorde en los resultados del contenido de grasa intramuscular entre los tratamientos, tal como hallaron Duckett et al. (1993). En resumen, resulta interesante que a similar grado de terminación (similar espesor de grasa subcutánea), el grupo SO produjo carne con menor contenido de grasa intramuscular (cuadro 18) proveniente de los animales con mayor peso vivo al momento de la faena (cuadro 16), lo que indicaría mayor desarrollo (proporciones tisulares) de otros tejidos, es decir aquellos que no son tejido adiposo subcutáneo ni tejido adiposo intramuscular.

Una buena proporción del peso vivo adicional que ganaron los animales de los grupos SO y EAS con respecto al grupo control (SP), probablemente sea consecuencia del mayor desarrollo del tejido adiposo intermuscular (depósito no evaluado) que es aquél que de acuerdo al gráfico C (Johnson, 1972) posee el mayor ritmo de deposición de grasa. Por otra parte, el único hallazgo que podría relacionarse con el desarrollo de los tejidos que componen dicho "plus" de peso vivo, fue el mayor porcentaje de PB que encontramos en la carne proveniente del músculo *Longissimus dorsi* de los novillos del grupo SO, aunque no puede asignarse con certeza a un mayor desarrollo del tejido muscular.

Para valorar la carne producida bajo los tres tratamientos en términos de salud nutricional se cotejaron sus porcentajes de grasa intramuscular sobre base húmeda (carne fresca) con la recomendación del Food Advisory Committee (1990), que postula como saludable los alimentos con menos de 5 % de grasa sobre base húmeda. Los porcentajes obtenidos en este trabajo fueron de 2.87, 3.86 y 4.52 para

los tratamientos SO, EAS y SP respectivamente, por lo cual las carnes bovinas producidas a partir de estas dietas pueden considerarse en este aspecto, saludables.

**Cuadro 21 - Composición de ácidos grasos de la carne**

<i>Músculo Longissimus dorsi</i>					<i>Músculo Semitendinosus</i>			
Tratamiento	SO	EAS	SP	DE	SO	EAS	SP	DE
<i>Ácidos grasos</i>	g / 100 g de ácidos grasos				g / 100 g de ácidos grasos			
12:0	0.08	0.08	0.07	0.019	0.13	0.07	0.6	0.04
14:0	2.2	2.3	2.4	0.26	2.5	2.3	2.4	0.28
14:1 n-5	0.5	0.7	0.7	0.17	0.6	0.6	0.7	0.18
15:0	0.6	0.5	0.6	0.10	0.6	0.5	0.6	0.09
15:1 n-5	0.3 a	0.2 a	0.4 b	0.06	0.3 ab	0.2 a	0.3 b	0.06
16:0	24.6 a	25.5 a	23.8 b	0.84	25.4 a	26.1 a	23.5 b	1.08
16:1 cis 9	2.3	2.6	3.1	0.58	2.2	2.6	2.7	0.38
17:0	1.1	1.0	1.2	0.13	1.1	1.1	1.1	0.17
17:1 cis 10	1.2	1.0	0.9	0.24	1.1	1.1	0.9	0.2
18:0	18.1	16.1	16.3	2.02	18.8	17.0	15.8	1.9
18:1 n-9	35.9 a	38.1 ab	40.8 b	2.27	34.4 a	37.2 ab	40.4 b	2.1
18:2 cis/trans	0.5	0.5	0.5	0.26	0.9 a	0.5 b	0.6 ab	0.19
18:2 n-6	7.6 a	5.7 ab	4.7 b	1.53	6.9	5.5	5.1	1.86
CLA	0.9 a	1.3 b	1.4 b	0.17	1.3	1.3	1.5	0.25
18:3 n-3	1.3	1.5	1.1	0.36	1.1	1.4	1.5	0.49
20:1	0.08	0.1	0.1	0.24	0.09	0.08	0.12	0.05
20:2 n-6	0.1	0.06	0.07	0.04	0.1	0.1	0.3	0.18
20:4 n-6	1.8	1.8	1.1	0.75	1.6	1.4	1.5	0.8
20:5 n-3	0.6	0.7	0.6	0.29	0.6	0.6	0.7	0.3
22:2	Menos del 0.03 %				Menos del 0.03 %			
22:6 n-3	0.1	0.1	0.1	0.053	0.13	0.08	0.07	0.048
24:0	0.03 a	0.05 ab	0.14 b	0.058	0.03 a	0.018a	0.13 b	0.032
24:1	0.017	0.05	0.015	0.032	0.02	0.05	0.02	0.024
SFA	46.7	45.5	44.4	2.08	48.6 a	47.2ab	43.6 b	2.57
MUFA	40.3 a	42.7 ab	46.0 b	2.53	38.7 a	41.8 ab	45.1 b	2.15
PUFA	13.0	11.6	9.6	2.71	12.7	10.9	11.3	3.15
PUFA/SFA	0.28	0.26	0.21	0.07	0.3	0.2	0.3	0.08
AG n-6	10.9 a	7.5 b	6.7 b	1.64	9.1	7.3	7.2	1.82
AG n-3	2.1	2.2	1.7	0.65	1.8	2.1	2.2	0.76
AG n-6 / n-3	5.4 a	3.4 b	4.2 ab	0.83	5.0	3.8	3.5	1.00

Letras distintas en los superíndices de los valores medios de una misma fila dentro de cada corte difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ )

DE = desvío estandar

CLA: ácido linoléico conjugado (cis-9, trans-11, 18:2)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

AG n-6: ácidos grasos omega 6

AG n-3: ácidos grasos omega 3

El análisis del perfil de ácidos grasos de la carne obtenida de los novillos bajo tratamiento (cuadro 21) muestra que en ambos músculos estudiados y en los tres tratamientos evaluados, los ácidos grasos presentes en mayor proporción fueron: ácido oléico [18:1] (37,8 %), ácido palmítico [16:0] (24,8 %) y ácido estéarico [18:0] (17,0 %).

Las diferencias en el perfil de los ácidos grasos entre ambos músculos fueron menores, aunque los animales del grupo SO tuvieron un significativo mayor nivel de ácidos grasos saturados (SFA) en el músculo *Semitendinosus* que el grupo control (SP); obteniéndose valores intermedios para el grupo EAS. El contenido de SFA del músculo *Longissimus dorsi* siguió la misma tendencia, aunque las diferencias entre los grupos no fueron significativas. La variación en la proporción de los SFA, se debió casi exclusivamente a las diferencias de concentración del ácido palmítico (16:0) entre los tratamientos, y fueron concordantes con los obtenidos por French et al. (2000).

Los carne de los novillos del grupo SO tuvo una menor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) que aquella del grupo control (SP), obteniéndose valores intermedios para el grupo EAS. Esas diferencias tienen explicación en la variación que mostró el contenido de ácido oléico (18:1) entre los tratamientos. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) no fue afectada significativamente por el régimen de alimentación. Nuestras diferencias entre tratamientos, significativas para los MUFA y no significativa para los PUFA, fueron desde el punto de vista de la significancia estadística, resultados inversos a los obtenidos por Nuernberg et al. (2002) y French et al. (2000).

