



NUTRICIÓN ANIMAL

Metabolismo: Lípidos 2011

Montevideo - Uruguay
Ing. Agr. María de Jesús Marichal
Ing. Agr. Mariana Carriquiry

- **Introducción**
- **Repasamos.... Absorción Transporte**
- **Metabolismo**
 - **Lipogénesis o síntesis AG**
 - **Modificación de AG**
 - **Oxidación de AG**
 - **Acumulación y movilización (lipólisis) de TG**
- **Efecto de la grasa en los productos finales**

Funciones de los lípidos en el organismo

- **Reserva y fuente de energía**
- **Estructurales**, componente de membranas celulares (fosfolípidos, esteroides)
- **Regulatorios**, precursores de moléculas reguladoras (hormonas esteroideas, prostaglandinas....)
- **Aislamiento** del medio externo
- **Protección** de traumas mecánicos

¿Porqué es importante entender el metabolismo de de los lípidos en animales de producción?

- **Uso de suplementos grasos ha aumentado en las dietas**
 - **Energía**
 - **Función reproducción**
 - **Función inmune**
- **Consumo de "grasa" y salud humana**
 - **Cantidad de TAG**
 - **Características de los AG**
 - **Saturados:Insaturados**
 - **OMEGA 6/ OMEGA 3**
 - **Dietas occidentales : 15:1**
 - **Relación óptima : varía con el trastorno y su severidad**
 - **< 5:1**
 - **CLA**

Función ac. graso específica

PUFA como moduladores del metabolismo

LIPIDOS

- **Introducción**
- **Repasamos.... Absorción Transporte**
- **Metabolismo**
 - **Lipogénesis o síntesis AG**
 - **Modificación de AG**
 - **Oxidación de AG**
 - **Acumulación y movilización (lipólisis) de TG**
- **Efecto de la grasa en los productos finales**
- **Efecto de la grasa en reproducción**

Repasamos....Absorción

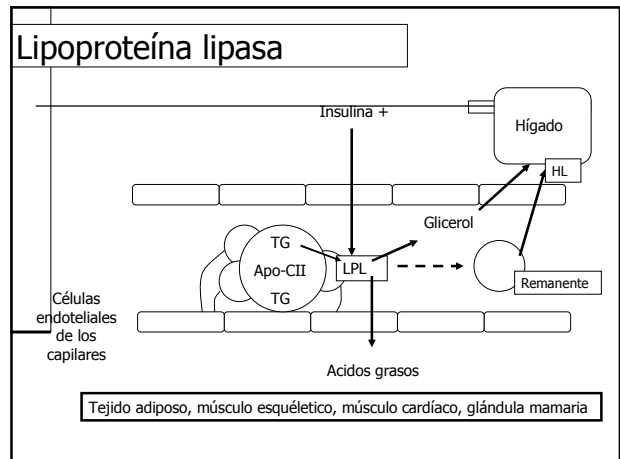
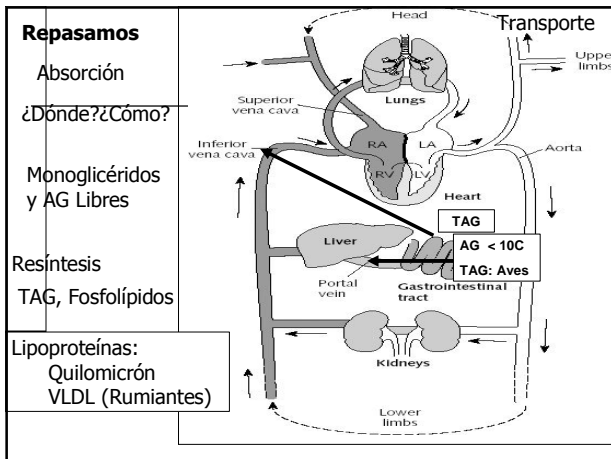
Monoglicéridos y Ac.Grasos Libres (>10C)

