

Grup de remugants "Ramon Trias"

Racionament alimentari de caprins

Basat en INRA-2018

Antoni Seguí Parpal
28 d'abril de 2020

PRINCIPIS DEL RACIONAMENT

L'aplicació *Racionament caprins GR 2020* té la mateixa estructura que l'aplicació d'aquesta web, a la qual hem incorporat i, en molts casos, refet les fórmules o equacions de les necessitats, i hem preparat els càlculs de les iteracions a les novetats INRA-2018.

Per tal de no desvirtuar els conceptes, en aquest document indicarem les transcripcions del propi llibre traduïdes, i les posarem en cursiva.

INRA-2018 diu que les etapes de la formulació de la ració són:

1. Preveure les necessitats nutritives i la CI dels animals segons les seues característiques
2. Determinar el valor alimentari del conjunt d'aliments disponibles
3. Calcular les quantitats ingerides de cada aliment de la ració i el valor nutritiu de la ració **integrant-hi els efectes de les interaccions digestives**
4. Preveure les produccions dels animals
5. Integrar les diverses estratègies d'alimentació – en pastura o en estabulació; *ad libitum* o no – i calcular **l'eficàcia alimentària diària i els balanços nutritius**.

El principi clau del racionament és la valorització del farratge, o de la ració farratgera, i que els concentrats complementin les aportacions nutritives dels farratges. En tots els casos l'objectiu és satisfer la capacitat d'ingestió.

Per als remugants en estabulació, si es distribueix un farratge o una mescla de farratges *ad libitum*, la ingestió total de MS queda maximitzada acceptant un refús diari entre el 5 i 10 % del subministrament.

Si hi ha diversos farratges no mesclats és impossible preveure l'elecció que l'animal faci de cadascun d'ells, i en aquest cas es considera un sol farratge *ad libitum* i la resta es consideren en quantitats fixes i totalment ingerits. I a la inversa, quan es distribueixen mesclats es considera un sol farratge que tindrà un valor nutritiu igual a la mitjana ponderada.

Per facilitar la comprensió posem el significat de les abreviatures que fem, i que, en gran part, són les de l'INRA ja que creiem millor respectar la nomenclatura INRA.

ABREVIATURES I SIGNIFICAT

AADI, aminoàcids digestibles a l'intestí
ADF, fibra àcid detergent
AGD_int, àcids grassos digestibles a l'intestí
AmiD-int, midó digestible a l'intestí
balPDI, balanç proteic d'una ració
balUFL, balanç energètic d'una ració
balUFV, balanç energètic d'una ració
BPR, balanç proteic al rumen
bVEc, valor basal d'*encombrement* concentrat
CC_{part}, condició corporal al part, de 0 a 5
CI, capacitat d'ingestió en UE
dCs, digestibilitat enzimàtica pepsina-cel·lulasa
dE, digestibilitat energia
dMO, digestibilitat de la matèria orgànica
dMO, digestibilitat de la MO
dr_N, digestibilitat real de les proteïnes

DT_N, degradabilitat de les proteïnes al rumen
EB, energia bruta
ED, energia digestible
EE, extracte eteri (matèria grassa total)
EfPDI, eficiència o eficàcia d'ús de les proteïnes en les funcions de producció
EM, energia metabolitzable
E_{metà}, energia que es perd en forma de metà
ENI, energia neta llet
EN_{mant i carn}, energia neta carn
E_{orina}, energia que es perd per l'orina
FB, fibra bruta
I_{CI_{gestr}}, índex efecte gestació a la CI
I_{CI_{lactr}}, índex efecte lactació a la CI
I_{CI_{maduresa}}, índex efecte edat (maduresa) a la CI
I_{CI_{PDI}}, índex específic contingut proteïnes a la CI, basat en PDI/UFL
Mg, matèria grassa total a la llet
MN alim_{intestí}, és la proteïna que prové de l'aliment i no s'ha degradat al rumen
MN endògena_{intestí}, és la proteïna endògena que arriba a l'intestí
MN microbiana_{intestí}, és la proteïna microbiana formada al rumen que arriba a l'intestí
MNT, matèria nitrogenada total o proteïna bruta
MOD, matèria orgànica digestible
MOF, matèria orgànica fermentescible
Mp, matèria proteica total a la llet
MS, matèria seca
MSV**ib**, matèria seca voluntàriament ingerida (boví)
MSV**II**, matèria seca voluntàriament ingerida (vaques llet)
MSV**Im**, matèria seca voluntàriament ingerida (oví)
NDF, fibra neutre detergent
NDFD_{int}, NDF digestible a l'intestí
NecCa_{abs}, necessitats en Ca absorbible
NecMg_{abs}, necessitats en Mg absorbible
NecP_{abs}, necessitats en P absorbible
NecPDI, necessitats en PDI
NecPDI_{creixement}, necessitats de creixement en PDI
NecPDI_{gest}, necessitats de gestació en PDI
NecPDI_{no productives}, necessitats no productives en PDI
NecPDI_{P_{EF}}, necessitats en proteïnes endògenes fecals en PDI
NecPDI_{P_{epidermiques}}, necessitats epidèrmiques en PDI
NecPDI_{PI}, necessitats de producció de llet en PDI
NecPDI_{PU_{endo}}, necessitats per als canvis corporals en PDI
NecUFL, necessitats en UFL
NecUFL_{creixement}, necessitats de creixement en UFL
NecUFL_{gest}, necessitats de gestació en UFL
NecUFL_{mant}, necessitats de manteniment en UFL
NecUFL_{PI}, necessitats de producció de llet en UFL
NI, nivell d'ingestió, % sobre pes viu
NIref, nivell d'ingestió de referència, % sobre pes viu, referit al xai de referència
NU_{calculat} Nitrogen urinari
PDI, proteïna digestible a l'intestí
PDI_{ut}, necessitats en PDI associades a la involució uterina
PDI_{VPR_{pot}}, variació potencial de reserves en g PDI/dia
PDIA, proteïna digestible a l'intestí que prové de l'aliment
PDI_{disp}, PDI disponible per cobrir necessitats productives i no productives

PDIE, proteïna digestible a l'intestí segons contingut energètic per a la síntesi microbiana al rumen

PDI_{ing}, PDI ingerida

PDIM, proteïna digestible a l'intestí que prové dels microbis (rumen)

PDIN, proteïna digestible a l'intestí segons contingut N per a la síntesi microbiana al rumen

PF, productes de la fermentació en els ensitjats

PI_{pic}, producció al pic de la lactació

PI_{pot}, producció de llet potencial

PI_{pot_305}, producció de llet d'una vaca a 305 dies de lactació

PI_{pot_mult}, producció potencial de llet per dia a una determinada setmana de lactació, múltiples

PI_{pot_prim}, producció potencial de llet per dia a una determinada setmana de lactació, primípara

sg, setmana de gestació

Sg, taxa de substitució global farratge concentrat

sl, setmana de lactació

tg, taxa de greix en % o en g/kg

tp, taxa de proteïna en % o en g/kg

UE, unitat d'atipament (*encombrement*)

UEB, unitat d'atipament (*encombrement*) bovins

UEc, unitats d'*encombrement* concentrat

UEf, unitats d'*encombrement* farratge

UEL, unitat d'atipament (*encombrement*) llet

UEM, unitat d'atipament (*encombrement*) xais (*moutons*)

UFL, unitat farratgera llet

UFL_VPR_{pot}, variació potencial de reserves en UFL/dia

UFV, unitat farratgera carn (*viande*)

ΔdMO_BPR, és la variació en la dMO a causa del balanç proteic al rumen de la ració

ΔdMO_CO, és la variació en la dMO a causa de la proporció de concentrats a la ració

ΔdMO_NI, és la variació en la dMO a causa del nivell d'ingestió de la ració

CARACTERÍSTIQUES DEL RACIONAMENT EN CAPRINS

INRA-2018 segueix els mateixos models emprats en edicions anteriors, adaptant-los al nou sistema, pel que fa a la depressió de la digestibilitat, a causa del nivell d'ingestió (NI), de la proporció de concentrats a la ració (PCO) i al balanç proteic al rumen (BPR), i a l'eficàcia d'ús de les proteïnes.

Hem seguit els càlcul de necessitats i el plantejament del racionament per a tres modalitats: Cabres, Cabres de reposició i engreix de cabrits.

CABRES

Inclou les cabres en lactació i/o en gestació. Hi ha algunes peculiaritats del sistema productiu de les cabres que convé tenir present. La gestació dura cinc mesos i, en general, la producció de llet varia al llarg de l'any i depèn dels períodes de part; en el moment de la reproducció encara estan en lactació, coincidint en la reconstitució de les reserves corporals. En l'aplicació indiquem algunes recomanacions a partir d'INRA que l'usuari pot emprar o no. Per exemple, el càlcul de necessitats es fa per a dos tipus de races: Alpina (que nosaltres adaptem com a *format petit*) i Saanen (que adaptem com a *format gran*).

La producció de llet abasta al voltant de 300 dies, i a partir d'aquí i de la durada de la gestació, seguint INRA, hem fet aquest gràfic, que ens ha servit per orientar que els dies de gestació que introduïrem estiguin en consonància amb els dies de lactació; en el cas de producció de llet, que és el que seguim a

l'aplicació, hi ha un part anual, i la reproducció o aparellament es fa més o menys set mesos després del part. En canvi, si l'objectiu és la producció de carn, la planificació serà la de dos parts a l'any, o sigui que la cabra haurà de quedar prenyada als 60 dies després del part.

En aquest esquema s'hi representen dues gestacions segons el moment en que la cabra queda prenyada (als 195 dies o als 210 dies del part, per tal de tenir més marge).

	Mesos-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lactació	Dies ---->	30	60	90	120	150	180	195	210	240	270	300	
Gestació	Dies ---->								15	45	75	105	135 150
Gestació	Dies ---->									30	60	90	120 150

La llet estàndard té un contingut de 35 g/kg de greix i 31 g/kg de proteïna. Per a les cabres primíparas considerem un marge de producció a 300 dies de lactació entre 528 i 1.232 kg de llet (PI_300 mitjana = 880) i per a les múltipares el marge està entre 570 i 1.330 (PI_300 mitjana = 950). I els continguts de greix i proteïna: primíparas (tg_300 mitjana = 37,7, entre 33,93 i 41,47), múltipares (tg_300 mitjana = 36,3, entre 32,67 i 39,93); primíparas (tp_300 mitjana = 32,8, entre 29,52 i 36,08), múltipares (tp_300 mitjana = 32,6, entre 29,34 i 35,86).

