

Abans de formular

- Llei de depressió de la digestibilitat
- Taxa de substitució global
- Taxa de substitució marginal
- Llei de rendiments decreixents

Conceptes que s'han d'incorporar a la formulació, o almenys entendre'ls

Llei de depressió de la digestibilitat

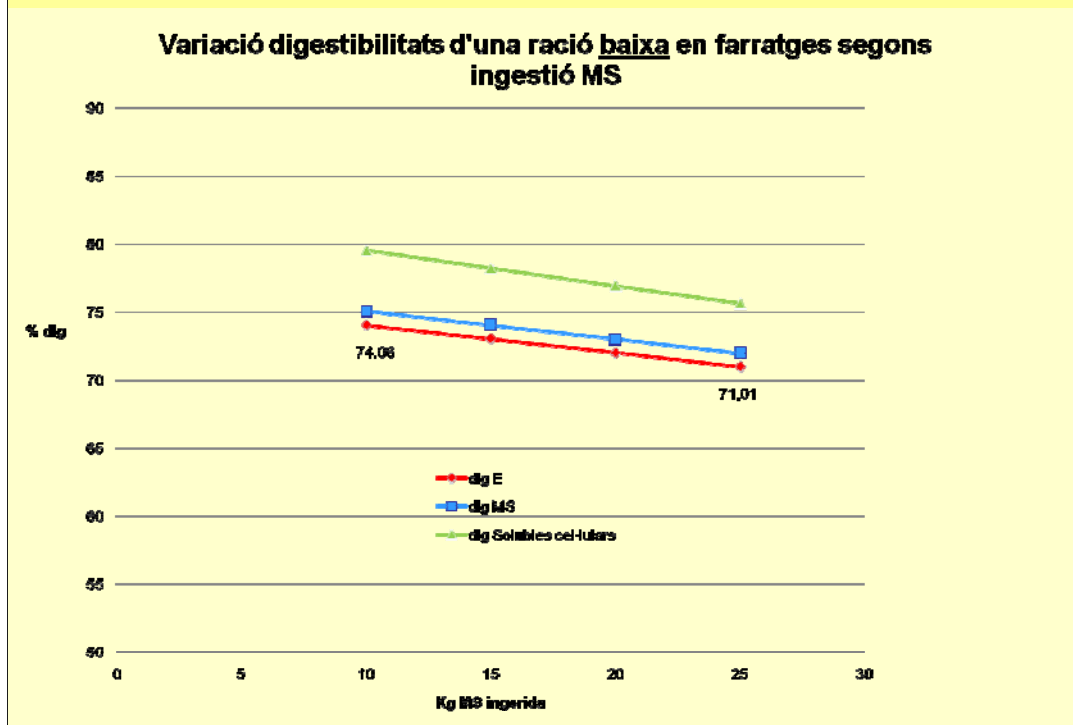
- $[\text{Energia}]_{\text{ració}} = [\text{Suma energia}]_{\text{ingredients}}$
- Si $\text{Co} \subset \text{Ració} \Rightarrow$
 $[\text{Energia}]_{\text{ració}} < [\text{Suma energia}]_{\text{ingredients}}$
- Hi ha depressió de la digestibilitat (D), en UFL
$$D = 6,3 \times I^2 + 0,002 \times N^2 - 0,017 \times N$$
 - I proporció concentrat en la ració (de 0 a 0,5)
 - N les necessitats energètiques
- Exemple: $N = 22$ UFL/dia
 - $I = 30\%$ MS Co a la ració $\Rightarrow D = 1,161$ UFL
 - $I = 40\%$ MS Co a la ració $\Rightarrow D = 1,602$ UFL

Llei de depressió de la digestibilitat

- Exemple experimental: Ració A, baixa en farratges; Ració B, alta en farratges. Distribuïdes a seques i a lactants

