

*Grup de remugants "Ramon Trias"*

# Racionament alimentari de vaques lleteres

*Basat en INRA-2018*

Antoni Seguí Parpal  
1 de març de 2020

## PRINCIPIS DEL RACIONAMENT

L'aplicació *Racionament vaques de llet 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.

Com hem vingut dient, contràriament a la creença que s'han d'alimentar les vaques segons el seu potencial genètica, INRA diu: *No sempre és possible o desitjable satisfer la totalitat de les necessitats segons les característiques o el potencial animal; pot ser preferible alimentar el remugants amb una ració de composició determinada o predeterminada i avaluar les conseqüències sobre els resultats.*

D'aquesta manera, com es fa a la pràctica habitual en vaques de cria, que a l'hivern, segons Trias, "llegeixen el diari" i s'aprimen fins que surten al prat, a les vaques de llet també s'han d'aprofitar les mobilitzacions de les reserves corporals. La condició corporal pren, per tant, protagonisme en tot el racionament, i durant el cicle productiu anual el racionament s'adapta a la mobilització i a la reconstitució de les reserves corporals (sistema acordió), tant en energia com en proteïna, de tal manera que *el càlcul de la ració ha de preveure les capacitats d'adaptació de l'animal i preveure les respostes associades.*

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<sub>int</sub>, 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  
BPR, balanç proteic al rumen  
bVEc, valor basal d'*encombrement* concentrat  
CC<sub>part</sub>, 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<sub>N</sub>, digestibilitat real de les proteïnes  
DT<sub>N</sub>, 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<sub>metà</sub>, energia que es perd en forma de metà  
ENI, energia neta llet  
EN<sub>mant i carn</sub>, energia neta carn  
E<sub>orina</sub>, energia que es perd per l'orina  
FB, fibra bruta  
I<sub>CI<sub>gest</sub></sub>, índex efecte gestació a la CI  
I<sub>CI<sub>lact</sub></sub>, índex efecte lactació a la CI  
I<sub>CI<sub>maduresa</sub></sub>, índex efecte edat (maduresa) a la CI  
I<sub>CI<sub>PDI</sub></sub>, índex específic contingut proteïnes a la CI, basat en PDI/UFL  
Mg, matèria grassa total a la llet  
MN alim<sub>intestí</sub>, és la proteïna que prové de l'aliment i no s'ha degradat al rumen  
MN endògena<sub>intestí</sub>, és la proteïna endògena que arriba a l'intestí  
MN microbiana<sub>intestí</sub>, 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<sub>int</sub>, NDF digestible a l'intestí  
NecCa<sub>abs</sub>, necessitats en Ca absorbible  
NecMg<sub>abs</sub>, necessitats en Mg absorbible  
NecP<sub>abs</sub>, necessitats en P absorbible  
NecPDI, necessitats en PDI  
NecPDI<sub>creixement</sub>, necessitats de creixement en PDI  
NecPDI<sub>gest</sub>, necessitats de gestació en PDI  
NecPDI<sub>no productives</sub>, necessitats no productives en PDI  
NecPDI<sub>PEF</sub>, necessitats en proteïnes endògenes fecals en PDI  
NecPDI<sub>Peidèrmiques</sub>, necessitats epidèrmiques en PDI  
NecPDI<sub>PI</sub>, necessitats de producció de llet en PDI  
NecPDI<sub>PU<sub>endo</sub></sub>, 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<sub>calculat</sub> Nitrogen urinari  
PDI, proteïna digestible a l'intestí  
PDI\_ut, necessitats en PDI associades a la involució uterina  
PDI\_VPR<sub>pot</sub>, variació potencial de reserves en g PDI/dia  
PDIA, proteïna digestible a l'intestí que prové de l'aliment  
PDI<sub>disp</sub>, 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<sub>ing</sub>, 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<sub>pic</sub>, producció al pic de la lactació  
PI<sub>pot</sub>, producció de llet potencial  
PI<sub>pot\_305</sub>, producció de llet d'una vaca a 305 dies de lactació  
PI<sub>pot\_multy</sub>, producció potencial de llet per dia a una determinada setmana de lactació, múltiples  
PI<sub>pot\_primy</sub>, producció potencial de llet per dia a una determinada setmana de lactació, primíparas  
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<sub>pot</sub>, 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

## LA PRODUCCIÓ DE LLET POTENCIAL I LA VARIACIÓ DE LES RESERVES CORPORALS

### PRODUCCIÓ DE LLET AL LLARG DEL CICLE PRODUCTIU ANUAL

La producció de llet depèn de la capacitat de la glàndula mamària i dels nutrients disponibles. La glàndula es forma i durant el cicle gestació-lactació desenvolupa el seu teixit secretor, d'aquí la

importància de mantenir un **període d'eixugat** per la reorganització. La síntesi de llet depèn de la disponibilitat de nutrients provinents dels aliments i eventualment complementats per la mobilització de les reserves corporals.