La producció de llet al pic de la lactació i la producció a 300 dies estan lligades:

Primíparas: $PI_{300} = 222 \times PI_{pic}$

Múltipares: $PI_{300} = 218 \times PI_{pic}$

I en funció dels dies de lactació (dl) i la producció a 300 dies es pot calcular la producció de llet potencial al dia:

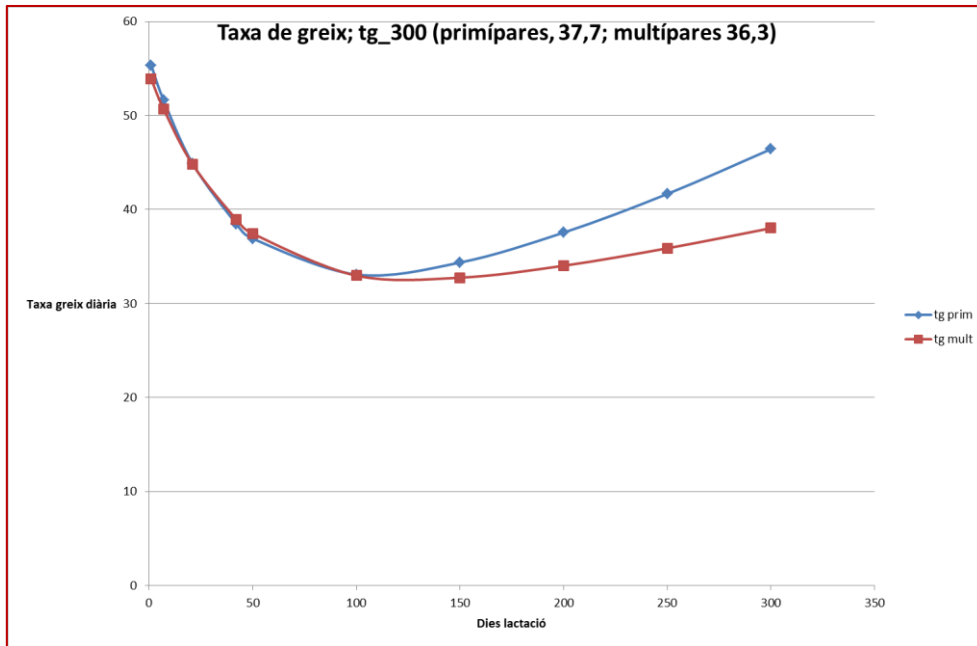
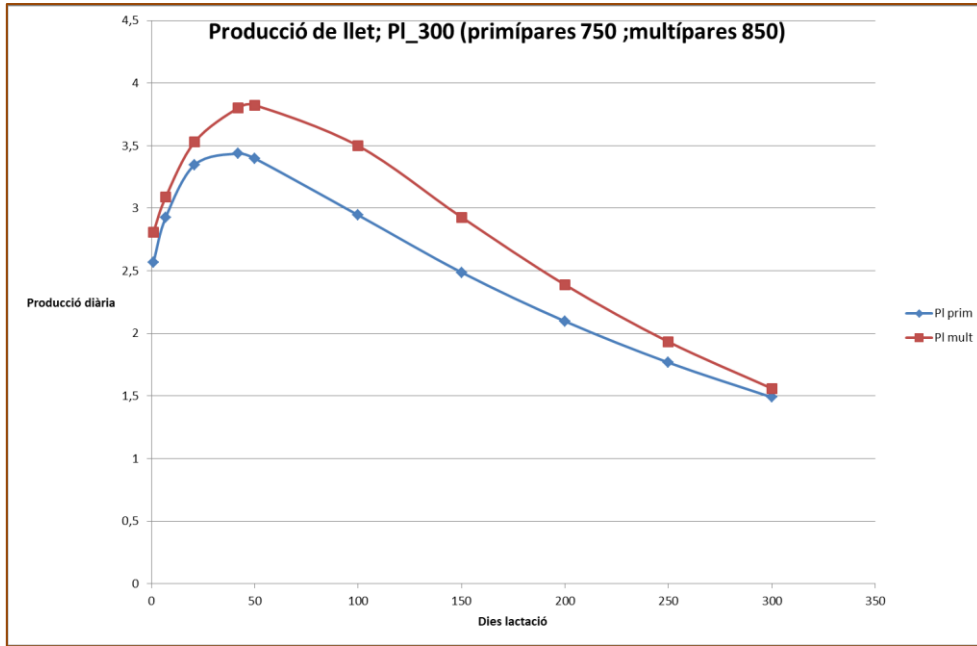
Primíparas: $PI_{pot} = PI_{300} \times (0,00554 \times \exp^{(-0,00342 \times dl)} - 0,00222 \times \exp^{(-0,0555 \times dl)})$

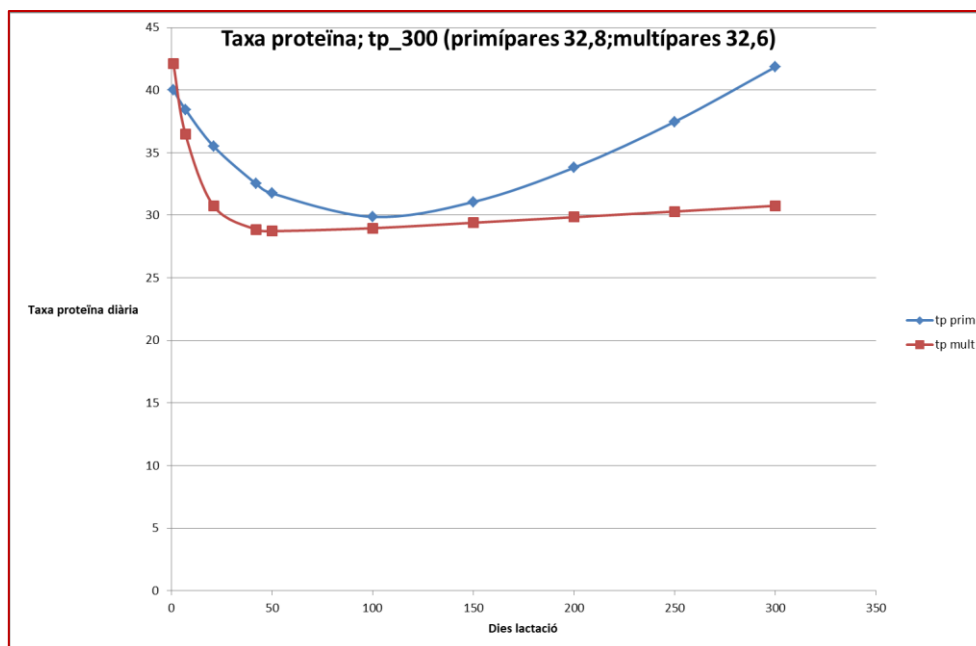
Múltipares: $PI_{pot} = PI_{300} \times (0,00669 \times \exp^{(-0,00431 \times dl)} - 0,00345 \times \exp^{(-0,027 \times dl)})$

Igualment es calculen la taxa de greix i la de proteïna en el dia de lactació (dl), segons les taxes a 300, amb unes equacions amb diferents paràmetres:

tg_300, dl dies							
primíparas				múltipares			
a	b	c	d	a	b	c	d
0,85	0,023	0,636	0,0022	0,77	0,022	0,73	0,0012
$tg_{pot} = tg_{300} \times 0,85 \times \exp^{(-0,023 \times dl)} + 0,636 \times \exp^{(0,0022 \times dl)}$				$tg_{pot} = tg_{300} \times (0,77 \times \exp^{(0,022 \times dl)} + 0,73 \times \exp^{(0,0012 \times dl)})$			
tp_300, dl dies							
primíparas				múltipares			
a	b	c	d	a	b	c	d
0,59	0,017	0,638	0,0023	0,52	0,087	0,958	0,0003
$tp_{pot} = tp_{300} \times (0,59 \times \exp^{(-0,017 \times dl)} + 0,638 \times \exp^{(0,0023 \times dl)})$				$tp_{pot} = tp_{300} \times (0,52 \times \exp^{(-0,087 \times dl)} + 0,958 \times \exp^{(0,0003 \times dl)})$			

Les corbes de lactació són les dels gràfics següents.





NECESSIDADES ENERGÉTICAS

$NecUFL = NecUFL_{\text{mantenimiento}} + NecUFL_{\text{actividad}} + NecUFL_{\text{gestación}} + NecUFL_{\text{producción de leche}} + NecUFL_{\text{ganancia peso}}$

MANTENIMIENTO Y ACTIVIDAD

L'activitat a la pràctica es resol amb un coeficient que s'aplica a les necessitats de manteniment:

Establució (1); Pastura pla (1,25); Pastura muntanya (1,5). Les necessitats de manteniment són funció del pes metabòlic: $NecUFL_{\text{mantenimiento}} = 0,0406 \times Pv^{0,75}$

GESTACIÓ

La gestació té una durada de 150 dies, i les necessitats són proporcionals a un paràmetre (a) segons el nombre de cries, 1 a 5 i als dies de gestació (dg):

$$NecUFL_{\text{gestació}} = (a \times EXP^{(0,034 \times dg)}) / 0,14 \times 0,65 / 1.760$$

Nombre de cries (1, a = 1,8; 2, a = 3; més de 2, a = 4,1).