	Ració A		Ració B	
EBM	15,95		41,43	
E Alfals	15,95		41,43	
% Fa	31,90		82,86	
BM	53,17		7,35	
TS 44	11,83		7,65	
Minerals	3,10		2,14	
% Co	68,10		17,14	
	Seques	Lactació	Seques	Lactació
Kg MSI	7,41	23,86	9,31	19,49
PI 4%		31,80		33,10
dig MS	74,70	68,40	68,60	65,40
dig E	73,70	67,50	67,60	64,00

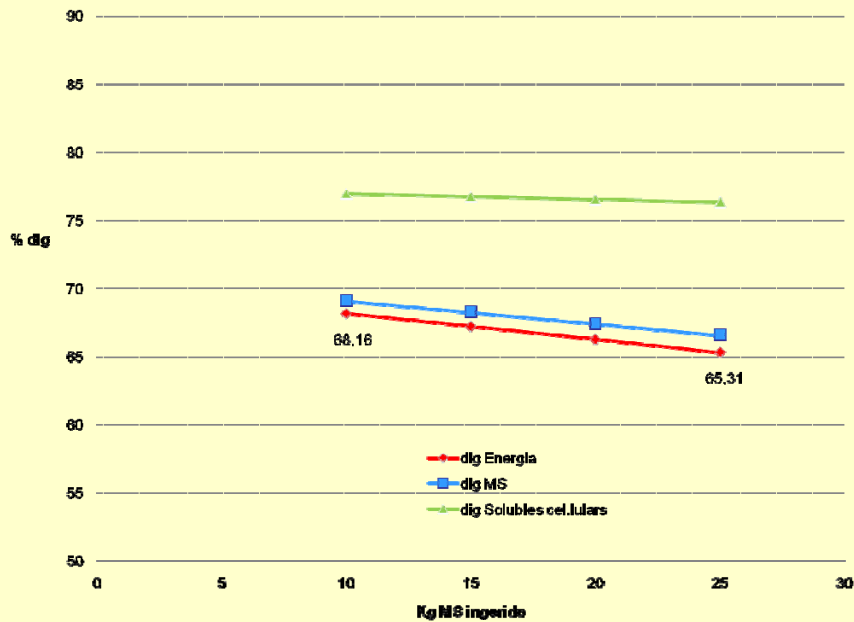
Llei de depressió de la digestibilitat



La ració baixa en farratges: Per cada kg MS d'increment de la ració, la digestibilitat de l'energia baixa 0,20 punts

Llei de depressió de la digestibilitat

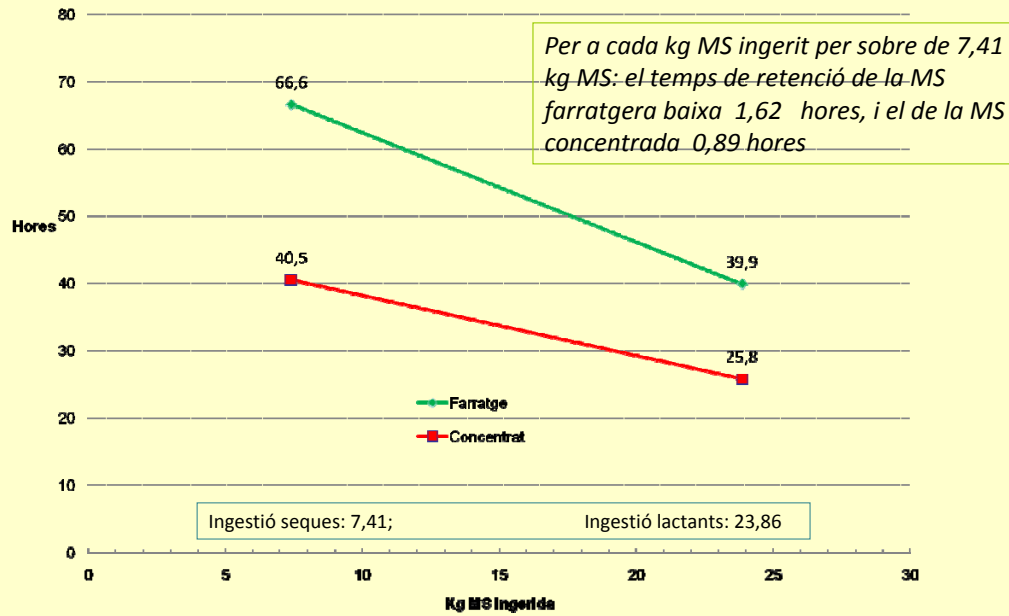
Variació digestibilitats d'una ració alta en farratges segons ingestió MS