Si bien el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos, la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y los ácidos grasos saturados (SFA) de los tres grupos evaluados, fue notablemente más alta que la obtenida por otros trabajos realizados (Enser et al., 1998; French et al., 2000), aún con alimentación animal de base pastoril.

Se obtuvo una mayor cantidad de ácidos grasos de la serie n-6, en el músculo *Longissimus dorsi* de los animales del grupo SO comparado con los otros dos grupos (EAS y SP), sin encontrar diferencias para los AG n-3. La relación AG n-6 / AG n-3, para este mismo músculo, difirió significativamente entre los grupos que consumieron la suplementación de sojilla (SO y EAS), siendo intermedia para el grupo control (SP). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos, para los niveles de AG n-6, AG n-3 y la relación AG n-6 / AG n-3 en el músculo *Semitendinosus*.

El análisis de los ácidos grasos individuales mostró diferencias significativas, para ambos músculos, en el contenido de ácido palmítico (16:0), donde los novillos que consumieron sojilla (grupos SO y EAS) tuvieron un nivel más alto que el grupo control (SP). Los datos coinciden con el trabajo de French et al. (2000), y se contraponen a los obtenidos por Madron et al. (2002). Es interesante el hecho que el grupo (SP), a pesar de consumir una dieta con mayor proporción de ácido palmítico (pastura), fuera aquel que lo depone en menor cantidad. La situación inversa ocurrió con los animales con la suplementación de sojilla.

Probablemente la inclusión de sojilla promueva un ambiente ruminal con acción descarboxilante algo mayor. El grupo EAS, no modificó la proporción de ácido palmítico en su carne con respecto al grupo SO, debido probablemente a que, ganando peso, hay una mayor intensidad de la lipógenesis sobre la lipólisis, siendo insuficiente el tiempo del recambio de este ácido graso de depósito.

Otro de los ácidos grasos que difirió significativamente entre los tratamientos fue el ácido oléico (18:1 n-9); el grupo SO tuvo proporciones menores que el grupo control (SP), habiendo obtenido valores intermedios para el grupo EAS. Los resultados son similares a los obtenidos por Madron et al. (2002) y concordantes con los de Dhiman et al. (1999<sup>b</sup>).



Esto ocurrió a pesar del mayor contenido de este ácido graso (18:1) en la sojilla que en la pastura, lo que sugiere que la dieta modificó las condiciones ambientales ruminales hacia una más completa hidrogenación y/o influyó sobre la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa tisular, que se reflejó en la tendencia a un mayor contenido de 16:0 y 18:0 y menor proporción de 16:1 y 18:1 en el músculo de los animales con dietas suplementadas con sojilla.

Las diferencias obtenidas en el ácido graso de cadena impar (poco comunes en los tejidos animales) 15:1 n-5 en ambos músculos estudiados y también, en el ácido linoléico cis-trans (18:2 cis/trans) del músculo *Semitendinosus*, y dado que se los encontró en bajas proporciones, sugerirían ser intermediarios metabólicos del tejido adiposo y no ácidos grasos de depósito.

En la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* se encontraron valores más altos del ácido linoléico n-6 (18:2 n-6) en los animales del grupo SO comparados con aquellos del grupo control (SP), siendo intermedios los obtenidos para el grupo EAS. Engle et al. (2000), adicionando un 4 % de aceite de soja a las dietas – concentradas- no alteraron la concentración de este ácido graso en el músculo. Griswold et al. (2003) y Madron et al. (2002), tuvieron la misma tendencia en función de la dieta que la obtenida en nuestro trabajo, aunque este último obtuvo una proporción de ácido linoléico (18:2 n-6) que representó la cuarta parte de nuestros resultados. Dado que la suplementación con sojilla aporta grandes cantidades de este ácido graso, con respecto a la pastura, y teniendo en cuenta que el ambiente ruminal es altamente hidrogenante, la explicación de los resultados podría ser debido a una saturación de la velocidad de biohidrogenación o una disminución de la misma por el establecimiento de un ambiente ruminal menos favorable a los procesos biohidrogenantes. Beaulieu et al. (2002), afirmaron que en su ensayo, uno de los factores que afectaron la extensión de la biohidrogenación fue la concentración

ruminal de ácido linoléico, sustrato que habían incorporado a la dieta a través de una suplementación con aceite de soja. Por debajo de un umbral de concentración ruminal de dicho sustrato, la extensión de la biohidrogenación fue mucho mayor que cuando dicho umbral fue superado.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para ambos músculos en el contenido de ácido linolénico (18:3), a pesar de la diferente proporción de este ácido graso en las dietas ofrecidas a los tres grupos de novillos. Engle et al. (2000), adicionando aceite de soja a las dietas – concentradas- no obtuvieron cambios en la concentración de este ácido graso, mientras que French et al. (2000), encontraron mayor nivel de 18:3 en el músculo de los animales con dietas con mayor proporción de pastura y menor proporción de concentrados. Madron et al. (2002) y Beaulieu et al. (2002), ensayando el efecto de la suplementación de dietas concentradas con extrudado de porotos de soja, hallaron incrementos para este ácido graso en las dietas con mayor del mismo, aunque fueron 4 a 6 veces menores que los nuestros, mientras que Griswold et al. (2003), encontraron una tendencia ascendente en el contenido de este ácido graso, tanto aumentando la proporción de aceite de soja como elevando la proporción de forraje, aunque los niveles musculares de ácido linolénico (18:3 n-3) fueron la quinta parte de los alcanzados en este trabajo. Estos últimos autores, concluyeron que, dado que la ingesta de ácido linolénico fue elevada, debió contribuir a obtener esos resultados. Scollan et al. (2003), alimentando a los novillos con lípidos protegidos de la digestión ruminal ricos en ácidos grasos insaturados, encontraron que había mayor deposición muscular de éstos ácidos grasos, y hallaron además, que el tejido adiposo muscular tiene propensión a depositar mayores cantidades de 18:2 n-6 que de 18:3 n-3.

Muy probablemente nuestros resultados para el contenido de ácido linolénico (18:3), sean consecuencia de una combinación de factores,

tales como el contenido de este ácido graso en cada dieta, efectos ruminales de biohidrogenación y efectos selectivos de la deposición de los ácidos grasos en el tejido adiposo intramuscular. Sin embargo, comparando con los valores observados por los autores antes mencionados, que fueron 4 a 6 veces menores que los nuestros, y en razón de la indiferencia observada entre los grupos de tratamiento del presente trabajo, puede especularse que la pastura es responsable del contenido de este ácido graso y además, que la sojilla ofrecida como suplemento y/o su nivel de consumo, no ejerce influencia cuando es utilizada como suplemento del pastoreo directo de los novillos de engorde.

Un ácido graso presente en muy baja proporción en ambos músculos y en todos los grupos fue el 24:0, pero con la particularidad que los animales con alimentación exclusivamente pastoril (grupo SP) tuvieron una proporción de tres a cinco veces mayor de dicho ácido graso que aquellos suplementados con sojilla.