El pes de la cria, en kg, es pot calcular a través de la següent fórmula (funció del nombre de cries, del format de la raça, i del nombre de lactacions):

Format: gran a = 0; petit a = 1

Lactació: primípara $N_{\text{lact}} = 1$; segona lactació $N_{\text{lact}} = 2$; més de 2 lactacions $N_{\text{lact}} = 3$

Nombre cabrits al part: N_{cabrits} de 1 a 5

$$Pv_{\text{cria}} = 1,52 + 1,3 \times a + 1,35 \times N_{\text{lact}} - 0,462 \times N_{\text{lact}}^2 + 4,7 \times N_{\text{cabrits}} - 0,665 \times N_{\text{cabrits}}^2 + 0,526 \times N_{\text{cabrits}} \times N_{\text{lact}}$$

I l'augment de pes (kg/dia) a mesura que avança la gestació (dg, dies gestació) es calcula així:

$$N_{\text{cabrits}} = 1, a = 0,75; N_{\text{cabrits}} = 2, a = 1; N_{\text{cabrits}} > 2, a = 1,1$$

$$\Delta P_{\text{v_gest}} = a \times 3,6 \times (\exp^{(0,0139 \times \text{dg})} - 1)$$

LACTACIÓ

Les necessitats de lactació són:

$$\text{NecUFL}_{\text{PI}} = \text{PI}_{\text{pot}} \times (0,389 + 0,0052 \times (\text{tg} - 35) + 0,0029 \times (\text{tp} - 31))$$

CREIXEMENT

Per a les cabres en la primera i segona lactació i, segons estiguin o no en gestació, s'ha de comptar un complement diari en UFL.

UFL/dia segons estat fisiològic de la cabra							
format petit		format gran		format petit		format gran	
1a lactació	2a lactació	1a lactació	2a lactació	1a gestació	2a gestació	1a gestació	2a gestació
0,09	0,04	0,12	0,06	0,14	0,06	0,17	0,08

RESERVES CORPORALS

Les reserves energètiques es poden avaluar amb la condició corporal (CC), i el seu valor (de 0 a 5) està correlacionat amb la quantitat del teixit adipós:

$$\text{Lípids \% Pv} = 12,5 + 6,21 \times (\text{CC} - 3)$$

Basant-se en l'evolució del pes viu, de la producció de llet, del pes viu buit i de la seva composició, així com en l'evolució de la CC, s'obté, per a un moment determinat de la lactació (dl), l'evolució del balanç energètic, valor que serveix per completar les necessitats amb les aportacions de la ració.

$$\text{balUFL}_{\text{pot}} = A + B \times (1 - \exp^{-C \times \text{dl}}) = - \text{UFL}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$$

- **balUFL_{pot}** és el balanç energètic regulat per l'homeoesi (regulació dels fluxos metabòlics segons les necessitats resultants de l'estat fisiològic, en aquest cas és la regulació dels lípids corporals)
- **A, B i C** paràmetres lligats a la producció potencial de llet al pic i a la CC al part (CC_{part})
- **UFL_{VPR_{pot}}** variació potencial de reserves en UFL/dia
- **dl** dies en lactació o dies després del part

$$A = -0,630 - 0,1794 \times (\text{PI}_{\text{pic}} - 4,0) + 0,208 \times (\text{CC}_{\text{part}} - 3)$$

$$B = (0,699 + 0,212 \times (\text{PI}_{\text{pic}} - 4,0) + 0,0052 \times (\text{PI}_{\text{pic}} - 4,0)^2) + 0,234 \times (\text{CC}_{\text{part}} - 3)$$

$$C = 0,0378 - 0,0050 \times (\text{PI}_{\text{pic}} - 4,0) - 0,00385 \times (\text{CC}_{\text{part}} - 3).$$

Exemple: cabra al post part $\text{balUFL}_{\text{pot}} = -(-0,17257) = 0,17257$ UFL/dia, és una *aportació* de les reserves corporals a l'energia de la ració.

Cabra a meitat de lactació: $\text{balUFL}_{\text{pot}} = -(0,17537) = -0,17537$ UFL/dia, és el complement que s'ha d'afegir a les aportacions de la ració per tal d'ajudar a la reconstitució corporal.

En el cas de que la cabra estigui gestant també s'ha de tenir en compte la variació potencial d'energia, i l'equació és la següent:

$$UFL_VPR_{gest} = a \times \exp^{(0,034 \times dg)}$$

dg dies en gestació

a paràmetre segons el nombre de cries (una cria a = 0,00047; dues cries a = 0,00198; més de dues cries a = 0,0054).

NECESSITATS PROTEIQUES

Les necessitats proteiques són la suma de les funcions no productives i de les productives. Les no productives serien les que abans en deien de manteniment.

NO PRODUCTIVES

Les necessitats proteiques no productives són les següents:

$$NecPDI_PEF \text{ (necessitats proteïnes endògenes fecals)} = MSI \times (0,5 \times (5,7 + 0,074 \times MOND)) / EfPDI$$

$$NecPDI_PUendo \text{ (necessitats associades a l'excreció de N endogen urinari)} = 0,312 \times Pv$$

$$NecPDI_Pepidèrmiques \text{ (necessitats associades al dipòsit epidèrmic)} = 0,2 \times Pv^{0,6} / EfPDI$$

MOND, és la matèria orgànica no digestible.

Per als càlculs previs de les necessitats INRA-2018 la referència és una cabra de 70 kg que produeix 3,5 kg de llet, la MSI és de 2,58 kg/dia i la MOND de 300 g/kg MS i una eficàcia PDI de 0,67.

PRODUCTIVES

Les necessitats productives són les de gestació, lactació i creixement.

$$NecPDI_PI = Pl_{pot} \times tp / EfPDI$$

tp, taxa de proteïna en g/l.

Les necessitats de gestació s'expressen amb la següent equació:

$$necPDI_gest = a \times \exp^{(0,03383 \times dg)} / EfPDI$$

dg, dies en gestació

a, paràmetre relatiu al nombre de cries (una cria a = 0,21, dues cries a = 0,35, més de dues a = 0,48).

Pel que fa a les reserves corporals de proteïna, el contingut proteic s'expressa així:

$$\log_{10} \text{Proteïna} = -0,639 + 0,928 \times \log_{10} Pv_{buit}$$

INRA presenta per a les cabres lleteres un model monomolecular en funció de l'edat en dies:

$$\text{Format petit: Proteïna} = 11,3 \times \exp^{(-0,00281 \times edat)}$$

$$\text{Format gran: Proteïna} = 13,7 - 13,2 \times \exp^{(-0,00235 \times edat)}$$

Per a les cabres en la primera i segona lactació i, segons estiguin o no en gestació, s'ha de comptar un complement diari en PDI.

g PDI/dia segons estat fisiològic de la cabra			
format petit	format gran	format petit	format gran

1a lactació	2a lactació	1a lactació	2a lactació	1a gestació	2a gestació	1a gestació	2a gestació
15,4	5,7	19,8	8,6	21,9	7,7	26,6	11,2
MSI	MOND	EfPDI					
1,57303	471,9089	0,5					

RESERVES CORPORALS

$$PDI_VPR_{pot} = 33 \times UFL_VPR_{pot}$$

$$PDI_VPR_{gest} = 33 \times UFL_VPR_{gest}$$

CAPACITAT D'INGESTIÓ I TAXA DE SUBSTITUCIÓ

La CI en depèn del Pv i de la producció de llet, així com d'alguns índexs (lactació, gestació i contingut proteic de la ració)

$$CI = (1,3 + 0,016 \times (Pv - 60) + 0,24 \times PI_{pot_estàndard}) \times I_CI_{lact} \times I_CI_{gest} \times I_CI_{MNT}$$

$$I_CI_{lact} = 0,5 + (0,5 \times (1 - \exp^{(-0,6 \times sl)})); sl, setmana lactació$$

$$I_CI_{gest} = a + b \times (1 - \exp^{(-0,33 \times (150 - dg))}); dg, dies gestació, nombre cries 1 (a = 0,99, b = 0,01), nombre cries 2 (a = 0,92, b = 0,08), nombre cries > 2 (a = 0,85, b = 0,15)$$

$$I_CI_{MNT} = 1,06 - 0,046 \times \exp^{(-0,025 \times (MNT - 150))}$$

NECESSITATS EN MINERALS I VITAMINES

		Caprins
P_{abs}, g/d	Manteniment	$0,905 \times MSI + 0,3 + 0,002 \times Pv$
	Creixement, per kg d'Δ	$1,2 + 3,19 \times Pv_{adult}^{0,28} \times Pv^{-0,28}$
	Gestació (darrer terç)	0,60 (un fetus) 1,2 (>1)
	Lactació, per l llet	0,95
Ca_{abs}, g/d	Manteniment per al creixement	$0,67 \times MSI + 0,01 \times Pv$
	Manteniment per a la gestació, sense lactació	$0,015 \times Pv$
	Manteniment per a la lactació	$0,67 \times MSI + 0,01 \times Pv$
	Creixement, per kg d'Δ	$6,75 \times Pv_{adult}^{0,28} \times Pv^{-0,28}$
	Gestació (darrer terç)	1 (un fetus) 2 (>1)
	Lactació, per l llet	1,25
Mg_{abs}, g/d	Manteniment	$0,011 \times Pv$
	Creixement, per kg d'Δ	0,4
	Gestació (darrer terç)	0,05
	Lactació, per l llet	0,15
K, g/d	Manteniment en lactació	$0,115 \times Pv$

	Manteniment altres estats fisiològics	0,07 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	1,8
	Gestació (darrer terç)	0,3
	Lactació, per l llet	1,8
Na, g/d	Manteniment per al creixement i la gestació	0,015 x Pv
	Manteniment per a la lactació	0,023 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	1,2
	Gestació (darrer terç)	0,3
	Lactació, per l llet	0,45
Cl, g/d	Manteniment per al creixement i la gestació	0,023 x Pv
	Manteniment per a la lactació	0,035 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	1
	Gestació (darrer terç)	0,4
	Lactació, per l llet	0,3
S, g/d		2,2 xMSI
Co, mg/d		0,3 x MSI
Cu, mg/d		15 x MSI
I, mg/d	Lactació	0,5 a 0,8 x MSI
	Altres estats fisiològics	0,4 a 0,5 x MSI
Mn, mg/d		50 x MSI
Se, mg/d	segons la producció lletera	0,1 a 0,2
Zn, mg/d		50 x MSI
Cr, mg/d		No recomanacions
Mo, mg/d		0,5 x MSI