La producció potencial de llet ( $PI_{pot}$ ) serveix per planificar el racionament, i la real ( $PI$ ) ens serveix per fer un bon seguiment de la ració.

$$PI_{pot} = f(\text{potencial genètic, nombre de lactació, estat lactació, estat gestació}) + f(\text{condicions del lloc})$$

La producció màxima dins d'una lactació ( $PI_{pic}$ ) la podem estimar a partir del control lleter:

Producció a 305 dies ( $PI_{pot\_305}$ )

Taxa de greix mitjana de la lactació (tg), g/kg

Taxa de proteïna mitjana de la lactació (tp), g/kg

El càlcul de la producció prevista al pic:

$$PI_{pic} = PI_{pot\_305} \times (1 + 0,0055 \times (tg - 40) + 0,0033 \times (tp - 31)) / 260 \text{ a primíparas}$$

$$PI_{pic} = PI_{pot\_305} \times (1 + 0,0055 \times (tg - 40) + 0,0033 \times (tp - 31)) / 230 \text{ a múltipares}$$

A partir d'aquí podem calcular la producció potencial a qualsevol setmana de la lactació, producció que servirà per planificar el racionament;  $PI_{pot\_prim}$  producció de llet en primíparas prevista a la setmana de lactació  $sl$ ;  $PI_{pot\_mult}$  producció de llet en múltipares prevista a la setmana de lactació  $sl$ ;  $sg$  és la setmana de gestació.

$$PI_{pot\_prim} = PI_{pic} \times (-0,55 + (1,66 \times \exp^{-0,0065 \times sl}) - (0,72 \times \exp^{-0,44 \times sl}) - (0,69 \times \exp^{-0,16 \times (45 - sg)}))$$

$$PI_{pot\_mult} = PI_{pic} \times (-0,83 + (1,92 \times \exp^{-0,0083 \times sl}) - (0,74 \times \exp^{-0,88 \times sl}) - (0,50 \times \exp^{-0,12 \times (45 - sg)}))$$

La setmana de gestació la podem calcular a partir de la setmana de fecundació  $sl_{fecundació}$

$$sg = (sl + 1) - sl_{fecundació}$$

La producció potencial diària a la setmana de lactació  $sl$  per als càlculs està expressada a 4% de tg i a 3,1% de tp.

Per a cada setmana de lactació es poden preveure també les taxes de greix i de proteïna, així com la matèria grassa i la matèria proteica totals, essent  $tg_{m\_pot}$  la taxa de greix mitjana de la lactació i  $tp_{m\_pot}$  la taxa de proteïna mitjana de l'exploació:

$$tg_{pot} = tg_{m\_pot} \times (0,87 + (0,52 \times \exp^{-0,62 \times sl}) + (0,005 \times sl))$$

$$tp_{pot} = tp_{m\_pot} \times (0,9 + (0,60 \times \exp^{-0,78 \times sl}) + (0,006 \times sl))$$

$$Mg_{pot} = tg_{pot} \times PI_{pot\_mult} \text{ (o } PI_{pot\_prim})$$

$$Mp_{pot} = tp_{pot} \times PI_{pot\_mult} \text{ (o } PI_{pot\_prim})$$

---

## VARIACIÓ DE LES RESERVES CORPORALS

Inici lactació: flux metabòlic augmenta a causa de la mobilització de les reserves per tal de subministrar nutrients a la glàndula mamària per a la síntesi de llet (energia i també proteïnes).

A partir dels tres mesos de lactació: restauració progressiva de les reserves corporals, amb l'objectiu de que en el part hagi recuperat l'estat de condició corporal.

Aquest cicle de mobilització i recuperació s'ha d'integrar al racionament de vaques de llet, no només en les vaques de cria.

Mobilització total tres primers mesos de lactació: l'aportació d'energia va de 100 a més de 400 UFL i ho expressem així, **UFL\_VPR<sub>pot</sub>**, és la variació potencial de reserves i s'integra en la diferència entre les necessitats a partir de  $PI_{pot}$  i les aportacions de la ració. **UFL\_VPR<sub>pot</sub>** es calcula a partir de la condició corporal al part, calculant la condició corporal a la setmana de lactació per a la qual racionem o determinem la producció de llet potencial. En el postpart hi ha mobilització de reserves i, més enllà del pic hi ha reconstitució de reserves.