Resíntesis : TAG, Fosfolípidos

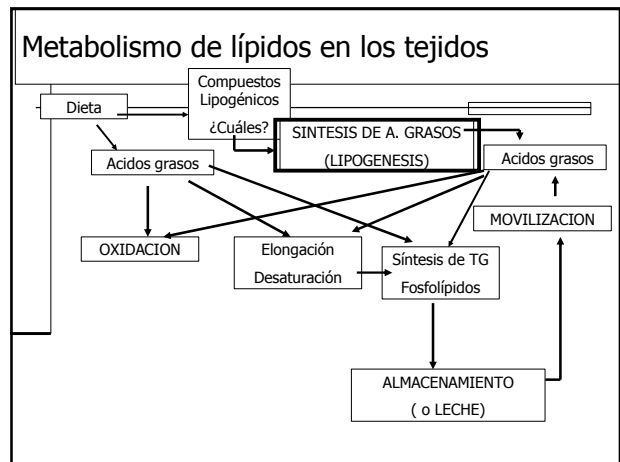
Formación de Lipoproteínas:

- **Quilomicrón**
- **VLDL (Rumiantes)**

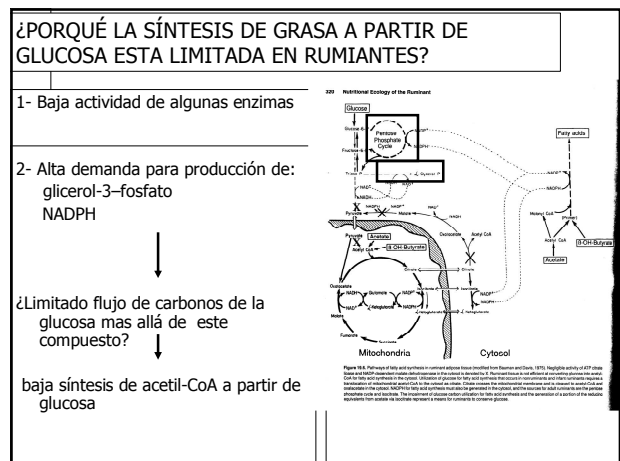
AG < 10 C: Sistema porta

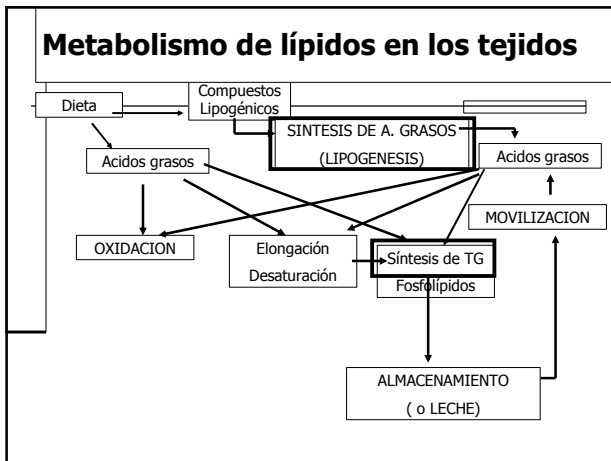


- Lípidos**
- Introducción
 - Respasamos.... Absorción Transporte
 - Metabolismo
 - Lipogénesis o síntesis AG
 - Modificación de AG
 - Oxidación de AG
 - Acumulación v movilización (lipólisis) de TG
 - Efecto de la grasa en los productos finales



- Lipogénesis (Síntesis de AG)**
- CUANDO?
 - Cuando hay "SOBRANTE" de energía
 - DONDE?
 - CITOPLASMA
 - TEJIDO ADIPOSEO
 - GL. MAMARIA
 - HIGADO (Aves)
 - PRECURSOR
 - ACETIL CoA
 - Via glicolítica (Monogástricos)
 - Acetato, Butirato, Propionato (Rumiantes)
 - PRODUCTO
 - PALMITICO (16C)
 - REQUIERE NADPH
 - CICLO DE LAS PENTOSAS
 - PASO ISOCITRATO DESHIDROGENASA (RUMIANTES)
 - ENZIMA MALICA (MONOGASTRICOS)
- ¿Requiere?
-