UI/kg MS		< 40% concentrat	> 40% concentrat
Vitamina A	Gestació	6.000	9.000
	Lactació	4.200	6.600
Vitamina D		1.000	1.000
Vitamina E	Gestació	25	
	Lactació	15	40

CABRES DE REPOSICIÓ

Les necessitats en energia de les cabres de reposició, segons format, depèn de l'edat en dies i del pes metabòlic, i es calcula de la següent manera:

Format petit

$$\text{NecUFL} = (110 \text{ kcal EM/kg Pv}^{0.75} \times 0,65/1.760) + (0,506 \times \exp^{(-0,00239 \times \text{edat})})/1,76$$

Format gran

$$\text{NecUFL} = (110 \text{ kcal EM/kg Pv}^{0.75} \times 0,65/1.760) + (0,530 \times \exp^{(-0,00198 \times \text{edat})})/1,76$$

Les necessitats en proteïna pel que fa al guany de pes són les següents (MSI = 65 g/kg Pv^{0,75}; MOND = 300 g/kg MS; EfPDI = 0,50):

Format petit

$$\text{NecPDI}_{\text{guany}} = 30,0 \times \exp^{(-0,00281 \times \text{edat})}/\text{EfPDI}$$

Format gran

$$\text{NecPDI}_{\text{guany}} = 31,0 \times \exp^{(-0,00235 \times \text{edat})}/\text{EfPDI}$$

ENGREIX DE CABRITS

<i>Valors normals engreix cabrits</i>		
<i>Mes</i>	<i>Pes viu, kg</i>	<i>Creixement, g/dia</i>
1	6	200
1	7	250

$$\text{CI} = 0,0406 \times \text{Pv}^{0,75}$$

Per a l'energia i proteïna apliquem les mateixes fórmules de les cabres de reposició.

BASES DEL RACIONAMENT

Primer calculem les necessitats de les cabres lleteres, cabres de reposició o dels cabrits en engreix (UFL, PDI, Ca i P) i la capacitat d'ingestió en UEL. Això serien valors teòrics o objectius. Després tindrem la valoració dels ingredients disponibles (farratges, concentrats i minerals) amb les restriccions fisiològiques pròpies i les restriccions de quantitats imposades, bé per la pràctica o bé per decisió del titular. Dels ingredients també disposarem dels preus o dels costos de producció.

L'objectiu és formular una ració al mínim cost. Si les aportacions igualen les necessitats i la ració és al mínim cost, la solució seria fàcil de trobar si tot fos sumar, restar, multiplicar i dividir. Però fa temps que sabem que la realitat és diferent.

La capacitat d'ingestió va canviant a causa del contingut PDI/UF, i els continguts PDI i UF no són la suma producte de les quantitats d'ingredients pel valor nutritiu dels mateixos en PDI i UF, sinó que segons el **nivell d'ingestió (NI)**, que a la vegada canvia a mesura que entra **concentrat a la ració (PCO)**, l'eficiència de transformació de la proteïna varia i la digestibilitat de la matèria orgànica també varia a causa del nivell d'ingestió, la quantitat o PCO de concentrat i del **balanç proteic al rumen (BPR)**, de tal manera que tot es va refent a mesura que van encaixant les aportacions i les necessitats (variables).

Abans d'entrar a l'aplicació tractarem dos temes importants per tal de plantejar el racionament correctament, un és el de les **interaccions digestives** i l'altre l'eficàcia o **eficiència de les PDI** per a les funcions de proteosíntesi.

INTERACCIONS DIGESTIVES

Fins ara empràvem la depressió de la digestibilitat, que era funció de la proporció de concentrats a la ració (PCO) i de les necessitats de l'animal (manteniment i producció). En el nou sistema s'intenta quantificar els principals factors que donen lloc a les interaccions digestives. La *dMO* és el millor criteri per conèixer les interaccions.

Les interaccions tenen lloc, principalment, al **rumen**, i les causes:

- Si el **nivell d'ingestió** (NI) és alt, la velocitat de pas és alta, el temps de permanència s'escurça i, per tant, la disponibilitat de nutrients per als microorganismes és menor.
- Si la **proporció de concentrats** (PCO) és alta, baixa el pH ruminal i s'inhibeixen els microorganismes que degraden la cel·lulosa.
- La **disponibilitat de N** al rumen, que és **balanç proteic del rumen (BPR)**, canvia l'activitat microbiana.

En el sistema INRA 1978-2007 la **disponibilitat N** i l'activitat microbiana es quantificava amb PDIN i PDIE, ara a INRA 18, és el **balanç proteic del rumen**:

$$\text{BPR} = \text{MNT}_{\text{ingerides}} - \text{MNT}(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}} \text{ en g/kg MS.}$$

Les MNT(no amoniacals)_{duodè} són les MNT alimentàries no degradades més les MNT microbianes més les MNT endògenes.

BPR és un indicador de la diferència entre la síntesi proteica microbiana permesa per la MNT degradable disponible al rumen i la que permetria l'energia disponible a la MOF al rumen. Anteriorment empràvem al racionament un índex (PDIN – PDIE)/UF. Ara **BPR és additiu i mesurable**, i és un criteri pertinent no només per avaluar l'equilibri entre N degradable i energia disponible al rumen, sinó també per integrar els efectes quantitius de les **interaccions energia x nitrogen** en els processos digestius, així com el creixement microbià. També s'empra per predir les pèrdues urinàries de N.

EFFECTE DEL NIVELL D'INGESTIÓ A LES INTERACCIONS DIGESTIVES

dMO_m és la digestibilitat de la matèria orgànica d'una ració, mesurada *in vivo*, i intra-experiències s'obté $dMO_m = 76 - 2,74 \times NI$, NI és el nivell d'ingestió de la ració, en % del pes viu.

Cada ingredient farratger té un valor NI_{ref} a les taules i tots els concentrats tenen $NI_{ref} = 2$. La ració (combinació de farratges i concentrats) tindrà un valor NI_{ref} igual a suma producte de les quantitats i els NI_{ref} . Per exemple, $NI_{ref} = 1,96$. La cabra en lactació, pes viu 70 kg als 100 dies de lactació, amb una producció de 3,90 litres de llet estandarditzada, ingereix de la ració calculada 3,55 kg MS, per tant $NI = 3,55 \times 100/70 = 5,08 \%$, com podem veure hi ha diferència apreciable, per tant el NI afectarà la dMO de la ració:

$$\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - NI_{ref})/100 = -2,74 \times (5,08 - 1,96)/100 = -0,085257461 \text{ valor que resta a la } dMO \text{ de la ració}$$

EFFECTE DE LA PROPORCIÓ DE CONCENTRAT A LES INTERACCIONS DIGESTIVES

No es té en compte l'efecte del concentrat.

EFFECTE DEL BALANÇ PROTEIC DEL RUMEN A LES INTERACCIONS DIGESTIVES

El balanç proteic al rumen:

$BPR = MNT_{ingerida} - [MN_{alim_intestí} + MN_{microbiana_intestí} + MN_{endogena_intestí}]$, és a dir, **BPR és la MN que no arriba a l'intestí.**

1. La $MNT_{ingerida}$ és un valor que s'obté dels càlculs de la ració, i a l'exemple és igual a **170,70**
2. $MN_{alim_intestí}$ (Proteïnes alimentàries no fermentades al rumen) = $MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N)$
 - a. DT_N , degradabilitat de les proteïnes, és un valor experimental per a cada ingredient, per tant, els tenim dels que entren a la ració, i la DT_N de la ració és 0,61.
 $MN_{alim_duodè} = 66,32$
3. $MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOR_D_rumen + 8,40 \times PCO$
 - a. MOR_D_rumen , és la matèria orgànica digestible al rumen, o sigui la MOF, la matèria orgànica fermentescible, i és un valor que s'obté de la composició de la ració, ja que cada ingredient té el seu valor MOF, i en el nostre cas és igual a 639,35
 $MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 639,35 + 8,40 \times 0,50 = 91,87$
4. $MN_{endògena}$ es considera un valor fixo igual a **14,20**
5. $BPR = 170,70 - (66,32 + 91,87 + 14,20) = -1,69$

El BPR calculat a la ració (cada ingredient ve caracteritzat pel seu valor BPR) en el nostre cas és igual a 30,00 (BPR_{ref}).

La interacció de la BPR sobre la dMO: $\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = -0,060 \times (-1,69 - (30))/100 = 0,019014$

Les dues interaccions seran **-0,085257461 + 0,019014 = -0,066243461**

Aquest valor farà que la digestibilitat de la MO corregida per les interaccions $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = 0,78 - 0,066243461 = 0,713756539$

La dMO calculada de la ració és de 0,78.

La ració inicialment té una dMO de 0,78, però al final, després de les iteracions resulta de 0,72

L'equació de restricció energètica del plantejament de la ració seria la següent:

$$\sum_i X_i \times UFL_i = NecUFL$$

Les aportacions energètiques han de ser igual a les necessitats calculades. Les NecUFL s'han calculat amb una dMO = 0,66, i ara la dMOc va variant en funció del NI, de PCO i de BPR, per tant a la restricció energètica podem posar el següent:

$$\sum_i X_i \times UFL_i = NecUFL \times \left(\frac{dMO}{dMO_c} \right)$$

EFICÀCIA DE LA SÍNTESI PROTEICA

En primer lloc necessitem conèixer la PDI disponible per cobrir les necessitats no productives i les productives.

$$PDI_{disp} = PDI_{ing} - NecPDI_{PU_{endo}}$$

PDI_{ing} és la que una vegada formulada la ració obtenim directament dels càlculs (suma producte de les quantitats de cada ingredient i els valors PDI dels mateixos), a l'exemple $PDI_{ing} = 295,96$ g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 70 = 21,84 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 295,96 - 21,84 = 274,12 \text{ g.}$$

L'*EfPDI* és igual a **despeses proteiques/PDI_{disp}**

Hi ha diverses maneres de calcular la *EfPDI* d'una ració, n'expliquem dues.