La ració alta en farratges: Per cada kg MS d'increment de la ració, la digestibilitat de l'energia baixa 0,19 punts

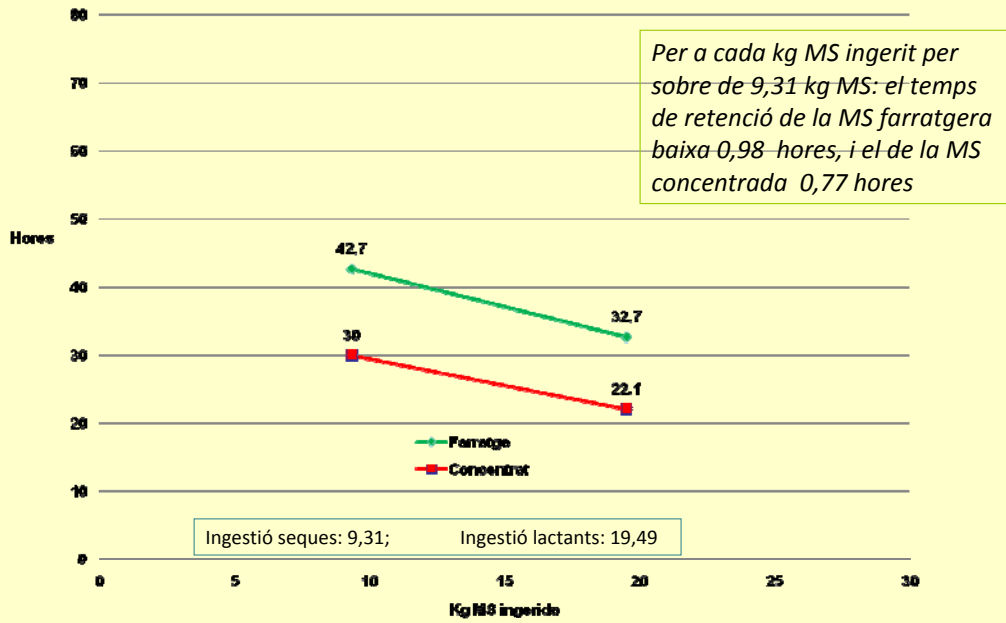
Llei de depressió de la digestibilitat

Temps de retenció farratges i concentrats d'una ració baixa en farratges segons sigui la ingestió MS



Llei de depressió de la digestibilitat

Temps de retenció farratges i concentrats d'una ració alta en farratges segons sigui la ingestió MS



Llei de depressió de la digestibilitat

Si \uparrow Co \subset Ració \Rightarrow \uparrow densitat de la ració

Si processem farratges \Rightarrow \uparrow densitat de la ració

(La ració ocupa menys volum \Rightarrow \uparrow ingestió de la ració)

Si \uparrow ingestió de la ració \Rightarrow \downarrow temps retenció/kg MS \Rightarrow \downarrow digestibilitat de l'energia

(\downarrow temps mastegar \Rightarrow \downarrow degradació ruminal \Rightarrow \downarrow digestibilitat ració)

Si \uparrow velocitat trànsit tub digestiu \Rightarrow \downarrow velocitat de digestió

Llei de depressió de la digestibilitat

El **temps mínim de masticació** (ingestió i remugament) per kg de MS de la ració ha de ser de **30 minuts**.

