

Grup de remugants "Ramon Trias"

Racionament alimentari d'oví

Basat en INRA-2018

Antoni Seguí Parpal
13 d'abril de 2020

PRINCIPIS DEL RACIONAMENT

L'aplicació *Racionament oví 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_{potr}}, 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 (*encombremet*)

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

UEc, unitats d'*encombremet* concentrat

UEf, unitats d'*encombremet* farratge

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

UEM, unitat d'atipament (*encombremet*) 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 OVÍ

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 vuit modalitats: Ovelles eixutes i inici gestació; Reconstitució ovelles; Ovelles amb anyells 50-150 g/dia; Mardà/marrà; Ovelles en gestació (6ena setmana abans del part -part); Ovelles alletants 1-14 setmanes després del part; Ovelles munyides; Creixement i engreix de xais. Les mateixes que en edicions anteriors, adaptant-los als canvis.

OVELLES LLETERES I ALLETANTS

Les necessitats estan ben documentades, i fins i tot es pot seguir la corba de producció de llet, a partir de la producció al primer control lleter (model exponencial); no obstant això, a l'aplicació no ho tenim en compte i calculem les necessitats per a una producció de llet determinada. En tot cas, aproximar-se a la realitat és, en aquest cas, més complicat, atesa el gran nombre de races.

NECESSITATS ENERGÈTIQUES

$NecUFL = NecUFL_{\text{manteniment}} + NecUFL_{\text{activitat}} + NecUFL_{\text{gestació}} + NecUFL_{\text{producció de llet}} + NecUFL_{\text{guany de pes}}$

MANTENIMENT I ACTIVITAT

L'activitat a la pràctica es resol amb un coeficient que s'aplica a les necessitats de manteniment: si pasturen en superfícies sense gaire dificultat, a un radi de 5 km de l'estabulació, el coeficient és 1,1, si pasturen a un radi superior (de 5 a 8 km) el coeficient és 1,2. Hi ha una fórmula per calcular aquestes necessitats directament, si sabem la distància horitzontal de pastura (DH) i la vertical (DV) expressades en km/dia: $NecUFL_{\text{activitat}} = Pv \times (0,62 \times DH + 6,69 \times DV) / 1.760$.

Les necessitats de manteniment són funció del pes metabòlic: $NecUFL_{\text{manteniment}} = 0,0345 \times Pv^{0,75}$

Aquestes necessitats inclouen les necessiten de la producció de llana.

GESTACIÓ

La gestació té una durada de 21 setmanes, i les necessitats associades a la gestació esdevenen importants a les darreres sis setmanes, i són proporcionals al pes total del fetus al naixement.

$NecUFL_{\text{gestació}} = -0,0145 \times \text{setm}_{\text{abans part}} \times Pv_{\text{part}} + 0,0896 \times Pv_{\text{part}} - 0,0096 \times \text{setm}_{\text{abans part}} + 0,0751$

$\text{setm}_{\text{abans part}}$ (de 6 a 1 setmana abans del part)

Pv_{part} pes viu al naixement (xai o xais)

Al principi de la gestació si la condició corporal és molt baixa (menys de 3) es recomana aportar un complement energètic; sabent que 1 punt de CC correspon a un creixement del 13% de Pv i de 28 UFL, les necessitats per a un guany diari de 100 g/dia seran de 0,28 UFL/dia.

LACTACIÓ

Per a les ovelles alletants:

$NecUFL_{PI} = -0,0274 \times GMD_{\text{xais}} \times t_{\text{part}} - 0,0007 \times t_{\text{part}} + 3,66 \times GMD_{\text{xais}} + 0,0602$

Aquestes necessitats són per al període de 1 a 14 primeres setmanes després del part, i t_{part} són els dies, per exemple a la 4a setmana $t_{\text{part}} = 4 \times 7 = 28$ dies. GMD en kg/dia; t_{part} seria el mateix que dir $t_{\text{lactació}}$

Per a les ovelles munyides:

$NecUFL_{PI} = 0,686 \times PI \times (0,0071 \times tg + 0,0043 \times tp + 0,2224)$

tg i tp, taxes de greix i proteïna en g/l. La llet estàndard té 76 g/l de greix i 55 g/l de proteïna.