1. Mètode A

- a) Primer s'ha de calcular el balanç energètic de la ració (balUFL), que és igual a les aportacions UFL de la ració menys les necessitats UFL calculades: a l'exemple, balUFL = $3,64 + (-0,27 - 3,34) = 0,04$ UFL.
- b) Si el balanç energètic és positiu les proteïnes es fixen (*no s'empren per generar energia*) i el balanç proteic (balPDI) esdevé una despesa, i, en conseqüència *EfPDI* es calcula així:

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD} + \text{balPDI}) / PDI_{disp}$$

$P_{EF} = 5,7 + 0,074 \times \text{MOND}$; MOND, matèria orgànica no digestible, igual a $(MO - \text{MODc})$; MODc és la MOF corregida per les interaccions (NI, BPR). MO la traiem directament dels càlculs ($MO = 890,10$), la MODc és la MOF (directament dels càlculs) corregida per dMO_c , $MO - \text{MODc} = 890,10 - 639,35 \times dMO_c/dMO = 890,10 - 639,35 \times 0,72/0,78 = 299,93$ g, i

$$P_{EF} = 28,25 \text{ g PDI}$$

$$P_{epidèrmiques} = 0,2 \text{ g PDI/kg Pv}^{0,60} = 0,2 \times 70^{0,60} = 2,56 \text{ g PDI}$$

Proteïna de la llet = **121,11 g PDI** (producció x taxa proteïna)

$$\text{balPDI} = \text{Aportacions PDI} - \text{Necessitats calculades} = 295,96 + (-9,00) - 277,74 = 9,22 \text{ g PDI}$$

$$PDI_{disp} = 274,12 \text{ g PDI}$$

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + MP + \text{balPDI}) / (\text{PDI disponible})$$

$$EfPDI = 0,59.$$

- c) Si el balanç energètic és negatiu, el balanç proteic (balPDI) és una aportació i el seu valor absolut s'ajunta a les PDI_{ing} , i, en conseqüència *EfPDI* es calcula així:

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD}) / (PDI_{disp} + |\text{balPDI}|).$$

2. Mètode B.

Hi ha una ajustament exponencial entre *EfPDI* i la concentració en PDI de la ració:

$EfPDI = EfPDI_{100} \times \exp^{-b \times (PDI - 100)}$, on $EfPDI_{100}$ és l'eficàcia quan la PDI de la ració és 100 g/kg MS, PDI és el contingut en g/kg MS.

En l'anterior aplicació es considerava una eficiència constant i, per tant, l'equació era:

$$(1 - a) \times NecPDI \leq \sum_i Xi \times PDI_i \geq (1 + a) \times NecPDI$$

On les aportacions havien d'estar entre dos límits a efectes de facilitar els càlculs. Per exemple, $a = 0,05$, les aportacions han d'estar entre el 95% i el 105% de les necessitats.

Ara hem vist que l'eficiència canvia en el sí de la ració. I, també, a efectes de facilitar els càlculs es manté posar un rang (a) i afegim el càlcul de necessitats amb *EfPDI*. No obstant, ho simplifiquem de la següent manera:

En el càlcul de necessitats PDI hem introduït les necessitats relatives a les proteïnes endògens fecals que depenen de la matèria seca ingerida i de la MO no digestible, afectada també per la depressió de la

digestibilitat ($NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$), i ho hem fet considerant els valors mitjans de cada animal de referència segons sigui el pes inicial per al creixement o l'engreix.

En la formació de proteïnes productives i no productives (excepte les endògenes fecals) es considera per al càlcul de necessitats $EfPDI$ 0,67 per a llet, i 0,50 per creixement. Hi afegim a les necessitats les $NecPDI_{PEF}$ amb la MSI real, l' $EfPDI$ real i la MOND corregida, per tant les restriccions de la proteïna queden així:

$$(1 - a) \times \{NecPDI + \frac{[MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MONDc))]}{EfPDI}\} \leq \sum_i Xi \times PDI_i \geq (1 + a) \times \{NecPDI + \frac{[MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MONDc))]}{EfPDI}\}$$

De fet, a l'aplicació el valor de les $NecPDI$ calculades es disgrega en dos sumatoris: $NecPDI_{PU_{endo}}$ que no està afectat per l'eficiència $EfPDI$, i la resta ($NecPDI - NecPDI_{PU_{endo}}$) que tota ella està afectada per l' $EfPDI$, i, per tant, a la restricció aquesta resta es multiplica per 0,67 (exemple) i es divideix per $EfPDI$ de la ració (0,59), que s'obté iterativament.

BPR, BALANÇ PROTEIC AL RUMEN

A l'aplicació el càlcul del BPR_{ref} es fa com als altres nutrients, i pel que fa a les restriccions posem la següent restricció:

$$valor\ mínim\ animal\ referència \leq \sum_i Xi \times BPR_{refi} \leq valor\ màxim\ animal\ referència$$

Segons INRA-2018, el valor BPR no ha de ser gaire alt ja que s'augmentarien les pèrdues en N urinari; de fet, com abans amb PDIN i PDIE, es tendia a que fossin iguals, dins d'una tolerància que facilités els càlculs, la situació ideal seria obtenir BPR pròxim a 0. En el cas de les cabres posem els límits entre 0 i 30.

L'APLICACIÓ RACIONAMENT CAPRINS GR 2020

L'aplicació *Racionament Caprins GR 2020* està configurada igual que l'anterior aplicació sobre Racionament que hi ha al web dins l'arxiu Aplicacions informàtiques. Les novetats són les explicades en el text anterior i que anirem veient a continuació plasmades a l'aplicació.

Consta dels següents fulls: Taula de Farratges, Taula de Concentrats, Taula de Minerals, I_Necessitats, II_Plantejar Ració, III_Resultat Ració i Respostes; També hi ha tres fulls auxiliars de càlculs: Auxiliar, CàlculsCL i Paràmetres.

Taula de Farratges

Els canvis són deguts a les noves unitats i nutrients que seran necessaris per a l'optimització de la ració.

Nom	MS %	UFL	CPV	UFL _{PEF}	PDA	PPV	BPR	CEL	UES	UENF	Nitrat	MOND	MONDc	EE	EE ₂	MDP	ADP	Sequim	Crònicim	Ca	P	Na	Cl	K	Mg	S	Co	Cu	Mn	Zn	Se	VitA	VitD	VitE	MSD	UFL _N	UFL _E	MSF				
UFL00 Farratge verd sec o ensitjat	16,00	0,90	0,30	1,00	37	50	44	0,30	0,30	0,30	2,20	0,30	0,00	41	2,00	0,11	2,00	1,00	1,00	0,70	0,30																					
UFL00 Farratge verd sec o ensitjat	16,00	0,90	0,30	1,00	37	50	44	0,30	0,30	0,30	2,20	0,30	0,00	41	2,00	0,11	2,00	1,00	1,00	0,70	0,30																					
UFL00 Farratge verd sec o ensitjat	16,00	0,90	0,30	1,00	37	50	44	0,30	0,30	0,30	2,20	0,30	0,00	41	2,00	0,11	2,00	1,00	1,00	0,70	0,30																					

Tots els aliments tant farratgers com concentrats estan actualitzats amb l'aplicació *Valoració Nutritiva GR 2020*.

Les columnes són les següents:

Nom	Farratge, verd, sec o ensitjat
MS %	MS en %
UFL	Unitat farratgera llet

UFV	Unitat farratgera carn “viande”
MNT_PB	g matèria nitrogenada total o proteïna bruta/kg MS
PDIA	g proteïna digestible intestinal alimentària/kg MS
PDI	g proteïna digestible intestinal/kg MS
BPR	Balanç proteic al rumen, g/kg MS
UEL	Unitat d’atipament <i>encombement</i> llet
UEB	Unitat d’atipament <i>encombement</i> boví
UEM	Unitat d’atipament <i>encombement</i> oví
NI ref	Nivell ingestió de referència % pes viu
dMO	Digestibilitat de la matèria orgànica
MOD	Matèria orgànica digestible g/kg MS
EE	Extracte eteri (greixos totals), g/kg MS
FB	Fibra bruta, g/kg MS
NDF	Fibra neutre detergent, g/kg MS
ADF	Fibra àcid detergent, g/kg MS
Lignina	ADL, lignina, g/kg MS
cenres	g/kg MS
Ca	Calci, g/kg MS
P	Fòsfor, g/kg MS
Mg	Magnesi, g/kg MS
Cl	Clor, g/kg MS
K	Potassi, g/kg MS
Na	Sodi, g/kg MS
S	Sofre, g/kg MS
Co	Cobalt, mg/kg MS
Cu	Coure, mg/kg MS
Mo	Molibdè, mg/kg MS
Iode	Iode, mg/kg MS
Fe	Ferro, mg/kg MS
Mn	Manganès, mg/kg MS
Se	Seleni, mg/kg MS
Zn	Zenc, mg/kg MS
Vit A	Vitamina A, UI/kg MS
Vit D	Vitamina B, UI/kg MS
Vit E	Vitamina E, UI/kg MS
AG	Àcids grassos, g/kg MS
DT_N	Degradabilitat proteica al rumen
PF	Productes de la fermentació, g/kg MS
MOF	Matèria orgànica fermentescible, g/kg MS

Les taules de concentrats i de minerals tenen la mateixa estructura.