<i>Aliments</i>	Temps masticació min./kg MS
<i>Cereals i tortons moltos finament (farines i/o granulats); Pel·lícules de soja</i>	15
<i>Farratges secs molt digestibles, moltos finament i granulats; Cereals moltos grosserament Gramínies molt digestibles, seques i moltos; Ensitjats d'herba picada molt finament</i>	15 a 25
<i>Fencs aglomerats; Ensitjats d'herba mitjanament picats; Ensitjats de blat de moro finament picats</i>	25 a 40
<i>Fencs d'alfals llargs; Fencs de gramínies joves (de 2on i 3er cicles) Farratges verds mitjanament picats; Ensitjats de blat de moro o d'herba grosserament picats</i>	40 a 80
<i>Fencs de gramínies de 1er cicle; herba verda vella</i>	80 a 100
<i>Palla i fencs de gramínies tardanes</i>	100

Taxa de substitució global

- La taxa de substitució global d'una ració (S_g) és la quantitat de MS del farratge que deixa d'ingerir per kg de MS de concentrat ingerit (kg MS fa/kg MS Co)
- Valor atipament d'una ració:
 - Ració de farratges: Suma quantitats de cada farratge pel seu valor d'atipament ($X \cdot UE$)
 - Ració farratges i concentrats: Suma quantitats de cada farratge pel seu valor d'atipament ($X \cdot UE$) + quantitat total de concentrats multiplicats per la taxa de substitució i per les aportacions UE/kg MS

Taxa de substitució global

- Exemple valor atipament d'una ració:
 - Ració farratges (45 kg EBM, 30% MS, 1,15 UE) **15,53 UE**
 - Ració farratges i concentrats (30 kg EBM i 8 kg Co) (taxa substitució = 0,4):
 - Aportacions UE farratge 10,35
 - Aportacions UE concentrats* 3,31
 - Total **13,66 UE < 15,53**

* $7,2 \text{ kg MS Co} \times 0,4 \times 1,15 = 3,31 \text{ UE}$

Taxa de substitució global

$$S_g = d \times P_{Lpot}^{-0,62} \times e^{1,32 \times \frac{UFL_{Fa}}{UE_{Fa}}}$$

- La taxa de substitució global depèn de:
 - La producció de llet
 - Característiques del farratge o farratges de la ració: relació UFL/UE (com més bo més taxa)
 - Paritat: primíparaes $d = 0,96$, múltipares $d = 1,1$

Taxa de substitució marginal

- La taxa de substitució global S_g no la podem conèixer *a priori*
- La taxa de substitució marginal S_m és la variació infinitesimal (una petita quantitat de Co desplaça una petita quantitat de Fa).
- Per a qualsevol ració (Fa i Co), en el punt on s'acompleixen les necessitats energètiques, experimentalment, s'ha trobat que $S_m = 0,55$
- És a dir, que un kg de més de Co desplaça 0,55 kg MS de farratge

Taxa de substitució marginal i la global

Llei de variació de S_m

$$S_m(X) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{0,55} - 1\right) \times e^{\frac{B}{M} \times (R - X)}}$$

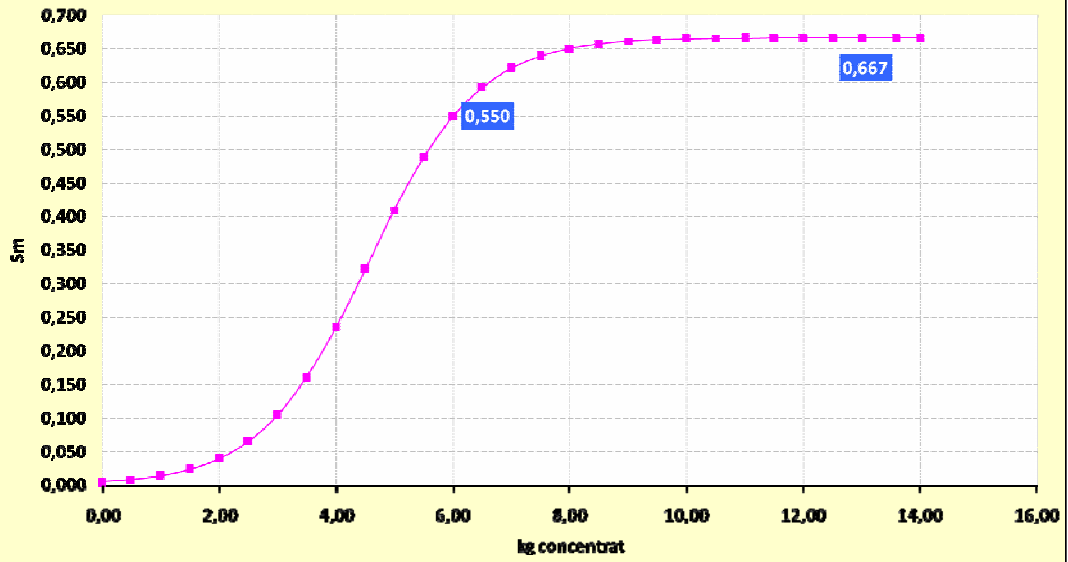
$$S_g = \frac{1}{X} \int_0^x S_m(x) \partial(x)$$