CREIXEMENT

En general, les ovelles es posen a la reproducció quan encara no han arribat al pes adult, i per això durant els primers 100 dies de gestació s'ha de permetre-les un creixement de 100 g/dia, que representaria una aportació de 0,28 UFL/dia.

$NecUFL_{\text{guany}} = 0,28 \times GMD/100$.

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:

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

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

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

MOND, és la matèria orgànica no digestible.

Per als càlculs previs de les necessitats INRA-2018 la referència és una ració de fenc d'alfals de bona qualitat (915 g MO/kg MS, dMO de 0,56, 87 g PDI/kg MS i 1,23 UEM/kg MS) distribuït *ad libitum*, i el valor de l'eficàcia PDI igual a 0,58 (EfPDI).

PRODUCTIVES

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

$$\text{NecPDI_llana} = 0,22 \times \text{Pv}^{0,75} / \text{EfPDI}$$

$$\text{NecPDI_gestació} = (-1,28 \times \text{setm}_{\text{abans part}} \times \text{Pv}_{\text{part}} + 12,6 \times \text{Pv}_{\text{part}} - 3,41 \times \text{setm}_{\text{abans part}} + 17,6) \times 0,56 / \text{EfPDI}$$

Per a les ovelles alletants:

$$\text{NecPDI_PI} = (-3,22 \times \text{GMD}_{\text{xais}} \times t_{\text{part}} - 0,018 \times t_{\text{part}} + 420 \times \text{GMD}_{\text{xais}} + 4,64) \times 0,58 / \text{EfPDI}$$

Aquestes necessitats són per al període de 1 a 14 primeres setmanes després del part, i t_{part} són els dies, per exemple a la 4a setmana $t_{\text{part}} = 4 \times 7 = 28$ dies. GMD en kg/dia

Per a les ovelles munyides:

$$\text{NecPDI_PI} = \text{PI} \times \text{tp} / \text{EfPDI}$$

tp, taxa de proteïna en g/l.

Les necessitats de creixement, com en el cas de l'energia, les ovelles es posen a la reproducció quan encara no han arribat al pes adult, i per això durant els primers 100 dies de gestació s'ha de permetre-les un creixement de 100 g/dia, que representaria una aportació de 0,13 g/dia.

$$\text{NecPDI_guany} = 0,130 \times \text{GMD} / \text{EfPDI}$$

GMD en g/dia. Si EfPDI = 0,58 les necessitats de creixement són de 22 g PDI per a GMD = 100 g/dia.

RESERVES CORPORALS

Les reserves corporals comencen a emprar-se al darrer mes de gestació i continuen durant els dos primers mesos de lactació; aquest període després del part correspon també al temps d'alletament en el

cas d'ovelles de races càrniques. En el cas d'ovelles de llet aquest període correspondria al final del primer mes de munyida.

Les recomanacions sobre la condició corporal (de 0 a 5) són que al final de la gestació tinguin entre 3 i 3,5, i que fins el deslletament no baixin més d'un punt o punt i mig, o sigui que arribin entre 2,5 i 2.

Al postpart la pèrdua d'un punt de CC després de sis setmanes de lactació equival a un total de 28 UFL, en una ovella de 65 kg. Això permet un estalvi del 15% d'energia atesa la baixa de la ingestió en el postpart. Per tant, una ovella pot estalviar 0,67 UFL/dia.