I. Necessitats

El full de necessitats té la següent forma que anirem explicant:

Càlcul de necessitats			
Cabres			
Pastura muntanya			
Format gran			0
Segon part			
Nombre cabrits al part	3	1 a 5	1,1 4,1 0,0054
Pes viu	70	40 a 80 kg	
Pv_cria	13,643		
Dies gestació	0	1 a 150	
ΔPv gest	0		
PI_300 mitjana	950	570 a 1330	
tg_300 mitjana	38	32,67 a 39,93	
tp_300 mitjana	32	29,34 a 35,86	
PI_pic	4,357798165		
CC part, 0 a 5	3,5		
Dies lactació, 0 a 300	100	OK	100 Dies Lactació
PI_potencial	3,909912239		
tg_potencial	34,51886308		
tp_potencial	31,59238618		
PI_potencial estàndard	3,906846899	tg = 35; tp = 31	
Necessitats Cabres			
Producció de llet estàndard l/cabra i dia			3,91
Capacitat ingestió (UE)			2,43
Energia (UFL)			3,34
Proteïna (g PDI)			277,74
Ca (g)			16,21 ***MSI
P (g)			9,10 ***MSI
Mg (g)			8,57
K (g)			9,88
Na (g)			3,41
S (g)			3,46 ***MSI
Cl (g)			3,66
Co (mg)			0,47 ***MSI
Cu (mg)			23,60 ***MSI
Mn (mg)			78,65 ***MSI
Zn (mg)			78,65 ***MSI
I (mg)			45,50
Se (mg)			0,15
Pes viu, kg			70,00
EN mant			1,47
EN llet			1,52
Cl kg MSI			2,58
MP			121,11
UFL_VPR			-0,27
UFL_VPRgest			0,00
PDI_VPR			-9,00
PDI_VPRgest			0,00
PDI/UFL			83,27
MS farratgera, % mínim a la ració			50
Limits de tolerància (%) en el compliment necessitats proteiques			13
EfPDI teòrica			0,67
MSI teòrica per als càlculs de necessitats			2,58

Es poden seleccionar: Cabres, Cabres de reposició i Cabrits engreix.

En estabulació, pastura pla o en pastura muntanya; de format gran o petit; i en el cas de cabres, primíparas, segon part o tercer o més part.

L'entrada de dades s'ha de fer amb cert criteri per tal de no obtenir resultats poc acords amb el tipus seleccionat.

A les dades complementàries per al racionament indicarem els límits de tolerància en els càlculs i la quantitat mínima de MS farratgera, en % sobre la MS total de la ració.

Tot va encaminat a obtenir les necessitats (UFL, PDI, minerals) i la capacitat d'ingestió (UE).

En la majoria de casos s'indiquen rangs de valors; per exemple, rangs de la producció de llet a 300 dies per primíparas i múltipares, rangs de taxes de greix i de proteïna. Només s'han d'introduir dades a les caselles , ja que les altres són o bé resultats finals o càlculs o enllaços (paràmetres de càlcul), i també de comprovació (en el cas de les cabres de llet avisa de la possible incongruència entre dies de gestació i dies de lactació).

II Plantejar Ració

És el full de més dificultat. En primer lloc tota l'aplicació ha d'estar habilitada per a macros, i en aquest full a DADES hem de tenir SOLVER activat.

La visió total d'aquest full requereix explicacions:

Selecció d'ingredients, límits d'incorporació i preu							ATENCIÓ: UN COP SELECCIONATS ELS INGREDIENTS, ELS SEUS LÍMITS I EL PREU DE CADASCUN D'ELLS, ENS HEM D'ASSEGURAR QUE EL FULL DE CÀLCUL TINGUI EL SOLVER ACTIVAT	
Iniciar càlculs kg fresc a 0	Límits d'incorporació		Càlculs			Preu ingredient		
	kg mín	kg màx	kg fresc	kg MS	% fresc ració	€/kg fresc		
kg fresc total	0,00	100,00	0,24	0,08	5,59	0,02	4,29	
kg farratge fresc total	0,00	2,00	2,00	1,70	46,62	0,02	2,24	
kg concentrat fresc total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,05	
Aportacions totals UE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,55	
kg MS total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,55	2,55 0,97
kg MS total farratge	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	1,78	MS prevista i diferència amb la ració
kg MS total concentrat	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,21	1,78	
% MS farratge a la ració	0,00	8,00	1,40	1,20	32,54	0,22	50,00	MS farratgers: % mínim a la ració
PCO	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,50	Límits de tolerància (%) en el ramellament necessària proteolítica
Relació UFL/UE farratge	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,85	
Taxa de substitució global	0,00	1,50	0,42	0,36	9,83	0,60	0,37	
Producció de llet	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,15	3,91	
VALOR FUNCIÓ OBJECTIU €/Kg fresc	0,00	2,00	0,15	0,14	3,55	0,10	0,628	
COST PART FARRATGERA	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,045	
COST PART CONCENTRADA	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,583	
Paràmetres nutritius, límits, valors finals								
Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %	En alguns ingredients de la ració no hi			
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	3,55					
%MS ració	0,00	999,00	82,84					
UFL	2,26	2,76	2,55	0,72				
UFL	3,64	3,64	3,64	1,03				
PDI	295,96	384,41	295,96	83,29				
BPR	0,00	30,00	106,61	30,00				
NI	1,96	1,96	5,08	5,08				
Ca	14,67	19,05	14,67	4,13				
P	8,62	11,20	11,20	3,15				
Mg	7,45	9,68	6,66	1,87				
K	8,59	11,16	41,01	11,54				
Na	2,97	3,86	3,93	1,11	Na			
S	4,70	6,11	0,01	0,00				
Cl	3,18	4,14	0,03	0,01				
Co	0,66	0,86	0,10	0,03				
Cu	29,00	37,66	3,48	0,98				
Mn	110,77	143,88	69,26	19,49				
Zn	110,77	143,88	36,45	10,26				
Iode	40,14	52,13	0,00	0,00				
Se	0,13	0,17	0,02	0,01				
Vit A	23.452,95	23.452,95	85000,00	23920,23				
Vit D	3.553,48	3.553,48	85,00	23,92				
Vit E	142,14	142,14	8,50	2,39				
AG			102,44	28,83				
MNT_Pb			606,57	170,70				
POIA			111,48	31,37				
dMO		0,72	0,78	0,72				
MOD			2346,66	660,38				
EE		4,00	134,00	3,77				
PB			334,49	150,41				
NDF			1250,36	351,87				
ADF			618,88	174,16				
Lignina			92,93	26,15				
cenelles			209,20	58,87				
Mo			0,46	0,13				
DT_N			0,61	0,61				
MOF			2271,93	639,35				
MO			3162,95	890,10				
PDI/UFL	72,45	94,10	81,24					

L'entrada de dades és fa a les caselles:

La resta són caselles de càlculs o caselles on surten les necessitats prèviament calculades, i moltes d'elles són càlculs auxiliars per a facilitar la comprensió dels processos reiteratius dins cada iteració.

A dalt a l'esquerra un cop seleccionats els ingredients que volem que entrin a la ració, o senzillament els aliments que participen en la formulació, hem de clicar

La selecció d'ingredients té 6 posicions per a farratges, columnes 4 a 9; 11 posicions per a concentrats, columnes 10 a 20; 6 posicions per a minerals, columnes 21 a 26. Per a cada ingredient podem entrar dos valors, mínim i màxim. Si l'ingredient està seleccionat i el mínim és 0 i el màxim 0, no entrarà en els càlculs.

Per al bon funcionament del *Solver* el primer ingredient (farratge) ha d'estar actiu, és a dir seleccionat i el valor màxim alt, ja que és l'aliment que mana el procés de substitució amb els concentrats. Un cop generada la ració és quan l'usuari pot decidir si és massa quantitat o és poca; l'idea és donar llibertat al primer ingredient.

Si a un ingredient seleccionat volem posar-li una quantitat fixa, posarem la mateixa quantitat a mínim i a màxim. A la columna de Preu ingredient introduïrem el preu en €/kg fresc o el cost de producció, ja que la programació de la ració és a cost mínim.

En essència la programació consisteix en que el valor de la funció objectiu sigui mínim.

VALOR FUNCIO OBJECTIU €/Kg fresc	0,628
----------------------------------	-------

I la funció objectiu és $\sum_{i=4}^{26} X(i) \times Preu(i)$; o sigui, la suma producte de les quantitats de cada ingredient pel seu preu o cost ha de ser mínima.

La dificultat és l'acompliment d'una sèrie de restriccions, que són les que s'inclouen dins el *Solver* propi de l'aplicació.

Les restriccions normals, lògiques i sense problemes són les relatives a les quantitats dels possibles 23 ingredients (farratges, concentrats i minerals), la quantitat a determinar per a cadascun d'ells ha de ser superior a 0, superior a la quantitat mínima i inferior a la quantitat màxima, prèviament introduïdes.

Les altres restriccions són les relatives als paràmetres nutritius, i que en les bases del racionament hem explicat.

Paràmetres nutritius, límits, valors finals					
Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %	En alguns ingredients de la ració no hi
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	3,55		
%MS ració	0,00	999,00	82,84		
UEL	2,26	2,76	2,55	0,72	
UFL	3,64	3,64	3,64	1,03	
PDI	295,96	384,41	295,96	83,29	
BPR	0,00	30,00	106,61	30,00	
NI	1,96	1,96	5,08	5,08	
Ca	14,67	19,05	14,67	4,13	
P	8,62	11,20	11,20	3,15	
Mg	7,45	9,68	6,66	1,87	
K	8,59	11,16	41,01	11,54	
Na	2,97	3,86	3,93	1,11	Na
S	4,70	6,11	0,01	0,00	
Cl	3,18	4,14	0,03	0,01	
Co	0,66	0,86	0,10	0,03	
Cu	29,00	37,66	3,48	0,98	
Mn	110,77	143,88	69,26	19,49	
Zn	110,77	143,88	36,45	10,26	
Iode	40,14	52,13	0,00	0,00	
Se	0,13	0,17	0,02	0,01	
Vit A	23.452,95	23.452,95	85000,00	23920,23	
Vit D	3.553,48	3.553,48	85,00	23,92	
Vit E	142,14	142,14	8,50	2,39	
AG			102,44	28,83	
MNT_PB			606,57	170,70	
PDIA			111,48	31,37	
dMO		0,72	0,78	0,72	
MOD			2346,66	660,38	
EE		4,00	134,00	3,77	
FB			534,49	150,41	
NDF			1250,36	351,87	
ADF			618,88	174,16	
Lignina			92,93	26,15	
cenclres			209,20	58,87	
Mo			0,46	0,13	
DT_N			0,61	0,61	
MOF			2271,93	639,35	
MO			3162,95	890,10	
PDI/UFL	72,45	94,10	81,24		

Per exemple la fila UEL:

UEL	2,26	2,76	2,55	0,72
-----	------	------	------	------

La casella mínim (en aquest cas 2,26) està lligada al full I_Necessitats i obté el valor de la capacitat d'ingestió, valor que en aquesta casella el multipliquem per 0,7 per no ser tan estrictes i facilitar el marge de càlculs. La casella màxim (en aquest cas 2,76) de la UEL és el càlcul de la capacitat d'ingestió.