Mientras que en el músculo *Semitendinosus* no hubo diferencias significativas en el contenido de ácido linoléico conjugado (CLA), el músculo *Longissimus dorsi* del grupo SO presentó un menor nivel del mismo que los otros dos grupos, aunque se observó una tendencia a contener menores proporciones de este ácido graso en los grupos suplementados con sojilla en ambos músculos. Estos resultados están en sintonía con los obtenidos por Griswold et al. (2003), donde la concentración de CLA en el tejido muscular se deprimió por la inclusión de aceite de soja a la dieta, pero se incrementó cuando aumentó la proporción del forraje en la dieta de los animales. Además, las diferencias en la concentración de CLA (18:1 *cis* 9- *trans* 11) entre ambos músculos obedecerían a diferencias en la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa entre los distintos grupos musculares, según demostraron Griswold et al. (2003). Los hallazgos de este trabajo (cuadro 22), coincidieron con dicho estudio.

**Cuadro 22 – Índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa**

Músculo	Grupos de tratamiento			D.M.S. s/dieta
	SO	EAS	SP	
<i>Longissimus</i>	66.48 <sup>ax</sup>	70.3 <sup>ay</sup>	71.45 <sup>az</sup>	0.0015
<i>Semitendinosus</i>	64.66 <sup>bx</sup>	68.63 <sup>by</sup>	71.89 <sup>bz</sup>	0.0003
D.M.S. s/corte	0.02			

Índice  $\Delta^9$  d: índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa en ácidos grasos de 18 C =  $100 \cdot (18:1 \text{ n-9} / 18:0 + 18:1 \text{ n-9})$

a,b - Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

x,y,z - Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

D.M.S. s/dieta = diferencia mínima significativa en función de la dieta dentro de cada corte

D.M.S. s/corte = diferencia mínima significativa en función del corte dentro de cada dieta

Las diferencias en el índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa para los cortes provenientes de cada músculo considerado, a través de todos los tratamientos, muestran diferencias significativas que sugieren la presencia de factores tisulares locales que modifican la expresión y/o actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa .

El índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa del músculo *Semitendinosus* fue más afectado por la suplementación con sojilla comparado con la pastura, que el del músculo *Longissimus*. Considerando que el contenido de CLA de la carne proveniente del músculo *Semitendinosus* no varió entre los tratamientos, y sí lo hizo aquel proveniente del músculo *Longissimus*, y que por otra parte, la expresión y/o actividad de la enzima en cuestión resultó más afectada en aquel músculo que en este último; fueron hallazgos que sugieren que además de los efectos que la suplementación de sojilla tuvo sobre la biohidrogenación ruminal y el flujo de los ácidos grasos hacia los tejidos, y sobre la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa tal como publicaron Griswold et al. (2003), interactuaron otros factores de influencia local que afectaron la deposición de CLA en el tejido adiposo intramuscular.

Nuestros resultados también fueron concordantes con los hallazgos de French et al. (2000), que ensayaron dietas con distintas proporciones de concentrado y pastura, incrementándose los niveles musculares de CLA en la medida que aumentaba la proporción de pastura en la dieta de los animales. Asimismo, Poulson et al. (2001) reportaron aumentos de 5.5 veces en la concentración muscular de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) en novillos recriados sólo con forraje y engordados en pastoreo y de 3 veces en aquellos recriados con dietas concentradas y engordados con pastura, comparados con novillos recriados y engordados con dietas concentradas, demostrando no sólo la influencia de la dieta, sino también aquella que posee la categoría (edad-peso) a la que pertenecen los animales cuando son sometidos al tratamiento dietario.

Madron et al. (2002), en cambio, bajo un sistema de engorde a corral, y trabajando con dietas de bajo y alto contenido de porotos de soja extrudados, sólo encontraron aumentos estadísticamente significativos – aunque fueron bajos- de CLA en la dieta con mayor contenido de granos de la oleaginosa, contraponiéndose a los resultados de nuestro trabajo. Dhiman et al. (1999<sup>b</sup>) adicionando aceite de soja a dietas concentradas, no hallaron diferencias en la concentración de CLA (18:2 *cis*-9, *trans*-11) del tejido adiposo intramuscular de los novillos que consumieron dicho suplemento.

Esto ocurre a pesar de que la sojilla posee un contenido de ácido linoléico (18:2) aproximadamente cuatro veces mayor que el de la pastura (49 a 51 % vs 13 a 14 % respectivamente); este ácido graso se considera clave como sustrato en la biohidrogenación ruminal que conduce a la producción de CLA (Madron et al., 2002).

La explicación de este hecho podría estar en la conjunción de varias hipótesis que postulan distintos autores. Enser et al. (1999), sugirieron una inhibición de las desaturasas bacterianas del rumen por el producto de la reacción; a mayor ingesta de ácido linoléico (18:2), mayor síntesis de ácido vaccénico (18:1 *trans* 11), que inhibiría su propia

producción y como consecuencia una menor producción de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) tisular. Consideraron de poca influencia en su ensayo, los efectos tóxicos de los PUFA sobre los microorganismos que producen isomerasa, paso metabólico inicial en la producción de CLA; en contraposición a lo que sugirieran Jenkins et al. (1993).

French et al. (2000), afirmaron que serían dos los factores por los que habría mayores cantidades disponibles de CLA para la absorción intestinal, el nivel de ingesta de ácido linoléico (18:2) y las condiciones ruminales que favorezcan la producción bacteriana y la actividad de la isomerasa. Ellos observaron que alimentando los novillos con similares contenidos de 18:2, la dieta pastoril favoreció la acción de la isomerasa y citando a Kelly et al. (1998) y Dhiman et al. (1996) encontraron que el pasto fresco contenía niveles mucho mayores de azúcares rápidamente fermentecibles y también de fibra soluble, lo que hacía que esa dieta incrementara la producción de CLA o disminuya su degradación.

Madron et al. (2002), sostuvieron que la mayor parte de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) tisular se originó en la síntesis endógena por la existencia de una  $\Delta^9$  desaturasa presente en el tejido adiposo, así como también en la glándula mamaria de las vacas en lactancia.

En nuestro trabajo, el análisis comparativo entre tratamientos, de la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa tisular (cuadro 22) indica que hubo diferencias significativas para los cortes de ambos músculos, resultando mayor para el grupo SP, menor para el grupo SO e intermedio para el grupo EAS.

Madron et al. (2002), trabajaron con una dieta control de elevada concentración energética (feedlot) y grupos con dietas a las que se le adicionaron dos niveles de extrudado de poroto de soja que incrementaron la ingesta de ácido linoléico (18:2), aunque los resultados tuvieron un bajo incremento de CLA en estos grupos con respecto al grupo control, a pesar de haber utilizado la extrusión como forma de procesamiento de los granos de soja para permitir una disponibilidad

gradual de los PUFA, y que de esta manera no se produzcan efectos adversos sobre el crecimiento microbiano, apoyándose en el trabajo de Griinari y Bauman (1999). Los resultados de Madron et al. (2002), contrastaban con similares ensayos realizados en vacas en lactancia, cuya grasa láctea contenía mayores niveles de CLA en los grupos suplementados. Las hipótesis por las que explicaban lo observado fueron: a) una menor concentración o actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa en el tejido adiposo que en la glándula mamaria, b) una hidrogenación unidireccional que produce intermediarios inhibidores de dicha enzima como el 18:2 *trans* 10- *cis* 12, y c) una hidrogenación más completa en novillos que en vacas en lactancia que conduce hasta la formación de ácido esteárico (18:0).