Després del deslletament hauran de reconstituir les reserves paulatinament. Reconstituir 1 CC equival a un augment de pes del 13% i a 0,33 UFL per 100 g GMD.

$$UFL_VRC = - 0,43 \times Pv \times \Delta CC / t_{reconstitució}$$

Si en el postpart perd 1 CC, en dos mesos haurà de recuperar: $UFL_VRC = - 0,43 \times 65 \times 1/60 = 0,465$ UFL, i, pel que fa a la PDI, haurà de recuperar $PDI_VRC = 33 \times 0,465 = 15$ g PDI/dia.

CAPACITAT D'INGESTIÓ I TAXA DE SUBSTITUCIÓ

La CI en **ovelles seques o eixutes o en l'inici de la gestació** depèn del Pv i de la CC

$$CI = (0,100 - 0,010 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

Si afegim concentrat a la ració es deixarà d'ingerir una part del farratge que com a únic aliment *ad libitum* li correspondria, que és precisament la taxa de substitució Sg, igual a **1,43 - 0,65 x UEf**.

En el cas d'**ovelles munyides i alletants al final de gestació (sis darreres setmanes)** la CI és la següent:

$$CI_{gestació} = (0,100 - 0,010 \times CC) \times Pv^{0,75} + 0,0503 \times Pv_{part} - 0,152 \times N_{anyells} - 0,272$$

Pv_{part} és el pes del o dels anyells al part, i $N_{anyells}$ el nombre d'anyells.

En aquest cas la **Sg = (0,030 x setm_{abans part} - 1,402) x UEf² + (- 0,048 x setm_{abans part} + 2,294) x UEf**.

En les **ovelles alletants a l'inici de la lactació** calcular la CI és bastant més complicat, i es fa a partir de la CI entre la 4a i la 6a setmana de lactació, com a punt de referència:

$$CI_{(4-6)} = 3,0 \times GMD_{xais} + (0,1 - 0,01 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

GMD_{xais} és el guany de pes mitjà del període entre els 10 i 30 dies després del part, en kg/dia.

$$CI_{(1-3)} = 0,8 \times CI_{(4-6)}$$

$$Sg_{(4-6)} = - 1,6 \times UEf + 2,9$$

$$Sg_{(1-3)} = 0,8 \times Sg_{(4-6)} + c$$

$$c = (MSIf - 2,573) \times (0,3572 \times MSIf^{-0,986}) + 0,202$$

MSIf, matèria seca ingerida de farratge; MSIfc matèria seca ingerida de concentrat, en kg/dia.

Per a les setmanes posteriors a la 6a, i fins a la 20ena:

$$CI_{(7-20)} = -0,027 \times t_{part} \times GMD_{xais} + 3,244 \times GMD_{xais} - 0,001 \times t_{part} + (0,1 - 0,01 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

$$Sg_{(7-20)} = - 0,82 \times UEf^2 + 1,654 \times UEf - 0,043$$

Per a **ovelles munyides**

$$CI = 0,754 \times PI + 0,0255 \times Pv$$

$$Sg = 0,958 - 0,374 \times UEf$$

NECESSITATS EN MINERALS I VITAMINES

UI/kg MST	Eixutes, inici gestació Reconstitució, amb anyells 50-150 g/dia	Mardà/marrà	Gestació (període 6 setmanes abans del part)	Alletants (1-14 set); munyides	Creixement engreix de xais
Vit A	2700	2000	3300	2400	1200
Vit D	500	500	500	500	500
Vit E	15	15	15	15	15