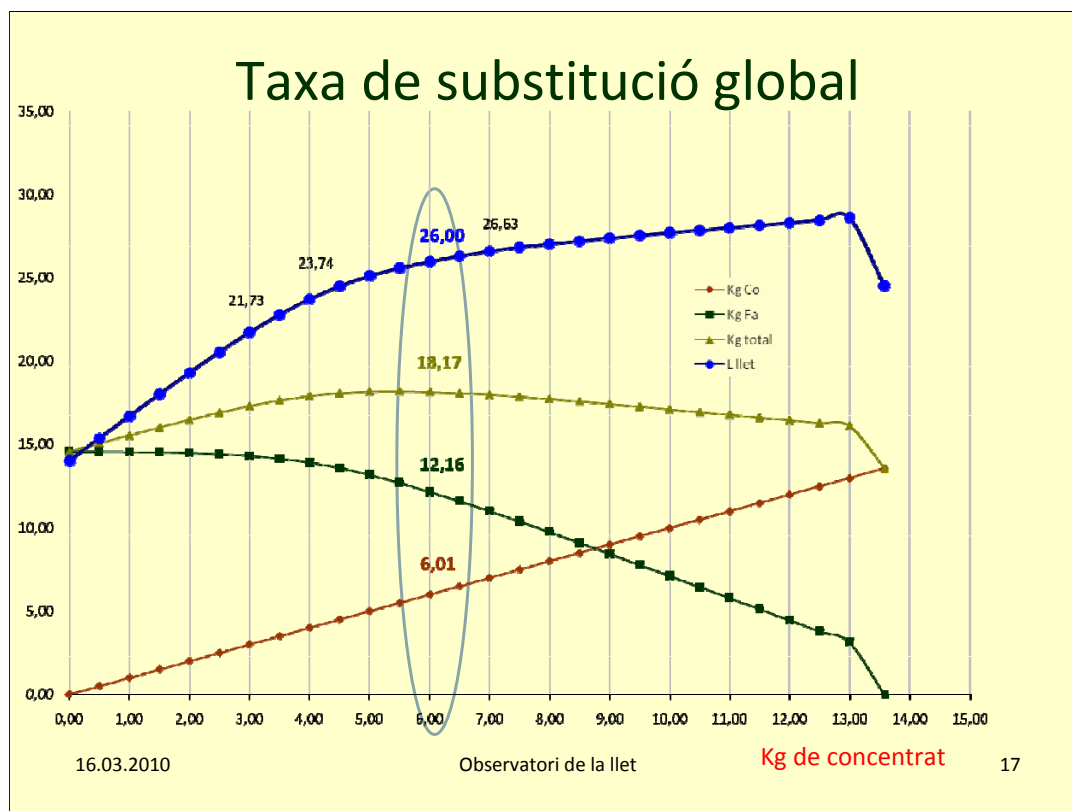
Substitució de farratge per concentrat

- Exemple:
- Necessitats energia 16,30 UFL
- Capacitat d'ingestió 17,50 UE
- Ració: [farratges] i [concentrats]
 - [farratges] 0,80 UFL, 1,20 UE
 - [concentrats] 1,20 UFL
- Punt estricte d'acompliment energia:
 - 12,51 kg MS Fa i 6,01 kg MS Co
- Farratge sol: quantitat màxima 14,58 kg MS
 - $17,50/1,20 = 14,58$
- Concentrat sol: 13,58 kg MS
 - $13,58 \times 1,20 = 16,30$ UFL