Síntesis triglicéridos

¿Dónde?
 TG : Tej. adiposo, Glánd.mamaria
 aves: Hígado

Origen del glicerol: vía glicolítica

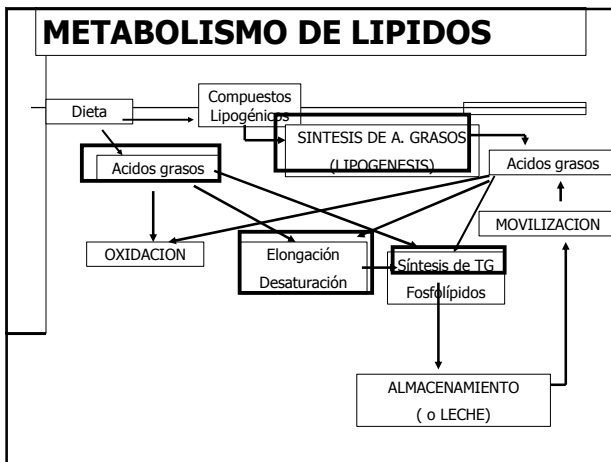
Triglyceride - Ester Synthesis

$$3 \text{ HOH} + \begin{matrix} \text{H} & \text{O} & \text{O} & \text{O} \\ | & || & || & || \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} & \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3 & \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3 & \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3 \\ | & | & | & | \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{matrix}$$

Trilauroylglycerol

C. Opasit, s. 2007

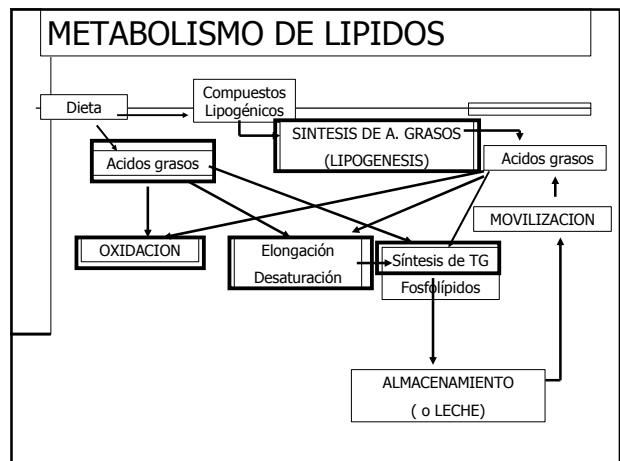
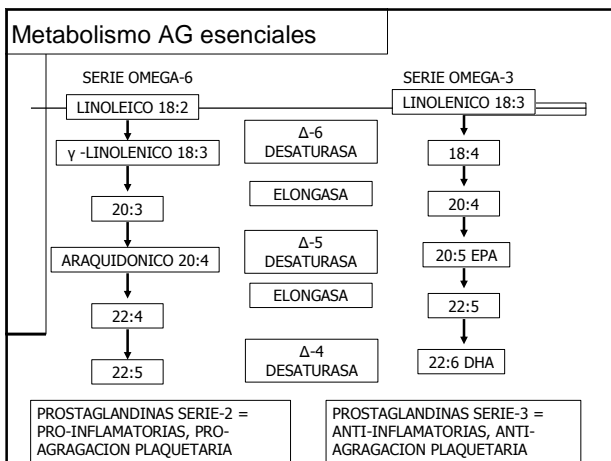
Aumenta → balance energético positivo
 Se reduce → deficit energético



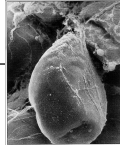
- **ELONGACIÓN**
 - Adición de unidades de 2C al ac. palmítico
 - Formación AG saturados
- **DESATURACIÓN**
 - Introducción de dobles enlaces – Desaturasas
 - Importante en la formación de CLA a partir de trans-18:1 absorbidos

trans-11-18: → CLA, *cis*-9, *trans*-11 18:2

Δ-9 desaturasa



Oxidación AG



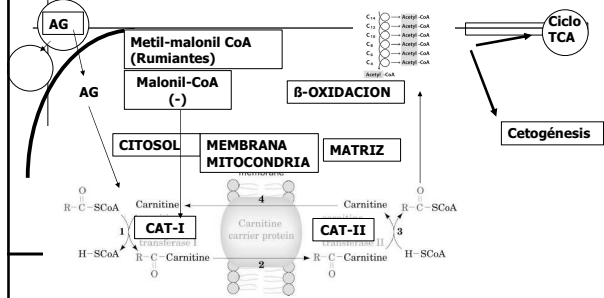
¿Cuándo?