En referencia a la hipótesis mencionada en el punto a), Madron et al. (2002), encontraron una relación 18:2 *cis* 9- *trans* 11 / 18:1 *trans* 11 de 0.23, mientras que para Enser et al. (1999), fue de 0.28, y en vacas en lactancia la relación encontrada fue de 0.25 a 0.46 (Jiang et al., 1996; Jahreis et al., 1997; Lawless et al., 1998 y Griinari y Bauman, 1999; citados por Madron et al., 2002). La hipótesis del punto b), fue minimizada dado que no detectaron el 18:2 *trans* 10- *cis* 12 y sólo observaron mínimos incrementos del intermediario 18:1 *trans* 10. Sin embargo, Beaulieu et al. (2002) y Dhiman et al. (1999<sup>b</sup>), midieron aumentos de este isómero (*t10,c12* CLA) alimentando a los animales con dietas suplementadas con aceite de soja. Beaulieu et al. (2002), sugirieron además, que éstos serían responsables de la inhibición tisular de la  $\Delta^9$  desaturasa. Coincidentemente, Griinari et al. (1999), encontraron una mayor cantidad de 18:2 *trans* 10- *cis* 12 en la grasa láctea de vacas en lactancia alimentadas con alta proporción de concentrados y baja proporción de fibra.

Con respecto a la hipótesis del punto c), fue a la que dieron mayor preponderancia, concluyendo que ocurre una hidrogenación más completa en novillos debido a determinadas condiciones ruminales que

alteran la flora, tal como la variación de pH o de la tasa de pasaje, que debieron inhibir a las bacterias degradadoras de fibra y consecuentemente, provocaron una variación en la producción de CLA. Griswold et al. (2003), de acuerdo a sus resultados, sugiere que el incremento de PUFA debió limitar la producción ruminal de CLA y 18:1 *trans 11* y/o debió deprimir la expresión o actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa en los tejidos, lo cual, limitó la deposición muscular de CLA; al incrementar la proporción de forraje en la dieta debieron mitigarse los efectos tóxicos de los PUFA sobre la biohidrogenación ruminal, y en consecuencia, aumentó el pool de CLA y 18:1 *trans 11* disponible para la deposición de CLA en el tejido muscular. Los resultados de Scollan et al. (2003), que trabajaron con suplementos de lípidos insaturados protegidos de la digestión ruminal, donde el índice de actividad de la enzima  $\Delta^9$  desaturasa no mostró tendencia a afectarse, se contraponen con la inhibición tisular de la expresión o actividad de la enzima mencionada hallada en nuestro trabajo. Griswold et al. (2003), ensayando distintas proporciones de aceite de soja y forraje (silaje de maíz) y Nuernberg et al. (2002), utilizando dietas concentradas versus dietas forrajeras, tampoco hallaron diferencias significativas en el índice de actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa en sus ensayos. Asimismo, los niveles de CLA obtenidos por los citados autores en todos los grupos de tratamiento, son 2 o 3 veces menores a los encontrados en este trabajo, como se comenta más adelante.

A la luz de los trabajos de los autores citados anteriormente (Beaulieu et al., 2002 ; Griswold et al., 2003), los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la inclusión de sojilla como suplemento, modificó las condiciones imperantes en el rumen, aportó una gran cantidad de PUFA que perjudicaron la biohidrogenación ruminal para la producción de CLA y ácido vaccénico y adicionalmente provocó una disminución de la actividad tisular de la  $\Delta^9$  desaturasa, perjudicando la producción de 18:2 *cis 9- trans 11* con respecto a la alimentación con mayores niveles



de pasto fresco. El efecto esperado de elevar el contenido de CLA de la carne bovina por inclusión de sojilla como suplementación no sólo no se observó, sino que tuvo el efecto opuesto. En coincidencia con Griswold et al. (2003), el incremento de la proporción de forraje en la dieta para elevar el contenido de CLA de la carne, fue más efectivo que el uso de suplementos con semillas de oleaginosas.

Una consideración interesante es la comparación en el contenido de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) de la grasa intramuscular de la carne de todos los grupos de tratamiento de nuestro trabajo, comparado con los niveles registrados en aquellos de otras partes del mundo, que muestran que estos últimos contienen cantidades ostensiblemente menores (de dos a tres veces). Este es un punto de importancia nutricional, considerando las propiedades que el 18:2 *cis* 9- *trans* 11 posee sobre la salud humana. La explicación de este hecho puede encontrarse en que nuestro principal componente de la dieta bovina es el forraje fresco consumido por pastoreo directo, mientras que los países desde donde provienen la mayor parte de los trabajos citados, alimentan a los animales con dietas compuestas por forraje conservado y altos niveles de concentrados. Esta sería la razón por la cual, el contenido de CLA (18:2 *cis* 9- *trans* 11) muestran tales diferencias y reafirma la explicación de los resultados obtenidos en este trabajo.

También desde la óptica de la nutrición y salud humana pudieron hacerse otras evaluaciones de los resultados obtenidos como la relación entre ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos saturados (SFA) (cuadro 21), el contenido de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (cuadro 21), los cambios en los contenidos de PUFA comparados con los de MUFA (cuadro 23), la relación entre PUFA n-6 y PUFA n-3 (cuadro 21) y la relación entre ácidos grasos hipercolesterolémicos y ácidos grasos hipocolesterolémicos (cuadro 23).

**Cuadro 23 – Relaciones entre ácidos grasos de importancia nutricional**

Músculo	PUFA / MUFA				AGH / AGh			
	Tratamiento				Tratamiento			
	SO	EAS	SP	e.e.	SO	EAS	SP	e.e..
<i>Longissimus dorsi</i>	0.323 <sup>ax</sup>	0.272 <sup>bx</sup>	0.209 <sup>cx</sup>	5.7*10 <sup>-5</sup>	0.503 <sup>ax</sup>	0.512 <sup>bx</sup>	0.471 <sup>cx</sup>	3.3*10 <sup>-4</sup>
<i>Semitendinosus</i>	0.328 <sup>ay</sup>	0.261 <sup>by</sup>	0.251 <sup>cy</sup>	5.7*10 <sup>-5</sup>	0.543 <sup>ay</sup>	0.539 <sup>by</sup>	0.459 <sup>cy</sup>	5.7*10 <sup>-5</sup>

AGH/AGh: relación entre los ácidos grasos hipercolesterolémicos y los ácidos grasos hipocolesterolémicos = 14:0 + 16:0 / MUFA + PUFA

a,b,c - Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

x,y - Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

e.e = error estandar en función de la dieta dentro de cada corte

En los que se refiere a la relación PUFA / SFA, presentados en el cuadro 21, los resultados de todos los tratamientos en ambos músculos analizados, tuvo valores entre 0.2 y 0.3, sin diferencias significativas entre ellos. Además fueron dos a tres veces mayores que los publicados por la mayoría de los autores, circunstancia que resultó favorable a la imagen saludable de la carne producida bajo este sistema. De todos modos, estos valores se encuentran alejados de la relación PUFA / SFA recomendada de 0.45, aunque es necesario aclarar que dicha recomendación, se refiere a una dieta completa, de la cual, la carne debe ser parte pero no el único alimento.