Corba de substitució marginal

$$S_m(x) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{0,55} - 1\right) \times e^{\frac{B}{M} \times (R - X)}}$$





En aquest gràfic, aparentment complicat, podem veure el següent:

És la representació de l'exemple anterior amb el consum de concentrats i farratges i la producció permesa. Sempre seguint l'exemple. Cada ració i cada vaca tenen el seu punt de compliment de les necessitats energètiques.

A l'eix de sota hi ha els kg de concentrat. En el punt 6,00, seguim cap amunt i veurem 6,01 kg, que és la quantitat del punt estricte de compliment energètic. Vegi's la línia ascendent del concentrat, la vaca consumeix linealment el concentrat, però nosaltres ens quedem al punt 6,00.

La línia següent, en verd fosc, expressa el consum de MS farratgera. Va de 15 kg MS com a únic aliment a 0. I en el punt 6,00 de concentrat té un valor de 12,16, que és la quantitat de farratge al punt estricte, per a fer 26 litres de llet.

La línia de sobre aquesta és la suma de la quantitat de MS concentrada i de MS farratgera: en el punt estricte és igual a 18,17 kg MS total.

La línia blava és la producció de llet de la vaca en qüestió i de la ració especificada. En el punt estricte té un valor de **26 litres**.

Ara observin el següent: Passar de 3 a 4 kg de concentrat, la producció passa de 21,73 a 23,74, augmenta 2,01 litres del 4%. Passar de 6 a 7 kg de concentrat – més enllà del punt estricte – la producció passa de 26 a 26,63, augmenta 0,63 litres del 4%. Atenció a la taxa de greix, i atenció a la salut de la vaca.

Substitució de farratge per concentrat

Paràmetres	Valors per a dues situacions	
	Farratge de menys qualitat	Farratge de més qualitat
Necessitats energètiques UFL	16,30	
Capacitat d'ingestió UE	17,50	
UFL/kg MS farratge	0,80	0,85
UE/kg MS farratge	1,00	0,95
UFL/kg MS concentrat	1,20	
Quantitat de farratge <i>ad libitum</i> , kg MS	17,5	18,42
Quantitat concentrat que cobriria teòricament les necessitats energètiques, kg MS	13,58	
Quantitat de farratge en el punt estricte, kg MS	16,17	17,86
Quantitat de concentrat en el punt estricte, kg MS	3,15	1,17
K, UFL_{fa}/UFL_{co}	0,667	0,708
S_m , taxa de substitució marginal en el punt estricte	0,55	

Substitució de farratge per concentrat

S_m taxa de substitució marginal abans del punt estricte, per a X kg de concentrat afegit a la ració	Farratge de menys qualitat		Farratge de més qualitat	
	X, kg	S_m	X, kg	S_m
	0,00	0,050	0,00	0,294
	0,50	0,090	0,50	0,413
	1,00	0,152	1,00	0,520
	1,50	0,240	1,17	0,550
	2,00	0,345		
	2,50	0,447		
	3,00	0,530		
	3,15	0,550		

El farratge de millor qualitat competeix millor amb el concentrat que el de pitjor qualitat, ja que aquest ocupa més espai en el rumen, atipa, transita més lentament

Substitució de farratge per concentrat

Per a cada kg de concentrat afegit a la ració, fins el punt estricte, es deixen de menjar ...	Taxa de substitució global S_g	
	Farratge de menys qualitat	Farratge de més qualitat
	0,419	0,481

Si el farratge és bo \Rightarrow menys quantitat de concentrat

A més a més, seria un malbaratament, ja que la vaca deixaria de menjar un farratge bo