El model considera que l'amplitud de la mobilització augmenta amb la  $PI_{pic}$  i la condició corporal al part  $CC_{part}$ . La condició corporal va de 0 a 5.

Si  $CC_{part} < 1,5$  no hi ha mobilització i  $UFL\_VPR_{pot} = 0$ . El model està construït de manera que l'integral sobre el conjunt del cicle (52 setmanes) sigui igual a 0. Les quantitats d'energia mobilitzada després de la seua reconstitució són idèntiques.

El paràmetre **A** varia segons la paritat, i significa o caracteritza la intensitat de la variació de les reserves corporals, i el **B** modula la durada de la fase de mobilització, essent una funció inversa de la nota de la condició corporal al part, com més grassa la vaca la mobilització dura més.

$A = -9,5 + 0,4 \times PI_{pic} + 1,89 \times CC_{part}$  (primíparaes);  $A = -13,2 + 0,4 \times PI_{pic} + 1,89 \times CC_{part}$  (multíparaes)

$B = 1/CC_{part}$

K (paràmetre que serveix per obtenir un valor nul de la integral de  $UFL\_VPR_{pot}$  durant les N setmanes de lactació (que fixen en 52)

$K = A/(52 \times B)$

$UFL\_VPR_{pot} = -k + (A/(1-B)) \times (\exp^{-B \times sl} - \exp^{-sl})$

Per altra banda, les variacions potencials de proteïna s'associen a les variacions d'energia, aproximadament hi ha una variació de 33 g PDI/UFL i una suplementació en les dues primeres setmanes de lactació associades a la involució uterina ( $PDI_{ut}$ ), de manera que la variació potencial de proteïna a la setmana de lactació  $sl$  especificada en la variació energètica **PDI\_VPR<sub>pot</sub>** serà així:

$PDI\_VPR_{pot} = PDI_{ut} + 33 \times UFL\_VPR_{pot}$

$PDI_{ut}$  igual a 100 g PDI/dia a la primera setmana i 50 g PDI/dia a la segona setmana de lactació.

#### EXEMPLES:

Per al càlcul de les necessitats les dades següents són necessàries.

Per a una vaca de 56 mesos d'edat, 700 kg **pes viu**, amb **pes** aproximat dels **vedells en néixer** de 42 kg,  $PI_{pot\_305} = 9.200$  kg,  $tg_{mitjana} = 3,9$  %,  $tp_{mitjana} = 3,3$  %, amb una condició corporal al part  $CC_{part} = 3$ .

Primer exemple, la vaca es troba a la segona setmana de lactació:

La producció màxima potencial diària al 4%  $tg$  i 3,1%  $tp$  ( $PI_{pic} = 40,04$  kg)

La producció diària al 4%  $tg$  i 3,1%  $tp$  a la setmana de lactació  $sl = 2$  ( $PI_{pot\_mult} = 37,19$  kg)

La variació d'energia a causa de la mobilització/reconstitució serà:

$UFL_{VPR_{pot}} = 4,32$  UFL/dia, i la variació proteica serà:

$PDI_{VPR_{pot}} = 192,69$  g PDI/dia

Això significa que la vaca *aporta* diàriament 4,32 UFL i 192,69 g PDI.

Segon exemple, la vaca es troba a la 25èna setmana de lactació, i es va fecundar a la 13ena setmana de lactació.

La setmana gestació (sg) calculada serà la 13èna.

La producció diària al 4% tg i 3,1% tp a la setmana de lactació sl = 25 ( $PI_{pot\_mult} = 28,81$  kg)

La variació d'energia a causa de la mobilització/reconstitució serà:

$UFL_{VPR_{pot}} = -0,49$  UFL/dia, i la variació proteica serà:

$PDI_{VPR_{pot}} = -16,06$  g PDI/dia

Això significa que la vaca *necessita* diàriament per reconstruir 0,49 UFL i 16,06 g PDI.

## EVOLUCIÓ DE LA CONDICIÓ CORPORAL

La capacitat d'ingestió de la vaca està lligada, diàriament, durant cada setmana de lactació al pes viu de la vaca adulta, a la producció diària durant la setmana i a la condició corporal determinada/calculada per a aquesta setmana de lactació.