El contenido de MUFA tuvo valores crecientes para los grupos SO, EAS y SP respectivamente (cuadro 21), mientras que la relación PUFA / MUFA y la relación entre ácidos grasos hipercolesterolémicos y ácidos grasos hipocolesterolémicos (cuadro 23) tuvieron valores decrecientes para los grupos SO, EAS y SP para ambos músculos considerados, con la excepción del músculo *Longissimus dorsi* donde la relación entre los AG hipercolesterolémicos y los AG hipocolesterolémicos fue mayor para el grupo EAS, menor para el SP e intermedio para el SO. Esta relación se incrementó por un aumento en las proporciones de ácido palmítico (16:0) y un decrecimiento de los MUFA, principalmente ácido oleico (18:1 n-9), en la carne de los animales suplementados con sojilla comparados con aquellos que solo consumieron pastura, aún cuando

los novillos suplementados tendieron a poseer mayor proporción de PUFA.

La razón por la cual la relación PUFA / MUFA fue mayor para los novillos suplementados que para los que consumieron sólo pastura, se debió probablemente a cierta saturación del metabolismo biohidrogenante ruminal y la afectación experimentada por la  $\Delta^9$  desaturasa tisular que provocaron menores niveles de MUFA, particularmente de ácido oléico (18:1 n-9), motivadas por la inclusión de la sojilla en la dieta animal.

Por lo tanto, en términos de salud nutricional, tales como los publicados por Mattson y Grundy (1985), Bonamonne y Grundy (1988), Grundy y Denke (1990), citado por Ashes et al. (1993) y Cave (1991), citado por Duckett et al. (1993), una mayor proporción de pastura fresca en la dieta de los animales, representó, en nuestro trabajo, la producción de carnes con características más saludables para dietas humanas elevadas en colesterol.

Además, se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto en la relación de PUFA / MUFA como en la de AGH / AGh cuando se compararon entre sí, los resultados obtenidos para ambos músculos dentro de cada tratamiento, lo cual indicaría diferencias en el metabolismo lipídico de cada músculo considerado (cuadro 23).

Por otra parte, la relación AG n-6 / AG n-3 tendió a ser mayor en el nivel de mayor inclusión de sojilla (SO) y decrecer cuanto mayor proporción de pastura consumieron los novillos. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por Nuernberg et al. (2002), donde la carne "producida a pasto" tuvo mayor contenido de AG n-3, menor proporción de AG n-6 y menor relación AG n-6/AG n-3 que aquella obtenida por alimentación con concentrados.

Desde el punto de vista de la salud nutricional del consumidor, la relación AG n-6 / AG n-3 también fue más favorable a la carne producida en forma exclusivamente pastoril, aunque de todas maneras,

ninguno de los grupos de tratamientos estuvieron muy alejados de la recomendación de una ingesta con una relación n-6 / n-3 de 4.

En la evaluación de parámetros que afectan la calidad sensorial, los resultados de la medición de pH, color y terneza (fuerza de corte) se expresan en los cuadros 24, 25 y 26 respectivamente.

**Cuadro 24 – pH de la carne bovina en función de la dieta**

Medición de pH					
Músculo	Grupos de tratamiento			DE	Significancia
	SO	EAS	SP		
<i>Músculo Longissimus dorsi</i>	5.54	5.59	5.69	0.174	NS
<i>Músculo Semitendinosus</i>	5.56 <sup>a</sup>	5.75 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>	0.158	0.05

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

**Cuadro 25 – Color de la carne bovina en función de la dieta**

Medición de color						
Músculo		Grupos de tratamiento			DE	Significancia
		SO	EAS	SP		
<i>Músculo Longissimus dorsi</i>	L	34.30	33.99	33.88	3.435	NS
	a	25.24	25.36	22.13	3.917	NS
	b	9.17	8.98	6.94	2.696	NS
<i>Músculo Semitendinoso</i>	L	42.99 <sup>a</sup>	39.29 <sup>b</sup>	40.91 <sup>ab</sup>	2.959	0.05
	a	28.92	28.23	26.28	2.524	NS
	b	12.83 <sup>a</sup>	11.11 <sup>ab</sup>	10.62 <sup>b</sup>	1.912	0.05

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

**Cuadro 26 – Terneza (medida como fuerza de corte) de la carne bovina en función de la dieta**

Fuerza de corte (kg F)					
Músculo	Grupos de tratamiento			DE	Significancia
	SO	EAS	SP		
<i>Músculo Longissimus dorsi</i>	7.4	7.8	7.9	1.90	NS
<i>Músculo Semitendinosus</i>	12.0	11.0	10.0	1.96	NS

Del análisis de los resultados de parámetros sensoriales, en función de los grupos de tratamientos (SO, EAS y SP), surge que la inclusión de

sojilla como suplementación no afectó en forma significativa la terneza medida como fuerza de corte en ninguno de ambos músculos estudiados, aunque se observó que los valores de fuerza de corte de la carne de los grupos de tratamiento SO, EAS y SP, tuvieron una tendencia creciente para el músculo *Longissimus dorsi* y decreciente para el *Semitendinosus* respectivamente (Cuadro 26). La fuerza de corte para el músculo *Longissimus dorsi* siguió la misma tendencia – decreciente con mayor inclusión de sojilla-, que la encontrada por Madron et al. (2002).

La medición de pH no varió significativamente entre los grupos de tratamiento para el músculo *Longissimus dorsi*, aunque difirió estadísticamente para el músculo *Semitendinosus* entre los grupos SO y SP comparados con el grupo EAS, con un valor mayor para este último (Cuadro 24).

Tampoco la evaluación de los parámetros de color variaron significativamente para el músculo *Longissimus dorsi* entre los grupos SO, EAS y SP. Las mediciones de luminosidad ( $L^*$ ) y tono y saturación del amarillo ( $b^*$ ) del músculo *Semitendinosus* fueron estadísticamente diferentes.  $L^*$  fue mayor para el grupo SO, intermedio para el SP y menor para el EAS. Sin embargo,  $b^*$  fue mayor para el SO, intermedio para el EAS y menor para el grupo SP (Cuadro 25).

Los resultados obtenidos en las mediciones de pH y en las evaluaciones sensoriales instrumentales de color y terneza, se compararon con los coeficientes de correlación presentados en el cuadro 13, habiéndose observado que para el músculo *Longissimus dorsi* la correlación entre el pH y los parámetros de color  $L^*$  y  $b^*$ , y, la fuerza de corte, tuvieron similar tendencia que la publicada por varios autores.. Sin embargo, el porcentaje de grasa intramuscular tendió a correlacionarse en forma opuesta a la publicada por Wulf y Page (2000).

Para el músculo *Semitendinosus*, los parámetros que tendieron a comportarse de manera similar en relación a la fuerza de corte de

acuerdo con los trabajos de varios autores (cuadro 13), fueron a\* y b\*. De cualquier modo, para este músculo, los coeficientes de correlación publicados para los parámetros evaluados son muy bajos (Wulf y Page, 2000).

En referencia al trabajo de Duckett et al. (1993), que concluyeron que el contenido de ácido oléico (18:1) y el de PUFA tuvieron coeficientes de correlación con la fuerza de corte para el músculo *Longissimus* de -0.50 y 0.66 respectivamente; encontramos en nuestro trabajo una tendencia contraria para ambos predictores de terneza.