		Ovins	
P _{abs} , g/d	Manteniment	0,905 x MSI + 0,3 + 0,002 x Pv	
	Creixement, per kg d'Δ	1,2 + 3,19 x Pv _{adult} ^{0,28} x Pv ^{-0,28}	
	Gestació (darrer terç)	0,40 (un fetus) 0,90 (>1)	
	Lactació, per l llet	1,5	
Ca _{abs} , g/d	Manteniment per al creixement	0,67 x MSI + 0,01 x Pv	
	Manteniment per a la gestació, sense lactació	0,015 x Pv	
	Manteniment per a la lactació	0,67 x MSI + 0,01 x Pv	
	Creixement, per kg d'Δ	6,75 x Pv _{adult} ^{0,28} x Pv ^{-0,28}	
	Gestació (darrer terç)	0,70 (un fetus) 1,50 (>1)	
	Lactació, per l llet	1,9	
	Mg _{abs} , g/d	Manteniment	0,014 x Pv
		Creixement, per kg d'Δ	0,4
Gestació (darrer terç)		0,03	
Lactació, per l llet		0,18	
K, g/d	Manteniment en lactació	0,115 x Pv	
	Manteniment altres estats fisiològics	0,07 x Pv	
	Creixement, per kg d'Δ	1,8	
	Gestació (darrer terç)	0,2	
Na, g/d	Lactació, per l llet	1,4	
	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	0,9	

	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	0,7
	Gestació (darrer terç)	0,4
	Lactació, per l llet	0,15
S, g/d		2 x MSI
	Si producció de llana	2,7 x MSI
Co, mg/d		0,3 x MSI
Cu, mg/d		10 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

XAIS CREIXEMENT I ENGREIX

Hi ha molts de sistemes d'engreix. A l'aplicació hem seguit INRA-2018.

$$\text{NecUFV/Pv} = 0,01802 + 0,00205 \times \text{GMD/Pv}$$

Les necessitats UFV segueixen els anteriors models INRA.

Les necessitats proteiques, no productives i productives, s'adapten al següent:

Les no productives 1,56 g PDI/kg Pv

Les productives fan referència al GMD i s'expressen així: $\text{NecPDI}_{\text{guany}} = 0,141 \times \text{GMD}/\text{EfPDI}$.

EfPDI, per al càlcul previ de les necessitats, és de 0,50.

BASES DEL RACIONAMENT

Primer calculem les necessitats del oví en lactació, en creixement o en engreix o en qualsevol altre estat fisiològic (UFV o UFL, PDI, Ca i P) i la capacitat d'ingestió en UEM. 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 referent 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**:

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

Les $MNT(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}}$ 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 permessa 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 $NI_{\text{ref}} = 2$. 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, $NI_{\text{ref}} = 1,78$. L'ovella en lactació, pes viu 60 kg i CC = 3,00, a la setmana 20 de lactació, amb una producció de 2,50 litres del 5,5 % de greix i 4,6% de proteïna, suposant que en el postpart perd

0,5 punts de CC ingereix de la ració calculada 3,24 kg MS, per tant $NI = 3,24 \times 100/60 = 5,39 \%$, com podem veure hi ha diferència apreciable, per tant el NI afectarà la dMO de la ració:

$\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - NI_{ref})/100 = -2,74 \times (5,39 - 1,78)/100 = -0,098914$ valor que resta a la dMO de la ració

EFFECTE DE LA PROPORCIÓ DE CONCENTRAT A LES INTERACCIONS DIGESTIVES

Es tracta de quantificar l'efecte de la proporció de concentrat (PCO, entre 0 i 1) sobre les interaccions digestives. Experimentalment l'efecte de PCO sobre la dMO de la ració s'expressa així:

$$\Delta dMO_{CO} = (-6,5/(1 + (0,35/PCO)^3))/100 \times 0,6$$

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 **109,95**
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 0,71.

$$MN_{alim_duodè} = 31,92$$

3. $MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MORd_{rumen} + 8,40 \times PCO$
 - a. $MORd_{rumen}$, 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 465,29

$$MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 465,29 + 8,40 \times 0,40 = 78,51$$

4. $MN_{endògena}$ es considera un valor fixo igual a **14,20**
5. $BPR = 109,95 - (31,92 + 78,51 + 14,20) = -14,69$

El BPR calculat a la ració (cada ingredient ve caracteritzat pel seu valor BPR) en el nostre cas és igual a $-2,47(BPR_{ref})$.