- Cuando hay NECESIDAD de energía

¿Dónde?

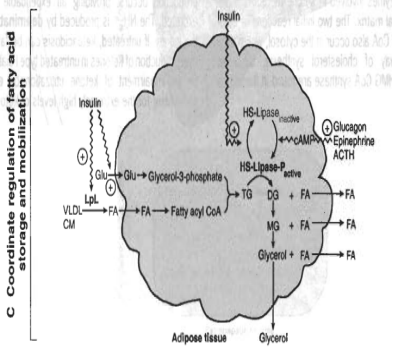
- MÚSCULO ESQUELÉTICO
- MÚSCULO CARDÍACO
- HÍGADO

Oxidación AG



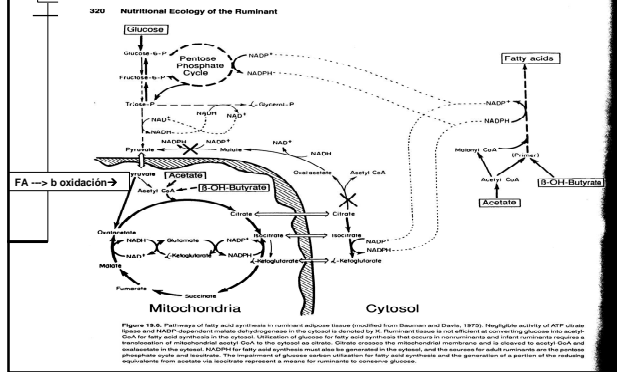
Síntesis y oxidación

Regulación coordinada



Las condiciones que promueven la síntesis de AG, deprimen su oxidación y vice versa

Conexiones entre el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos



Conexiones entre el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos

- Acetyl-CoA
- Citrato
- Glicerol-3-fosfato
- Piruvato → OAA Reacción crítica para la oxidación de la Acetil Co A

Deposición ↔ Movilización

Deposición ¿Cuándo? Superávit alimentario de Energía... y....???
TAG almacenados : energía

Movilización ¿Cuándo? (Situations That Require Emergency Signals for Survival)
Déficit alimentario de energía, estrés, ejercicio ----- > lipólisis

¿Cuándo se puede producir un déficit alimentario de energía?

- > disminución del consumo
- > aumento de la demanda de energía.

RENOVACIÓN EN DISTINTOS ÓRGANOS/TEJIDOS

Vida media (días)	
Proteína de:	
Higado	0,9
Intestino	1,3
Músculo esquelético	11
Tejido Adiposo	15-21

Vida media: tiempo en que se renueva la mitad de la totalidad del producto en cuestión.

Renovación:
Acumulación de TA : Balance tasas
Modificaciones de AG

Lípidos

- Introducción
- Respasamos.... Absorción Transporte
- Metabolismo
 - Lipogénesis o síntesis AG
 - Modificación de AG
 - Oxidación de AG
 - Acumulación y movilización (lipólisis) de TG
- Efecto de la grasa en los productos finales

Efecto de la grasa ingerida en los productos finales ¿porqué importa?

- Importancia como fuente de energía
- Implicancia en las características de los productos
- Composición en AG tiene implicancia en la salud humana

Efecto de la dieta en la composición de AG de la carne en cerdos

Table 1. Ingredient composition (% wt/wt) of the control and experimental diets^a

Component	Diet A (control)	Diet B	Diet C
Barley	30.0	30.0	30.0
Wheat	30.0	30.0	30.0
High-protein soybean meal	20.0	20.0	20.0
Fish meal	2.5	2.5	2.5
Monoclinic calcium phosphate ^b	2.5	2.5	2.5
Tallow-soybean oil (4:1, wt/wt)	10	—	—
Soybean oil ^c	—	10	10
Fish oil ^d	—	10	10
All-trans-retinoyl acetate (mg/kg diet)	100	100	250

^aProximate composition of Diets A, B, and C (percent) (as analyzed): 10.8, 18.7, 18.9 MJ DE/kg; DM 24.2, 24.9, 23.7%; CP 8.8, 9.6, 9.7%; NFE 44.4, 4.4, 3.8%; crude fiber 6.3, 6.7, 6.2%; ash 5.5, 6.0, 5.8%; and hydrolyzed ether extract.