La casella Valor (en aquest cas 2,55) de la fila UEL és la de més dificultat. Són les aportacions de UEL que es van calculant, però no només per suma producte de quantitats d'ingredients pel contingut UEL de cadascun d'ells, sinó per la variació que suposa en el total d'UEL la incorporació de concentrats (taxa de substitució, Sg; proporció concentrat, PCO).

La casella Valor/kg MS és la concentració per kg MS de la ració calculada, 0,72

La restricció del *Solver* és que *Valor* estigui entre els límits. I així amb la resta de caselles (UFL, PDI, BPR, Ca i P).

La formació de la restricció UFL:

UFL	3,64	3,64	3,64	1,03
-----	------	------	------	------

Igual que amb les caselles de la UEL, el mínim es forma a partir de les necessitats calculades en el full I_Necessitats, però a diferència d'abans el màxim és igual que el mínim, ja que la restricció de l'energia és que el valor final sigui igual a les necessitats afectades per la depressió de la digestibilitat. I aquesta depressió de la digestibilitat en el full es calcula a les caselles que estan a l'esquerra del full davall la selecció d'ingredients, i que com ja hem explicat són la depressió o canvi degut al nivell d'ingestió, i el canvi a causa del balanç proteic al rumen:

Efecte NI	
Nlref	1,96
NI % PV	5,08
dMOm	62,09067494
Δ dMO_NI	-0,085257461
Efecte %Co (PCO)	
PCO	0,50
Δ dMO_CO	0,00
Efecte balanç proteic rumen	
MNT ingerida	170,70
MORd o MOF	639,35
MNrD_rumen (MNF) fermentades rumen	104,38
MN alim_duodè (PIA) no ferm a rumen	66,32
MN microbiana intestí ($41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MORd_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$)	91,87
MN endògena	14,20
BPR ració	-1,69
BPR ref	30,00
Δ dMO_BPR	0,019
Σ dMO x PMO	0,78
Efecte total interaccions	0,72

A les dues últimes caselles podem veure els resultats: en l'exemple, la suma producte de les quantitats de cada ingredient seleccionat i que, definitivament, entra a la ració és la dMO teòrica (0,78), i la dMOc, corregida és la que suma els efectes (NI, PCO – sense efecte en caprins - i BPR) igual, en aquest cas, a 0,72. Això seria el que surt al final de les iteracions en cas de trobar una solució. Però mentrestant no la troba, o la va cercant, el valor UFL que va a les caselles mínim i màxim és igual a les necessitats calculades multiplicades per la relació entre dMO, la que va calculant per suma producte i la que es va generant a causa de les iteracions successives: (valor de Σ dMO x PMO – casella B47 – /valor Efecte total interaccions – casella B48 –). Per tant, a les necessitats UFL multipliquem el càlcul de necessitats per la relació dMO calculada/dMO corregida.

La formació de la casella PDI:

És, possiblement, la que més dificultats genera, ja que INRA-2018 hi inclou els canvis generats en l'eficiència PDI (*EfPDI*), tant en les activitats productives com en les no productives, la qual cosa fa que els càlculs de les necessitats en PDI s'hagin de fer sobre la marxa.

PDI	295,96	384,41	295,96	83,29
-----	--------	--------	--------	-------

Els valors del mínim i màxim estan afectats pel marge que hem donat al càlcul de necessitats (Límits de tolerància (%) en el compliment necessitats proteiques), i les necessitats es generen de la següent forma, seguint l'exemple, a l'esquerra de l'apartat dels paràmetres hem inclòs els valors que s'han obtingut del càlcul de necessitats inicial:

Necessitats Cabres		
	CI	2,43
	UFL	3,34
	PDI	277,74
	NecPDI_PU _{endo}	21,84
NecPDI - NecPDI_PU _{endo}		255,90
	EfPDI	0,67

PDI, en el quadre de paràmetres, són el total de necessitats, que inclou les relatives a NecPDI_P_{EF} proteïnes endògens fecals, de manera provisional, ja que no coneixem la MSI final, i en aquest cas posem MSI calculada, en base a l'aliment de referència (veure abans) i la capacitat d'ingestió prèviament calculada, i per a una eficàcia, $EfPDI = 0,67$.

Ja en el procés de calcular la ràtio $NecPDI_{P_{EF}} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$, que s'inclouen ara en el mínim i màxim, amb els valors de matèria seca ingerida que van generant-se en cada iteració, i el valor de la matèria orgànica no digestible ja afectada per la variació de la dMO, i l'eficàcia variable en cada iteració EfPDI.

De les necessitats que surten del càlcul del full I_Necessitats, en l'exemple (277,74) els restem les NecPDI_PU_{endo} (21,84) que són les úniques que no estan afectades per l'EfPDI, i les necessitats que sí estan afectades per l'EfPDI, en aquest exemple tenen el valor de 255,90

Per tant a les caselles mínim i màxim, el valor 255,90 anirà multiplicat per la relació d'eficiències ($0,67/EfPDI$), i, com ja hem dit, s'hi sumarà el valor NecPDI_P_{EF} afectat per EfPDI, en funció de la desviació entre MSI i MSI_{calculada} que es va generant.

A l'esquerra, davall de les caselles relatives al canvi en la dMO hi ha una sèrie de caselles que ens duen a la EfPDI:

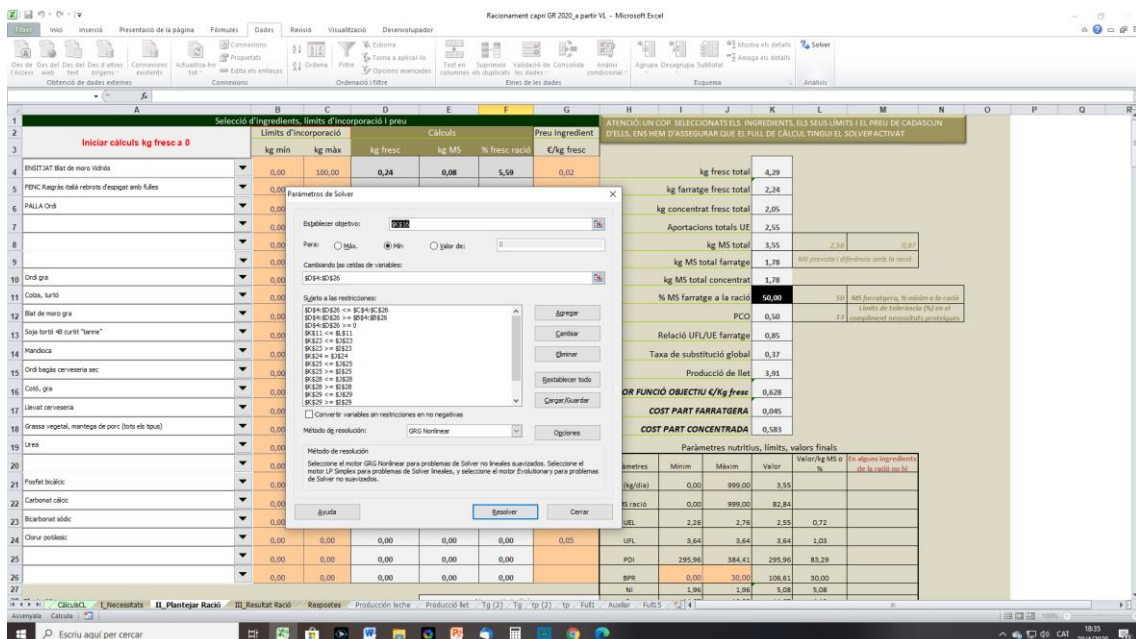
MODc_rumen (MOF corregida)	585,37
PANDI	12,80
dr	0,81
PDIA	53,52
MN microbianes_duodè (corregida)	89,01
PDI = PDIA + MN microbianes_duodè x 0,8 x 0,8	110,49
flux de N duodenal endogen (Actualització)	
MOND = MO - MODc_rumen	304,73
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	50,46
PÈRDUES FECALS ENDÒGENES (PEF) i (NEC_PDI Actualització)	
MNND = 0,163 x MN _{alim_duodè} + 0,20 x MN _{mic_duodè} + 5,7 + 0,074 x MOND	56,86
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	28,25
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)] / EfPDI	85,39
PÈRDUES ENDÒGENES URINÀRIES i (NEC_PDI Actualització)	
log ₁₀ NU (N urinari g/dia) log ₁₀ NU = -1,17 + 1,00 x log ₁₀ Pv	0,68
NU	4,73
NUNP microbià/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,01
NU endo	3,50
Nec PDI_NU endo	21,84
PÈRDUES NITROGENADES PER L'EPIDERMIS i (Nec_PDI Actualització)	
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	2,56
Nec PDI_P epidèrmiques = 0,2 x Pv0,60/EfPDI	4,35
Nec_PDI no productives	111,58
Eficàcia de la síntesi proteica en lactació	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec_PDI_NU endògenes	274,12
EfPDI = \sum despeses prot/PDI disponible = 0,67 x EXP(-0,007 x (PDI-100))	0,75
Bal EN	0,03
bal Proteïna	9,21
MP producció proteïnes llet	121,11
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Prote)/ (PDI disponible)	0,59

La formació d'aquestes caselles s'ha explicat a l'apartat de necessitats de proteïnes.

En definitiva, les restriccions per a la programació, a part de les pròpies de les quantitats de cada possible ingredient que seleccionem, són les següents:

UE, UFL, PDI, BPR, Ca i P. El problema està en que la majoria de les restriccions estan influïdes per la dMO, *EfPDI* i la MSI, i aquestes ho estan pel nivell d'ingestió, la proporció de concentrat a la ració, el balanç proteic al rumen (allò que en edicions anteriors era l'equilibri entre PDIN i PDIE), i la MSI final està determinada per la taxa de substitució.