La interacció de la BPR sobre la dMO: $\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = 0,060 \times (-14,69 - (-2,47))/100 = -0,0073$

Les tres interaccions seran $-0,098914 - 0,04 - 0,0073 = -0,146214$

Aquest valor farà que la digestibilitat de la MO corregida per les interaccions $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = 0,66 - 0,146214 = 0,51$

La dMO calculada de la ració és de 0,66.

La ració inicialment té una dMO de 0,66, però al final, després de les iteracions resulta de 0,51.

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:

$$\sum_i X_i \times UFL_i = NecUFL \times (dMO/dMOc)$$

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 $PDI_{ing} = 215,70$ g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 60 = 18,72 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 215,70 - 18,72 = 196,98 \text{ g.}$$

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, $balUFL = 2,64 - 2,13 = 0,50$ 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:
 $EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD} + balPDI)/PDI_{disp}$
 $P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times MOND$; MOND, matèria orgànica no digestible, igual a $(MO - MODc)$; MODc és la MOF corregida per les interaccions (NI, PCO i BPR). MO la traiem directament dels càlculs ($MO = 937,96$), la MODc és la MOF (directament dels càlculs) corregida per dMOc, $MO - MOND = 937,96 - 477,82 \times dMOc/dMO = 937,96 - 477,82 \times 0,53/0,66 = 554,256$ g, i $P_{EF} = 5,7 + 0,074 \times 554,26 = 46,71$ g PDI
 $P_{epidèrmiques} = 0,2$ g PDI/kg $Pv^{0,60} = 0,2 \times 60^{0,60} = 2,33$ g PDI
 Proteïna de la llet = **115,00 g PDI** (producció x taxa proteïna)
 $balPDI = \text{Aportacions PDI} - \text{Necessitats calculades} = 215,70 - 281,26 = -65,56$ g PDI
 $PDI_{disp} = 196,98$ g PDI
 $EfPDI = (46,71 + 2,33 + 115,00 - 65,56)/196,98 = 0,50$.
- 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:
 $EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD})/(PDI_{disp} + |balPDI|)$.

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:

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

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 $EfPDI$ 0,50. 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:

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

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 0,58 (exemple) i es divideix per $EfPDI$ de la ració, que s'obté iterativament.

En el cas de xais en creixement i engreix $EfPDI = 0,50$.

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:

$$valor \text{ mínim animal referència} \leq \sum_i Xi \times BPRrefi \leq valor \text{ màxim animal referència}$$

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.

L'APLICACIÓ RACIONAMENT OVÍ GR 2020

L'aplicació *Racionament oví 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 i III_Resultat Ració; També hi ha tres fulls auxiliars de càlculs: NR, CàlculsOVI i Paràmetres.

Taula de Farratges

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 consta d'una selecció del tipus de oví:

Ovelles eixutes i inici gestació
Reconstituïció ovelles
Ovelles amb anyells 50-150 g/dia
Mardà/marrà
Ovelles en gestació (6ena setmana abans del part -part)
Ovelles alletants 1-14 setmanes després del part
Ovelles munyides
Creixement i engreix de xais

El full té la següent forma, amb indicacions sobre els valors normals de cada casella on s'han d'entrar les dades:

Càlcul de necessitats: iniciar introducció de dades		
Elegir tipus d'animal		
Chivita/ovella		
Pes viu	60,00	Valors normals entre 40 i 80
CC	3,00	Valors normals entre 2 i 4,5
Setmanes postpart/lactació	20,00	De 1 a 35
PI producció llet litres	2,50	
tg %, taxa greix	55,00	
tp %, taxa proteïna	46,00	
Pèrdua punts cc des del part fins 6a setmana	0,50	0,5 a 1
Ovelles munyides		
L _{nota}	0,00	
Necessitats o recomanacions UFL	2,13	
Necessitats o recomanacions PDI	281,26	
Cl	3,26	
Nec Ca	16,05	
Nec P	9,70	
Mg (g)	45,41	
K (g)	9,74	
Na (g)	2,29	
S (g)	5,31	
Cl (g)	2,40	
Co (mg)	0,80	
Cu (mg)	26,54	
Mn (mg)	132,69	
Zn (mg)	132,69	
I (mg)	1,72	
Se (mg)	0,30	
Mo (mg)	1,33	
Vit A (UI)/kg MST	2400,00	
Vit D (UI)/kg MST	500,00	
Vit E (UI)/kg MST	15,00	
Dades complementàries per al racionament		
Limit tolerància càlcul (%)	13	
MS farratgera % mínim	50,00	
Sistema maneig		Estabir/ovis

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

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. També elegirem el sistema de maneig, que farà canviar les necessitats energètiques.

Dades complementàries per al racionament	
Límit tolerància càlcul (%)	13
MS farratgera % mínim	50,00
Sistema maneig	Establucació

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				Full no protegit, només s'han d'introduir els límits en kg d'ingredient seleccionat i el preu de cadascun d'ells.										ATENCIÓ: UN COP SELECCIONATS ELS INGREDIENTS, ELS SEUS LÍMITS Y EL PREU DE CADASCUN D'ELLS. ENS NEM D'ASSICURAR QUE EL FULL DE CÀLCUL TINGUI EL SOLVER ACTIVAT						
Iniciar càlculs kg fresc a 0	Límits		Càlculs		Preu ingredient €/kg fresc											Límit tolerància càlcul (%)	MS farratgera % mínim			
	kg mín	kg màx	kg fresc	kg MS		% fresc ració	kg fresc total	kg farratge fresc total	kg concentrat fresc total	Aportacions totals UE	kg MS total	kg MS total farratge	kg MS total concentrat	% MS farratge a la ració	PCO			Relació UFL/UEM farratge	Taxa de substitució global	Producció de llet
...	0,00	100,00	0,79	0,25	18,64	4,22	2,90	1,32	3,26	2,05	1,15	64,04	0,36	0,42	0,00	2,03	0,078	0,025	0,045	
...	0,00	5,00	2,11	1,80	50,14	75,87 % MS														
...	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,59 UE/kg MS														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55														
...	0,00	10,00	1,16	1,01	27,38															
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00															
...	0,00	2,00	0,14	0,12	3,37															
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31														
...	0,00	0,01	0,01	0,01	0,24	0,22														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44														
...	0,00	2,00	0,01	0,01	0,23	0,02														
...	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,07														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01														
...	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00														

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 €/ració

La funció objectiu és $\sum_{i=1}^{26} X(i) \times Preu(i)$; 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.

UEM	2,28	3,26	3,26	1,02
UFL	2,64	2,64	2,64	0,82
PDI	176,76	530,28	215,70	67,43
BPR	-8,00	10,00	-8,00	-2,50
Ni	1,75	1,75	5,33	5,33
Ca	14,04	18,05	14,04	4,39
P	8,49	10,91	10,91	3,41
Mg	39,73	51,08	3,34	1,05
K	8,52	10,95	8,07	2,52
Na	2,01	2,58	0,61	0,19
S	4,64	5,97	0,01	0,00
Cl	2,10	2,70	0,05	0,01
Co	0,70	0,90	0,15	0,05
Cu	23,22	29,85	6,25	1,95
Mn	116,10	149,27	96,84	30,27
Zn	116,10	149,27	31,34	9,80
Iode	1,51	1,94	0,00	0,00
Se	0,27	0,34	0,04	0,01
Vit A	2.100,00	2.700,00	90.874,72	28.407,38
Vit D	437,50	562,50	89,85	28,09
Vit E	13,13	16,88	35,98	11,25
AG			18,52	18,52
MNT_PB			350,48	109,56
PDIA			81,13	81,13
dMO		0,53	0,66	0,21
MOD			1.968,83	615,46
EE			88,41	2,76
FB			784,10	245,11
NDF			1574,81	492,28
ADF			865,82	270,66
Lignina			19,74	6,17
cenbres			201,59	63,02
Mo	1,16	1,49	0,73	0,23
DT_N			0,72	0,72
MOF			1.528,53	477,82
MO			3.000,51	937,96
PDI/UFL			81,83	