^bSupplied per kg of diet: 100 mg Ca, 27 mg Se, 9.1 g Cu, 4.8 g P, and 1.5 g Mn.

^cRefined and deodorized, supplied by The White Sea and Fishes Company Ltd. (London, UK); declared analysis: free fatty acid, 3% maximum, water value 130, peroxide value 1.0 mEq/kg maximum.

^dRefined, supplied by Sorex Sore Ltd. (Ipswich, UK); declared analysis: free fatty acid, 0.9%, water value 201, peroxide value 38 mEq/kg.

Table 2. The fatty acid composition (% wt/wt of total fatty acids) of the control and experimental diets^a

Fatty acid ^b	Diet A (control)	Diet B and C ^c
14:0	1.54	1.19
15:0	19.3	17.4
16:1(n-7)	1.78	1.23
16:0	46	ND
17:1(n-7)	28	ND
18:0	8.55	2.12
18:1(n-7)	24.4	31.0
18:1(n-7)	2.48	2.52
18:2(n-6)	31.9	27.0
18:3(n-3)	3.56	5.42
20:0	16	ND
18:4(n-3)	19	43
20:1(n-9)	82	2.48
20:5(n-3)	52	1.19
22:1(n-9)	64	2.58
22:6(n-3)	71	1.87

^aValues are the mean and standard deviation of three replicates of two pens per diet. Values are the mean and standard deviation of three replicates of two pens per diet. Values are the mean and standard deviation of three replicates of two pens per diet.

^bValues are the mean and standard deviation of three replicates of two pens per diet.

^cND = not detectable.

^dPUFA = total weight percentage of 18:2(n-6), 18:3(n-3), 18:4(n-3), 20:5(n-3), and 22:6(n-3). P/S ratio = ratio of PUFA:SAT.

Cerdos, 52 kg a faena	Diets			
	Acidos grasos (mg/g grasa)	Control (3% Sebo + aceite de soja)	2% aceite canola + 1% aceite pescado	ES
Composición musculo Longissimus	17:0	.41	.35	.030
Concentrado con granos de cebada y trigo, y harinas de soja y pescado	18:0	12.5	12.3	.25
	18:1	29.4	32.1	1.53
	18:2(ω-6)	18.2	15.4	1.35
	18:3(ω-3)	.78 b	1.00a	.053
Leskanich et al., 1997	20:5(ω-3)	.68 b	1.13a	.125
	22:6(ω-3)	.77 b	.99a	.097
	Total AGS	35	36	.8
	Total AGMI	37	40	1.8
	Total AGPI	27	24	2.4
	Relación AGPI:AGS	.8	.7	.08
	Relación ω-6: ω-3	7.3a	4.6b	.17

Efecto de incluir diferentes fuentes de AG en dietas en cerdos en crecimientos 62 a 100 kg (Durán-Montgé et al., 2008)

Se observó:

- Subcutánea : 78%, Inter: 63%, Intra : 2%
- Patrón diferente de deposición de AG: Saturación: Subcutánea > Intermuscular > Intramuscular
Monoinsaturados : patrón inverso a AGS inverso al anterior
- La grasa intramuscular fue la menos susceptible a modificaciones dietéticas, la diferencia principal fue en respuesta a variaciones de PUFA de las dietas.

EFFECTO DE LA DIETA EN LA COMPOSICION DE LA GRASA DE LA LECHE

Table 2. Composition of the TMR based either on Megalac (MEG), whole flaxseed (FLA), whole sunflower seed (SUN), or no fat supplement (CON).