En la següent imatge podem veure a la dreta i dalt de tot *Análisis de datos, Solver* que surt perquè ens hem situat a la pestanya Dades. I sobre el full **II_Plantejar Ració** surt el quadre Parámetros de Solver, on s'indica la casella objectiu, que s'ha de calcular al mínim, canviant els valors de les caselles D4 a D26 que són on hi ha les quantitats de cada ingredient prèviament seleccionat. I això s'ha d'aconseguir amb una sèrie de restriccions que estan dins el quadre central, que ja hem explicat. A la dreta hi ha diferents comandaments que serveixen per afegir, canviar o eliminar restriccions. El mètode que utilitzem és el GRG no lineal. Al comandament *Resolver* s'activa el procés de càlcul.



En haver-hi tantes restriccions i moltes d'elles lligades reiterativament, iteració rere iteració, obtenir una solució resulta complicat, però aquí hi intervé que l'usuari sap amb quin material treballa, i, molt sovint, si fixem un ingredient farratger (no el primer de la llista) en una quantitat mínima i màxima, podem generar que sigui més fàcil obtenir la ració. També és important fer el seguiment de les caselles dels paràmetres nutritius per veure quines d'elles no compleixen els límits:

Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	3,55	
%MS ració	0,00	999,00	82,84	
UEL	2,26	2,76	2,55	0,72
UFL	3,64	3,64	3,64	1,03
PDI	295,96	384,41	295,96	83,29
BPR	0,00	30,00	106,61	30,00
NI	1,96	1,96	5,08	5,08
Ca	14,67	19,05	14,67	4,13
P	8,62	11,20	11,20	3,15

EE		4,00	134,00	3,77
----	--	------	--------	------

Al full III Resultat ració surt el resum de les característiques de la ració calculada amb les restriccions i al mínim cost.

Exploïtat: Kg llet estàndard Data					Aportacions de nutrients					Ingredients prèviament seleccionats que no entren a la ració
3,91 30/4/2020										
INGREDIENTS	kg/vaca i dia	% MF	kg/tona	Cost	NUTRIENTS		ANÀLISI			
ENSITJAT Blat de moro Vidriós	0,240	5,59	55,90	0,00	MSI (kg/dia)	3,55	Kg			
FENC Raigràs Italià rebrots d'espigat amb fulles	2,000	46,62	466,23	0,04	%MS ració	82,84	%			
					MS farratges	1,78	Kg			
					UFL	2,55	UFL	0,72	Necessitats	
					LFL	3,64	LFL	1,03	En alguns ingredients de la ració no hi consten els nutrients ...	
					PDI	295,96	g	83,29		
					BPR	106,61	g	30,00		
					Ni	5,08	%PV	5,08	Ordi gra	
Blat de moro gra	1,396	32,54	325,43	0,31	Ca	14,67	g	4,13	Colza, turtó	
					P	11,20	g	3,15	Soja tortó 48 curtit "tamec"	
Mandioca	0,422	9,83	98,31	0,25	Mg	6,66	g	1,87	0,57	
					K	41,01	g	11,54	9,88	
Cotó gra	0,152	3,55	35,46	0,02	Na	3,92	g	1,11	3,41	Na
					S	0,01	g	0,00	0,41	
					Cl	0,03	mg	0,01	3,66	
Urea	0,073	1,70	17,02	0,01	Co	0,10	mg	0,03	0,76	
					Cu	3,48	mg	0,98	33,33	
Fosfat bicàlcic	0,007	0,16	1,65	0,00	Mn	49,26	mg	19,49	127,33	
					Zn	36,45	mg	10,26	127,33	
					Iode	0,00	mg	0,00	46,13	
					Se	0,02	mg	0,01	0,15	
					Vit A	85,000,00	UI	23,920,23	23,452,95	
					Vit D	85,00	UI	23,92	3,553,48	
					Vit E	8,50	UI	2,39	142,14	
					Vit B	102,44	g	28,83		
					MMNT PB	606,57	g	170,70		
					PDIA	11,48	g	31,37		
					DMO	71,83	g	71,83		
					MDOD	2,346,66	g	660,38		
					EE	134,00	g	3,77		
					FB	534,49	g	150,41		
					NDP	1,250,36	g	351,87		
					ADF	618,86	g	174,16		
					Lignina	92,93	g	26,15		
					Cendres	209,20	g	58,87		
					Mo	0,46	mg	0,13		
					DT N	0,61	g	0,61		
					NDP	2,271,93	g	639,35		
					IMO	890,10				
TOTAL					4,290	100,00	1.000,00	0,63		
Modalitat de càlcul de necessitats sepon:					Fa %	50,00	% greix s/MS	3,77		
Necessitats Cabres					Co %	50,00				
La ració genera fort excés de N urinari										

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ACKER, D, CUNNINGHOAM, M. 1991. Animal Science and Industry. Fourth Edition. Prentice Hall. USA.
- ANDRIEU J, BARRIERE Y, DEMARQUILLY C. 1999. Digestibilité et valeur énergétique des ensilages de maïs: le point sur les méthodes de prévision au laboratoire. INRA Prod Anim; 12 (5): 391-396.
- AUFRÈRE J, GRAVIOU D, DEMARQUILLY C, VERITE R, MICHALET-DOREAU B, CHAPOUTOT P. 1989. Aliments concentrés pour ruminants: prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod Anim; 2 (4): 249-254.
- BAUMONT R, CHAMPCIAUX P, AGABRIEL J, ANDRIEU J, AUFRÈRE J, MICHALET-DOUREAU B, DEMARQUILLY C. 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod Anim; 12 (3): 183-194.
- BERG, RT, BUTTERFIELD, RM. 1978. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- Calvo, CA. 1978. Ovinos
- COPPOCK, CE. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. J Dairy Sci; 70: 1110-1119.
- DEMARQUILLY C, ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA Prod Anim; 5 (3): 213-221.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim; 7 (3): 177-189.
- DI MARCO, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Editado por O.N. Di Marco. Balcarce, Bs.As.
- DI MARCO, ON. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. por Asoc. Arg. de Prod. Animal. Balcarce, Bs.As.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J Dairy Sci; 72: 2942-2948.
- ENGLISH, PR, FOWLER, VR, BAXTER, S, SMITH, B. 1996. The Growing and Finishing Pig. Edit. By Farming Press.

- FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición) C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)
- FOWLER, VR. 1968. Body development and some problems of its evaluation in Growth and Development of Mammals. Butterworth, London.
- GARCÍA SACRISTÁN, A, CASTEJÓN MONTIJANO, F, DE LA CRUZ PALOMINO, LF, GONZÁLEZ GALLEGU, J, MURILLO, LÓPEZ DE SILANES, MD, SALIDO RUIZ, G. 1998. Fisiología Veterinaria. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. España.
- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Prévion de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- GÜRTLER, H, KETZ, HA, KOLB, E, SCHRÖDER, L, SEIDEL, H. 1971. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- HAMMOND, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, 322 p.
- HELMAN, Mauricio B. 1977. Ganadería tropical. El Ateneo, Bs.As., 155-170.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour las ruminantes des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. París: Serie etudes, Options méditerranéennes.
- IAMZ. 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. París: Serie B, Etudes et recherches, 4, Options méditerranéennes.
- **INRA. 1978.** Alimentation des Ruminants. París: INRA.
- **INRA. 1981.** Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévion de la valeur alimentaires des fourrages. Theix: INRA.
- INRA. 1983. Luzerne. París: Centre de Recherches de Lusignan.
- INRA. 1987. Alimentation des Ruminants: Révision des systèmes et des tables de l'INRA. Bull Tech CRZV, Theix INRA; nº 70.
- **INRA. 1988.** Alimentation des Bovins Ovins et Caprins. París: INRA.
- **INRA. 2007.** Alimentation des Bovins Ovins et Caprins. Besoins des animaux-Valeurs des aliments. Tables INRA. Versailles: Quae.
- **INRA. 2018. Alimentation des ruminants. Éditions Quae.**
- INRAP. 1984. Alimentation des Bovins. París: ITEB.
- ITEB-EDE. 1989. Pratique de l'alimentation des bovins. Tables de l'INRA 1998. París: ITEB.
- JOHNSON L, HARRISSON JH, HUNT C, SHINNERS K, DOGGETT CG, SAPIENZA D. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. J Dairy Sci; 82: 2813-2825.
- LEROY A. 1968. La vaca lechera. Barcelona: Editorial GEA.
- MICHALET-DOREAU B, NOZIÈRE P. 1999. Intérêts et limites de l'utilisation de la technique des sachets pour l'étude de la digestion ruminale. INRA Prod Anim; 12 (3): 195-206.
- MICHALET-DOREAU B. 1992. Aliments concentrés pour ruminants: dégradabilité in situ dans le rumen. INRA Prod Anim; 5(5): 371-377.
- NRC. 1988. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 6ª edició revisada. Washington: National Academy Press.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edició. Washington: National Academy Press.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7a edició. [en línia] disponible a <http://books.nap.edu/books/0309069971>.
- PRESCOTT, J.H.D. 1982. Crecimiento y Desarrollo de los Corderos, En: Manejo y Enfermedades de las Ovejas. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. París: INRA.
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. Nº Registre Propietat Intellectual B-40754.. Lleida: Servei de Biblioteca, dossiers electrònics, ETSEA-UdL.
- SEGUÍ A. 1978. Tablas alimenticias y racionamiento en Catalunya. Reus: SEA.
- SEGUÍ A. 1979. Ejemplo teórico para equilibrar una ración de maíz. Reus: SEA. FIT 4/ 79.

- SEGUÍ A. 1982. Alimentació de vaques de llet. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de llet; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos per a produir llet. Reus: SEA. FIT 22/83.
- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de llet a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de llet. Barcelona: Caixa de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia y Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- SEGUÍ A. 1989. Matèria seca, farratgera, concentrada... i la fibra?. Barcelona: SEA. Full de Divulgació 33/89.
- SEGUÍ A. 2005.- La necesidad de extensión agraria en vacuno lechero. Sanz E. (director) [Tesis doctoral]. Universitat de Lleida.
- SEGUÍ PARPAL, A. 2009. L'explotació de vaques de llet. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- VERDE, L. (1974). Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. AAPA Prod.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.