De acuerdo a las observaciones y análisis anteriores, surge que la suplementación ofrecida a los novillos en terminación en el presente trabajo, no afectó - o lo hizo en pequeña medida- los valores de pH, la medición instrumental de color ni la terneza (medida como fuerza de corte) de la carne bovina producida bajo este sistema.

## CONCLUSIONES

La suplementación con sojilla acortó el período de engorde de los novillos en pastoreo, lo cual, representó una ventaja productiva. Además, los animales suplementados tendieron a deponer menos grasa intramuscular, aunque de todas maneras, cualquiera de las dietas ofrecidas produjo carne cuyo porcentaje de grasa intramuscular pudo considerarse dentro de los límites saludables.

La inclusión de sojilla en las dietas vacunas, tendió a disminuir en alguna medida, la valoración en términos de salud nutricional de la carne, a partir de parámetros como la relación entre ácidos grasos hipercolesterolémicos e hipocolesterolémicos, proporción de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) especialmente el ácido oléico, la relación entre ácidos grasos n-6 y n-3, la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y los saturados (SFA) y la proporción de ácido linoléico conjugado (CLA) especialmente el isómero 18:2 *cis 9- trans 11*. En estos dos últimos parámetros, considerando todas las dietas suministradas y los sistemas de alimentación impuestos a los animales en este trabajo, se observó que nuestros resultados están bien por encima de los valores obtenidos en varios trabajos internacionales en cuanto se refiere a la producción de carnes nutricionalmente más sanas. Este hecho encuentra explicación en la alimentación animal. En nuestro país, el componente mayoritario de las dietas vacunas es el pasto, principal responsable de estas ventajas en la producción de carne vacuna más saludable.

Por otra parte, no hubo diferencias consistentes entre dietas, en las evaluaciones instrumentales de la calidad sensorial de la carne en parámetros de pH, color y terneza.

Por lo tanto, habiendo reproducido en este ensayo la dieta de numerosas explotaciones de engorde vacuno de nuestro país, se podría afirmar que

la inclusión de sojilla como suplementación alimenticia de novillos en pastoreo fue útil como medida productiva, reduciendo escasamente las amplias ventajas sobre la valoración nutricional que la alimentación de base pastoril tiene sobre la carne vacuna como alimento humano.



## BIBLIOGRAFÍA

AHARONI, Y.; NACHTOMI, E.; HOLSTEIN, P.; BROS, A.; HOLZER, Z. and NITSAN, Z.. 1995. Dietary effects on fat deposition and fatty acid profiles in muscle and fat depots of Friesian bull calves. *J. Anim. Sci.* 73: 2712-2720.

ASHES, J.; THOMPSON, S.; GULATI, S.; BROWN, G.; SCOTT, T.; RICH, A.; RICH, J..1993. A comparison of fatty acid profile and carcass characteristics of feed lot steers fed canola seed and sunflowers seed meal supplements protected from metabolism in the rumen. *Austr. J. Agric. Res.* 44: 1103-1112.

BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. and GRILNARI, J.M.. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.*, 1999.

BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; SAEB, A.; BAUMAN, D.E.. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *Am. J. Physiol.* 278: R179-R184.

BEAULIEU, A.D.; DRACKLEY, J.K. and MERCHEN, N.R.. 2002. Concentrations on conjugated linoleic acid (*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. *J. Anim. Sci.* 80: 847-861.

BELURY, M.A.. 1995. Conjugated dienoic linoleate: a polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutr. Rev.* 53: 83-89.

BLAXTER, K.L. and WEBSTER, A.J.F.. 1991. Animal production and food: real problems and paranoia. *Animal Production* 53(3): 261-269.

BONAMONNE, A. and GRUNDY, S.M.. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoproteins levels. *New England Journal of Medicine* 318: 1244.

BOWLING, R.A.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; DUTSON, T.R.; OLIVER, W.M.. 1977. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 45: 209-215.

BRETILLON, L.; CHARDIGNY, J.M.; GREGOIRE, S.; BERDEAUX, O.; SEBEDIO, J.L.. 1999. Effects of conjugated linoleic acid isomers on the hepatic microsomal desaturation activities in vitro. *Lipids* 34: 965-969.

BUTTERFIELD Y BERG. 1978. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno.

CHIN, S.F.; LIU, W.; STORKSON, J.M.; HA, Y.L.; PARIZA, M.W.. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a new recognized class of carcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5: 185-197.

CHIN, S.F.; STORKSON, J.M.; ALBRIGHT, K.L.; COOK, M.E.; PARIZA, M.W..1994. Conjugated linoleic acid is a growth-factor for rats as shown by enhanced weight-gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.* 124: 2344-2349.

CHRISTIE, W.W.. 1981. The effects of diet and other factors on lipid composition of ruminants tissues and milk. In Christie, W.W. (ed.). *Lipid metabolism in ruminants animals*. Pp 193. Pergamon press New York.

COOK, M.E.; MILLER, C.C.; PARK, Y.; PARIZA, M.W.. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Sci.* 72: 1301-1305.

CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A; GRINARI, J.M. PHILLIPS, B.S.; BAUMAN, D.E.. 2001. The role of  $\Delta^9$ -desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.* 12: 622-630.

COSSU, M.E.; PRUZZO, L.; TRINCHERO, G.; CANOSA, F.; GRIGERA NAÓN, J.J. and SANTA COLOMA, L.. 2000. Fatty acid composition of Longissimus muscle of steers fattened under different feeding systems. Proc. 46° International Congress of Meat Science and Technology. 2 II.- P 24. Pp.178-179. Buenos Aires, Argentina.

CROUSE, J.D.; CROSS, H.R.; SEIDEMAN, S.C.. 1984. Effects of a grass or grain diet on the quality of tree beef muscles. *J. Anim. Sci.* 58: 619-625.

DE SMET, S.; WEBB, E.C.; CLAEYS, E.; UYTTERHAEGEN, L. and DEMEYER, D.I..2000. Effect of dietary energy and proteins levels on fatty acids composition of intramuscular fat in double-muscled Belgian Blue bulls. *Meat Sci.* 56: 73-79.

DECKER, E.A.. 1996. The role of stereospecific saturated fatty acid positions on lipid nutrition. *Nutrition Reviews.* 54 (4) (1): 108-110.

DEMEYER, D.; DOREAU, M.. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proc. Nutr: Soc.* 58: 593-607.

DHIMAN, T.R.; ANAND, G.R.; SATTER, L.D. and PARIZA, M.W.. 1996. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 79 (suppl.1): 137 (Abstr.).

DHIMAN, T.R.; HELMINK, E.D.; McMAHON, D.J.; FIFE, R.L.; PARIZA, M.W.. 1999<sup>a</sup>. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.* 82: 412-419.

DHIMAN, T.R.; OLSON, K.C.; MACQUEEN, I.S.; PARIZA, M.W.. 1999<sup>b</sup>. Conjugated linoleic acid content of meat from steers fed soybean oil. *J. Dairy Sci.* 82 (Suppl.1): 84 (Abstr.)

DINIUS, D.A.; CROSS, H.R.. 1978. Feedlot performance, carcass characteristics, and meat palatability of steers fed concentrate for short periods. *J. Anim. Sci.* 47: 1109-1113.