Ingredient, % of DM	MEG	FLA	SUN	CON
Grass silage	33.2	33.2	33.5	31.5
Corn silage	22.2	20.1	21.1	20.2
Protein supplement ¹	10.7	4.4	6.3	7.8
Ground barley	26.1	30.8	27.7	38.7
Whole flaxseed	0	9.7	0	0
Whole sunflower seed	4.5	0	0	0
Megalac ²	1.5	1.5	1.5	1.5
Calcium carbonate	0	0.2	0.3	0.3
Ammonium phosphate	0.7	0	0	0

¹Continental (as fed basis): 10% sorghum meal, 25.3% corn gluten meal, 20.5% distillers' wheat, and 44.2% Soyplus.

²Church and Dwight, Princeton, NJ.

³Prima control (DM basis): 400,000 IU of vitamin A/kg, 70,071 IU of vitamin D₃/kg, 245 IU of vitamin E/kg, 0.8% Co, 6.7% P, 2000 mg/kg of Mn, 1500 mg/kg of Zn, 400 mg/kg of Cu, 2000 mg/kg of Fe, 28 mg/kg of I, 24 mg/kg of Co, and 18 mg/kg of Se.

Table 3. Chemical composition of the 4 total mixed diets based either on Megalac (MEG), untreated whole flaxseed (FLA), untreated whole sunflower seed (SUN), or no fat supplement (CON).

Item	MEG	FLA	SUN	CON	SE
DM, %	65	65.6	67.7	67.4	0.5
OM, % of DM	65.4	62.7	62.7	66.1	0.1
ADF, % of DM	22.3	22.7	22.4	22.1	0.1
NDF, % of DM	33.7	35.2	34.7	34.5	0.3
CP, % of DM	16.7 ^a	15.0 ^b	16.1 ^a	15.0 ^b	0.1
Ether extract, % of DM	6.2 ^b	6.0 ^b	6.7 ^a	5.9 ^b	0.7
Fatty acids, % of total FA ¹					
C14:0	1.5	ND	ND	0.9	0.2
C14:1	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	24.7	11.7	11	21.4	3.5
C16:1	0.2	ND	ND	0.2	0.2
C18:0	3.8	2.3	2.3	2.7	0.2
C18:1n-7	25.9	18.3	18.5	15.3	2.2
C18:1n-7	0.7	ND	ND	0.7	0.02
C18:2n-6	25.1	25.3	40.6	41.6	5.1
C18:3n-3	7.1	38.4	6.6	14.8	7.8

¹Means within a row with no common superscript differ ($P < 0.05$).
²Means of each composite sample that were prepared from one weekly sample collected during each of 4 experimental periods.
³Means of weekly composite sample that was prepared from 4 daily samples collected in the digestibility week during each of 4 experimental periods.
 ND = Not detected.

	Megalac	Semilla de lino	Semilla de girasol	Control	SE
% del total de AG					
C10:0	3.4c	4.6b	3.3c	5.0a	0.2
C12:0	3.5c	4.7b	3.4c	5.8a	0.3
C14:0	11.2c	14.0b	11.1c	15.4a	0.5
C16:0	38.0a	31.2b	24.3c	38.1a	1.6
C16:1	1.6	1.5	1.6	1.9	0.4
C18:0	10.2c	13.7b	15.7a	8.4d	0.8
C18:1 trans	1.5b	1.4b	3.9a	1.0b	0.3
C18:1 cis	24.8b	23.1b	29.8a	17.9c	1.2
C18:2	3.1ab	2.4b	3.8a	3.2a	0.2
C18:3	0.6b	1.1a	0.5b	0.6b	0.1
AGS	66.3c	68.1b	57.8d	71.3a	1.4
AGNS	33.7c	31.9b	42.1a	28.7c	1.4
AGPI	4.3b	4.2b	5.2a	4.5b	0.2
n-6/n-3	6.8b	2.8c	9.9a	6.5b	0.8

Petit et al., 2004

Efecto de la dieta en la composición de AG de la carne en rumiantes

Consumo de MS promedio:
 ✓ 0 d de pastoreo = 7.65 kg MS/d (45% concentrado, 55% ensilaje)
 ✓ 158 d de pastoreo = 7.47 kg MS/d pastura