Per exemple la fila UEM:

UEM	2,28	3,26	3,26	1,02
-----	------	------	------	------

La casella mínim (en aquest cas 2,28) 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 3,26) de la UEM és el càlcul de la capacitat d'ingestió.

La casella Valor (en aquest cas 3,26) de la fila UEM és la de més dificultat. Són les aportacions de UEM que es van calculant, però no només per suma producte de quantitats d'ingredients pel contingut UEM de cadascun d'ells, sinó per la variació que suposa en el total d'UEM 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, 1,02

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

La formació de la restricció UFV:

UFL	2,64	2,64	2,64	0,82
-----	------	------	------	------

Igual que amb les caselles de la UEM, 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, el canvi degut a la proporció de concentrats i, per últim, el canvi a causa del balanç proteic al rumen:

Efecte NI	
NIref	1,75
NI % PV	5,33
dMOm	61,391
Δ dMO_NI	-0,0981
Efecte %Co (PCO)	
PCO	0,36
Δ dMO_CO	-0,03
Efecte balanç proteic rumen	
MNT ingerida	109,56
MOrD o MOF	477,82
MNrD_rumen (MNF) fermentades rumen	79,02
MN alim_duodè (PIA) no ferm a rumen	30,54
MN microbiana intestí ($41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOrD_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$)	79,08
MN endogena	14,20
BPR ració	-14,26
BPR ref	-2,50
Δ dMO_BPR	0,007
Σ dMO x PMO, dMO x ingredient a la ració	
	0,66
Efecte total interaccions	0,53

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 (0,66), i la dMOc, corregida és la que suma els efectes (NI, PCO i BPR) igual, en aquest cas, a 0,53. 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 UFV o 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 $\sum \text{dMO} \times \text{PMO}$ – casella B47 – /valor Efecte total interaccions – casella B48 –). Per tant, a les necessitats UFV o 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, 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	176,76	530,28	215,70	67,43
-----	--------	--------	--------	-------

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:

Dades orientatives	
Ovelles munyides	
CI	3,26
UFL	2,13
PDI	281,26
NecPDI_PUendo	18,72
PDI - NecPDI_PUendo	262,54
EfPDI	0,58

PDI, en el quadre de paràmetres, són el total de necessitats, que inclou les relatives a NecPDI_{PEF} 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 = 0,58.

Ja en el procés de calcular la ració $NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$, 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 (281,26) els restem les NecPDI_{PUendo} (18,72) 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 262,54.

Per tant a les caselles mínim i màxim, el valor 262,54 anirà multiplicat per la relació d'eficiències (0,58/EfPDI), i, com ja hem dit, s'hi sumarà el valor NecPDI_{PEF} 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:

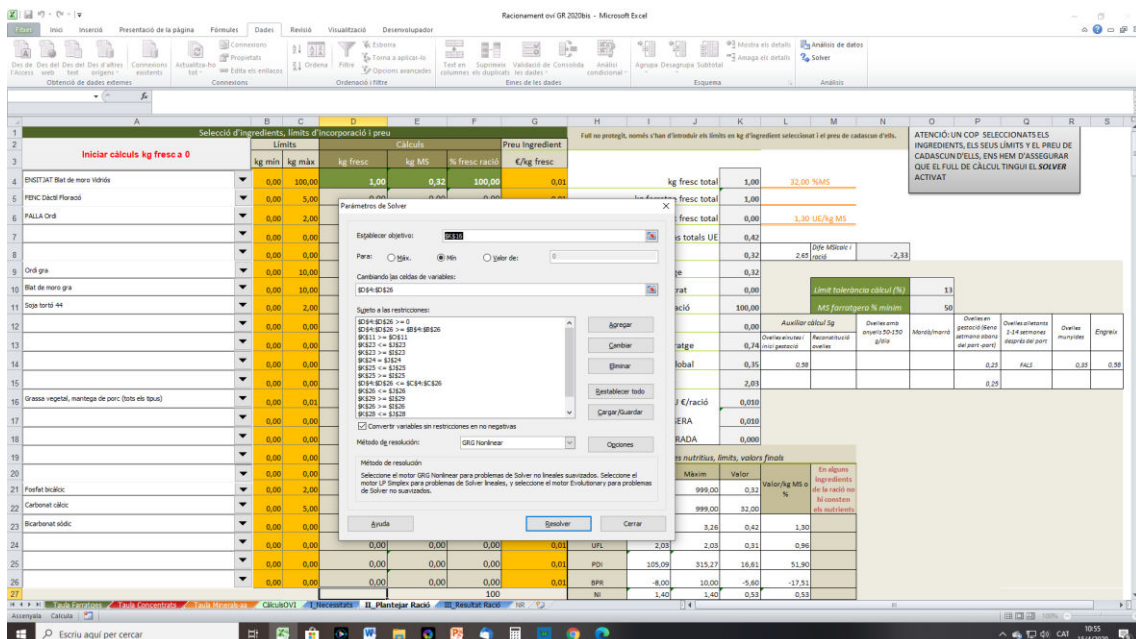
MODc_rumen (MOF corregida)	386,86
PANDI	5,89
dr	0,81
PDIA	24,65
MN microbianes_duodè (corregida)	74,47
PDI = PDIA + MN microbianes_duodè x 0,8 x 0,8	72,31
flux de N duodenal endogen (Actualització)	
MOND = MO - MODc_rumen	551,09
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	45,43
PÈRDUES FECALS ENDÒGENES (PEF) i (NEC_PDI Actualització)	
MNND = 0,163 x MN alim_duodè + 0,20 x MN mic_duodè + 5,7 + 0,074 x MOND	66,35
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	46,48
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)] / EfPDI	149,04
PÈRDUES ENDÒGENES URINÀRIES i (NEC_PDI Actualització)	
log10 NU (N urinari g/dia) log10 NU = - 1,17 + 1,00 x log10 Pv	0,61
NU	4,06
NUNP microbià/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,02
NU endo	3,00
Nec PDI_NU endo	18,72
PÈRDUES NITROGENADES PER L'EPIDERMIS i (Nec_PDI Actualització)	
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	2,33
Nec PDI_P epidèrmiques = 0,2 x Pv0,60 / EfPDI	4,68
Nec_PDI no productives	172,44
Eficàcia de la síntesi proteica en lactació	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI_NU endògenes	196,98
EfPDI = \sum despeses prot/PDI disponible = 0,67 x EXP(-0,007x(PDI-100))	0,84
Bal EN	0,50
bal Proteïna	-65,55
Guany Proteïna	115,00
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Prote) / (PDI disponible)	0,50

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, UFV o 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** *Plantegar 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	3,20	
%MS ració	0,00	999,00	75,87	
UEM	2,28	3,26	3,26	1,02
UFL	2,64	2,64	2,64	0,82
PDI	176,76	530,28	215,70	67,43
BPR	-8,00	10,00	-8,00	-2,50
NI	1,75	1,75	5,33	5,33
Ca	14,04	18,05	14,04	4,39
P	8,49	10,91	10,91	3,41

- 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 GALLEGO, 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. PrévAlim 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 les ruminants 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. PrévAlim de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision 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 Intel·lectual 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.