DIRECCIÓN DE INDUSTRIA ALIMENTARIA. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTOS DE LA NACIÓN ARGENTINA. 2003. Informe del Sector de Carnes Bovinas.

DUCKETT, S.K.; WAGNER, D.G.; YATES, L.D.; DOLEZAL, H.G. and MAY, S.G.. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci.* 71: 2079-2088.

EICHHORN, J.M.; OLEMAN, L.J.; WAKAYAMA, E.J.; BLOMQUIST, G.J.; BAILEY, C.M. and JENKINS, T.G.. 1986. Effects of breed type and restricted vs ad-libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. *J. Anim. Sci.* 63: 781-794.

ENGLE, T.E.; SPEARS, J.W.; FELLNER, V. and ; ODLE, J.. 2000. Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78: 2713-2721.

ENSER, M.. 2002. Muscle lipids and meat quality. *Proc. 47° International Congress of Meat Science and Technology*. Pp. 243-246. Rome, Italy.

ENSER, M.; HALLET, K.G.; HEWETT, B.; FURSEY, G.A.J.; WOOD, J.D.; HARRINGTON, G.. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Sci.* 49 (3): 329-341.

ENSER, M.; SCOLLAN, N.; GULATI, S.; RICHARDSON, I.; NUTE, G. and WOOD, J.. 2001. The effects of ruminally-protected dietary lipids on the lipid composition and quality of beef muscle. *Proc. 47° International Congress of Meat Science and Technology*. 186-187. Cracow, Poland.

ENSER, M.; SCOLLAN, N.D.; CHOI, N.J.; KURT, E.; HALLETT, K. and WOOD, J.D.. 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.* 69: 143-146.

ERIKA KRESS-ROGERS AND CHRISTOPHER JB BRIMELOW. 2001. *Instrumentation and sensors for the food industry*. 2<sup>a</sup> Ed.. Ed. Woodhead Publishing limited. Pp. 836.

FAO. 2002. Informe: "Carne y Productos Cárnicos".

FOLCH, J.; LEEDS, M. and SLOANE, S.G.H.. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.

FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J. and MOLONEY, A.P.. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78: 2849-2855.

GANONG, W.F. 1984. *Fisiología Médica*. 9ª Ed. Ed. El manual moderno S.A. de C.V.. México, D.F. Pp.682.

GARCÍA, P.T. and CASAL, J.J.. 1992. Lipids in Longissimus muscle from grass or grain fed steers. *Proc. 38° International Congress of Meat Science and Technology* 2: 53-56. Clermont-Ferrand, France.

GRIGERA NAÓN, J.J.; SCHOR, A; ACOSTA, A.; VON BERNARD, H.. 1999. Suplementación con grano de maíz de novillos en pastoreo durante la fase de terminación. *Revista de la Facultad de Agronomía (UBA)* 19 (3): 275-280.

GRIGERA NAÓN, J.J.; SCHOR, A; COSSU, M.E.; TRINCHERO, G. and PARRA, V.F.. 2000. Influence of strategic maize grain supplementation on cholesterol and fatty acids of Longissimus and Semitendinosus muscles of beef steers at grazing. *Proc. 46° International Congress of Meat Science and Technology*. 2 II.- P 13. Pp. 156-157. Buenos Aires, Argentina.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H.; CHOUINARD, P.Y.; NURMELA, K.V.V.; BAUMAN, D.E.. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cattle. *J. Nutr.* 130: 2285-2291.

GRISWOLD, K.E.; APGAR, G.A.; ROBINSON, R.A.; JACOBSON, B.N.; JONSON, D. and WOODY, H.D.. 2003. Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. *J. Anim. Sci.* 81: 1862-1871.

GRUPO DE CALIDAD DE RESES Y CARNES. 1999. Calidad de reses y carnes de distintas especies: del productor al mercado. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. U.B.A.

HARRISON, A.R.; SMITH, M.E.; ALLEN, D.M.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L.; KROPF, D.H.. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *J. Anim. Sci.* 47: 383-388.

HOLMAN, R.. 1995. Essential fatty acids in health and disease. Actas de la Jornada de Actualización: Las carnes en la nutrición y salud humanas. Academia Nacional de Medicina. Buenos Aires, Argentina.

JEREMIAH, L.E.; TONG, A.K.W.; GIBSON, L.L.. 1991. The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Sci.* 30: 97-114.

JOSIFOVICH, J.. 1995. Invernada en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. Ed. Hemisferio Sur. 1ª edición.

KELLY, M.L.; KOLVER, E.S.; BAUMAN, D.E.; VAN AMBURGH, M.E.; MULLER, M.D.. 1998<sup>b</sup>. Effect of intake of pasture on concentrations of

conjugated linoleic acid in milk of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 1630-1636.

KEPLER, C.R.; TOVE, S.B.. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids: III. Purification and properties of linoleate  $\Delta^{12}$ -*cis*,  $\Delta^{11}$ -*trans* isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. J. Biol. Chem. 242: 5686-5692.

LAWLESS, F.; MURPHY, J.J.; HARRINGTON, D.; DEVERY, R.; STANTON, C.. 1998. Elevation of conjugated *cis*-9, *trans*-11 octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. J. Dairy Sci. 81: 3259-3267.

LAWRIE, R.A.. 1998. Ciencia de la Carne. 3<sup>a</sup> Ed.. Ed. Acribia.

LEANDER, R.C.; HEDRICK, H.B.; STRINGER, W.C.; CLARK, J.C.; THOMPSON, G.B.; MATCHES, A.G.. 1978. Characteristics of bovine longissimus and semitendinosus muscles from grass and grain fed animals. J. Anim. Sci. 46: 965-970.

LEE, K.N.; KRITCHESVSKY, D. and PARIZA, M.W..1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. Atherosclerosis 108: 19-25.

LEE, K.N.; PARIZA, M.W.; NTAMBI, J.M.. 1998. Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. Biochem. Biophys. Res. Commun. 248: 817-821.

MADRON, M.S.; PETERSON, D.G.; DWYER, D.A.; CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; BEERMAN, D.H. and BAUMAN, D.E.. 2002. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of



intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *J. Anim. Sci.* 80: 1135-1143.

MAKINNEY, G.A.; LITTLE, A.C.; BRINNER, L..1966. Visual appearance of foods. *Food Technol.* 20: 60-68.

MALAU-ADULI, A.E.O.; SIEBERT, B.D.; BOTTEMA, C.D.K. and PITCHFORD, W.S.. 1997. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from limousin and Jersey cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 48: 715-722.

MANDELL, I.B.; BUCHANAN-SMITH, J.G. and CAMPBELL, C.P.. 1998. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousine-cross steers when time on feed is controlled. *J. Anim. Sci.* 76: 2619-2630.

MANDELL, I.B.; GULLETT, E.A.; BUCHANAN-SMITH, J.G. and CAMPBELL, C.P.. 1997. Effects of diet and slaughter endpoint on carcass composition and beef quality in Charolais cross steers. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 403-414.

MARMER, W.N.; MAXWELL, R.J. and WILLIAMS, E.J..1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.* 59: 109-121.

MATTSON, F.M. and GRUNDY, S.M.. 1985. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J. Lipid Res.* 26: 194.