Consumo de grasa promedio:
 ✓ 0 d de pastoreo = 207 g/d
 ✓ 158 d de pastoreo = 224 g/d

Table 1. Chemical composition and fatty acid profile of feedstuffs fed to beef heifers

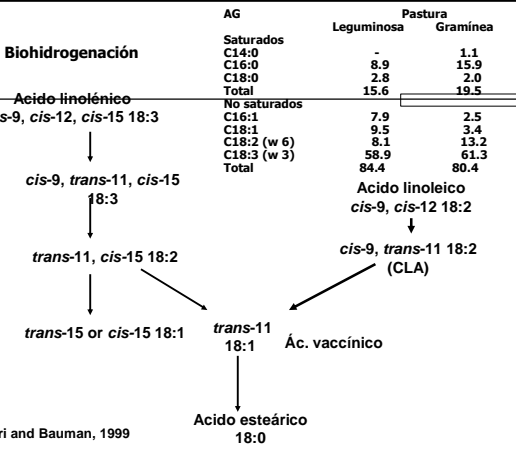
Variable	Concentrado (n = 5)	Grasa silaje (n = 8)	Pastura (n = 29)
DM, g/kg	858 ± 1.5	178 ± 19.0	179 ± 2.3
CP, g/kg of DM	138 ± 10.5	177 ± 8.3	134 ± 10.9
Ash, g/kg of DM	79 ± 7.6	109 ± 4.9	104 ± 14.5
Oil, g/kg of DM	19 ± 1.4	34 ± 2.70	30 ± 2.99
DM digestibility, g/kg	—	620 ± 14.8	788 ± 40.3

Fatty acid composition, proportion × 100
 C16:0 21.77 ± 1.94 15.24 ± 1.80 14.22 ± 0.61
 C18:0 3.97 ± 2.90 2.10 ± 0.31 4.20 ± 0.17
 C18:1 14.48 ± 1.25 2.91 ± 0.79 2.22 ± 0.41
 C18:2 47.92 ± 6.68 15.88 ± 0.86 11.16 ± 0.62
 C18:3 5.76 ± 1.29 45.99 ± 4.00 47.50 ± 2.42
 SFA^a 27.04 ± 5.44 21.43 ± 2.28 21.68 ± 0.82
 MUFA^b 16.54 ± 0.39 4.40 ± 0.56 5.13 ± 0.39
 PUFA^c 53.79 ± 7.62 62.20 ± 3.81 89.41 ± 3.97

^aSum of all saturated fatty acids from C14:0 to C22:0.
^bSum of C14:1, C16:1, C18:1, C20:1.
^cSum of C18:2, C18:3, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:4 and C22:6.

Acidos grasos (mg/g grasa)	Consumo pastura (d)		
	0	158	ES
Yaquillonas cruzas de Charolais			
C14:0	2.08	2.09	0.1
C15:0	0.43	0.48	0.016
Composición	24.13	21.71	0.358
musculo			
C16:0	2.13	1.99	0.08
Longissimus			
C17:0	1.39	1.45	0.035
Pastura = Raigras, Poa, y T. rojo			
C18:0	16.94	17.12	0.418
Control = Ensilaje de gramíneas + Concentrado			
C18:1 cis	35.7	33.6	0.668
C18:2	2.64	2.49	0.126
CLA c9,t11	0.50 b	0.71 a	0.043
C18:3	1.03 b	1.29 a	0.062
Total AGS	45.4	43.23	0.548
Total AGMI	41.64	41.06	0.7
Total AGPI	5.62 b	6.63 a	0.25
Relación AGPI:AGS	0.12 b	0.15 a	0.006
AG ω-6	3.5	3.46	0.213
AG ω-3	1.59 b	2.37 a	0.111
Relación ω-6: ω-3	2.21 b	1.46 a	0.054

Noci et al., 2005



Griinari and Bauman, 1999

Interrelaciones metabólicas de proteínas, carbohidratos y lípidos