MAY, S.G.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R.; RAY, F.K.; BUCHANAN, D.S.. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 70: 444-453.

McGUIRE, M.A.; McGUIRE, M.K.. conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.* 1999.

MILLER, G.J.; FIELDS, R.A. and RILEY, M.L.. 1986. Lipids in wild ruminant animals and steers. *J. Food Qual.* 9: 331.

MILLER, G.J.; FIELDS, R.A.; MEDEIROS, L.A. and NELMS, G.E.. 1987. Lipids characteristics in fresh and broiled loin and round steaks from concentrate fed and pasture grazed steers. *J. Food Sci.* 52: 526-537.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 2003. The National Academies Press. 500 fifth St. N.W. Washington, D.C.. 20001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC.

NICOLOSI, R.J.; LAITINEN, L.. 1996. Dietary conjugated linoleic acid reduces aortic fatty streak formation greater than linoleic acid in hypercholesterolemic hamsters. *FASEB J.* 10: 2751 (Abstr.).

NTAMBI, J.M.. 1995. The regulation of stearoyl-CoA desaturase (SCD). *Prog. Lipid Res.* 34: 139-150.

NUERNBERG, K.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; LORENZ, S.; WINKLER, K.; RICKERT, R. and STEINHART, H.. 2002. *N*-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of *longissimus* muscle in beef cattle. Eur. J. Lipid Sci. Technol.. 104: 463-471.

NÜRNBERG, K.; WEGNER, J. and ENDER, K.. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. Livest. Prod. Sci. 56: 145-156.

OLTJEN, R.R.; RUMSEY, T.S.; PUTNAM, P.A.. 1971. All-forage diets for finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 32: 327-333.

PAGE, J.K.; WULF, D.M. and SCHWOTZER, T.R.. 2001. A survey of beef muscle color and pH. J. Anim. Sci. 79: 678-687.

PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.; ALBRIGHT, K.; LIU, W.. 1996. Conjugated linoleic acid (CLA) reduces body fat. FASEB J. 10: 3227 (Abstr.).

PARK, Y.; ALLBRIGHT, K.L.; LIU, W.; STORKSON, J.M.; COOK, M.E.; PARIZA, M.W.. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. Lipids 32: 853-858.

PARK, Y.; STORKSON, J.M.; ALLBRIGHT, K.L.; LIU, W.; PARIZA, M.W.. 1999. Evidence that the *trans*-10,*cis*-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body changes in mice. Lipids 34: 235-241.

PARODI, P.W.. 1994. Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. Aust. J. Dairy Technol. 49: 93-97.

POULSON, C.S.; DHIMAN, T.R.; CORNFORTH, D.; OLSON, C. and WALTERS, J.. 2001. Influence of diet on conjugated linoleic acid content of beef. *J. Anim. Sci.* Vol. 79, Suppl. 1: 159.

PURCHAS, R.W.. 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Sci.* 27: 129-140.

REAGAN, J.O.; CARPENTER, J.A.; BAUER, F.T.; LOWREY, R.S.. 1977. Packaging and palatability characteristics of grass and grass-grain fed beef. *J. Anim. Sci.* 45: 716-721.

RITZENTHALER, K.L.; McGUIRE, M.K.; FALEN, R.; SHULTZ, T.D.; DASGUPTA,, N.; McGUIRE, M.A.. 2001. Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. *J. Nutr.* 131: 1548-1554.

SAS® user's Guide: Statistics Version 6.12, ed. 1999, SAS Inst. Inc, Cary, N.C.

SCHAAKE, S.L.; SKELLEY, G.C.; HALPIN, E; GRIMES, L.W.; BROWN, R.B.; CROSS, D.L. and THOMPSON, C.E.. 1993. Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage, or for different periods in drylot. *J. Anim. Sci.* 71: 3199-3205.

SCHINDLER, V.; COSSU, M.E.; TRINCHERO, G.; GRIGERA NAÓN, J.J.; CANOSA, F. and SANTA COLOMA, L.. 2000. Effect of feeding system on daily gain of steers, fat and cholesterol content of beef. *Proc.* 46°

International Congress of Meat Science and Technology. 2 II.- P 21. Pp. 172-173. Buenos Aires, Argentina.

SCHROEDER, J.W.; CRAMER, D.O.; BOWLING, R.A.; COOK, C.W.. 1980. Palatability, shelflife and chemical differences between forage- and grain-finished beef. *J. Anim. Sci.* 50: 852-859.

SCOLLAN, N.D.; DHANOA, M.S.; CHOI, N.J.; MAENG, W.J.; ENSER, M.; WOOD, J.D.. 2001<sup>b</sup>. Biohidrogenation and digestion of loing chain fatty acids in steers fed on different sources of lipid. *J. Agric. Sci. Camb.* 136: 345-355.

SCOLLAN, N.D.; ENSER, M.; GULATI, S.K.; RICHARDSON, I. and WOOD, J.D.. 2003. Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle. *Br. J. Nutr.* 90: 709-716.

SLOBODIANIK DE GUREVICH, N. 2000. Lípidos. Departamento de Sanidad, Nutrición, Bromatología y Toxicología. Facultad de Farmacia y Bioquímica. U.B.A.

STANTON, C.; LAWLESS, F.; KJELLMER, G.; HARRINGTON, D.; DEVERY, R.; CONNOLLY, J.F.; MURPHY, J.. 1997. Dietary influences on bovine milk *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid content. *J. Food Sci.* 62: 1083-1086.

TANAKA, K.. 2001. Manipulation of fatty acid composition of ruminant meats. Actas del seminario sobre "Calidad de las Carnes Bovinas Argentinas". Pag. 93-96. Buenos Aires.

TATUM, J.D.; SMITH, G.C.; BERRY, W.; MURPHEY, C.E.; WILLIAMS, F.L.; CARPENTER, Z.L.. 1980 Carcass characteristics, time on fed and cooked beef palatability attributes. *J. Anim. Sci.* 50: 833.

TATUM, J.D.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.. 1982 Interrelationships between marbling, subcutaneous fat thickness and cooked beef palatability. *J. Anim. Sci.* 54: 777-784.

VAN SOEST, P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2<sup>nd</sup> Ed.. Cornell University Press. N.Y.. U.S.A. Pp. 476.

WATANABE, A.; DALY, C.C. and DEVINE; C.E.. 1996. The effects of the ultimate PH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Sci.* 42: 67-78.

WEIMER, P.J.. 1998. Manipulating ruminal fermentation: A microbial ecology perspective. *J. Anim. Sci.* 76: 3114-3122.

WESTERLING, D.B. and HEDRICK, H.B.. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex, and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim. Sci.* 48: 1343.

WHIGHAM, L.D.; COOK, M.E.; ATKINSON, R.L.. 2000. Cojugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacol. Res.* 42: 503-510.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I. and SHEARD, P.R.. 1999. Manipulating meat quality and composition. *Proc. Nut. Soc.* 58: 363-370.

WULF, D.M. and PAGE, J.K.. 2000. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *J. Anim. Sci.* 78: 2595-2607.

WULF, D.M. and WISE, J.W.. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L\*a\*b\* color space. *J. Anim. Sci.* 77: 2418-2427.

WULF, D.M.; O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D. and SMITH, G.C.. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef Longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.* 75: 684-692.