La  $CC_{pot}$  a la setmana de lactació sl serà igual a:

$$CC_{pot}(sl) = CC_{part} - (7/206) \times ((A/B) - K \times sl + (A/(1 - B)) \times ((\exp^{-sl}) - \exp^{-B \times sl})/B))$$

A l'exemple i per a la segona setmana de lactació  $CC_{pot} = 2,78$

I a la setmana 25  $CC_{pot} = 2,55$ .

1 punt CC mobilitza o reconstitueix 206 UFL

## NECESSITATS

### ENERGIA

Les necessitats en energia (NecUFL) totals per dia, en UFL, són la suma de les següents parts:

$$NecUFL = NecUFL_{mant} + NecUFL_{creixement} + NecUFL_{PI} + NecUFL_{gest}$$

Manteniment:  $NecUFL_{mant} = 0,0536 \times Pv^{0,75} \times I_{act}$

Pv és el pes viu en kg

$I_{act}$  és un índex de l'activitat de la vaca: estabulació travada (0,95), estabulació lliure (1), pastura pla (1,1), pastura zones muntanyoses o llargues distàncies (1,2), pastura muntanyes amb pendents altes (1,3).

Creixement: NecUFL\_{creixement} són funció de l'edat (mesos) en particular en vaques primíparas, i, en general, per vaques amb menys de 40 mesos.

$$\text{NecUFL}_{\text{creixement}} = 3,14 - (0,077 \times \text{edat})$$

$$\text{Producció de llet: NecUFL}_{\text{PI}} = \text{PI} \times (0,42 + (0,0053 \times (\text{tg} - 40)) + (0,0032 \times (\text{tp} - 31)))$$

tg i tp en g/kg

$$\text{Necessitats de gestació: NecUFL}_{\text{gest}} = 0,000695 \times \text{Pv}_{\text{vedell}} \times \exp^{(0,116 \times \text{sg})}$$

## PROTEÏNES

Per a vaques que produeixen  $\text{PI}_{\text{pot}}$  amb una  $\text{PDI}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$  corresponent a un estat de lactació, l'eficiència proteica (EfPDI) té un valor de referència de 0,67. No obstant, tota diferència entre les necessitats lligades al potencial ( $\text{PI}_{\text{pot}}$ ,  $\text{UFL}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$  i  $\text{PDI}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$ ) i les aportacions en PDI té influència sobre la producció i la composició de llet, i, en conseqüència, sobre l'EfPDI. L'eficiència o eficàcia d'ús és comuna a tots els processos de síntesi proteica. EfPDI d'una ració no es pot calcular més que al final del procés iteratiu, excepte en el cas en que les aportacions permetin cobrir les necessitats de producció potencial (situació de referència), o quan la ingestió de PDI i la producció de proteïnes a la llet són conegudes.

Les necessitats totals en proteïnes (NecPDI) són la suma dels següents conceptes:

$$\text{NecPDI} = \text{NecPDI}_{\text{no productives}} + \text{NecPDI}_{\text{creixement}} + \text{NecPDI}_{\text{PI}} + \text{NecPDI}_{\text{gest}}$$

Les necessitats no productives, ahora, són:

$$\text{NecPDI}_{\text{no productives}} = \text{NecPDI}_{\text{PU}_{\text{endo}}} + \text{NecPDI}_{\text{P}_{\text{epidèrmiques}}} + \text{NecPDI}_{\text{PEF}}$$

$\text{NecPDI}_{\text{PU}_{\text{endo}}}$  proteïnes endògenes *turn-over* corporal = **0,312 x Pv**; no depenen de l'eficiència proteica (EfPDI).

$$\text{NecPDI}_{\text{P}_{\text{epidèrmiques}}} \text{ proteïnes produccions epidèrmiques} = \mathbf{(0,2 \times \text{Pv}^{0,6}) / \text{EfPDI}}$$

$\text{NecPDI}_{\text{PEF}}$  proteïnes endògens fecals = **MSI x (5 x (0,57 + 0,0074 x MOND)) / EfPDI** (no és possible calcular  $\text{NecPDI}_{\text{PEF}}$  independentment de la ració ingerida); MSI és la matèria seca ingerida, MOND és la matèria orgànica no digestible.

$\text{NecPDI}_{\text{creixement}}$  són funció de l'edat, sobretot en primíparas, en mesos,

$$\text{Si edat} > 40, \text{NecPDI}_{\text{creixement}} = 0$$

$$\text{Si edat} > 40, \text{NecPDI}_{\text{creixement}} = (270 - 6,66 \times \text{edat}) / \text{EfPDI}$$

$\text{NecPDI}_{\text{PI}}$ , són les necessitats de produir llet  $\text{NecPDI}_{\text{PI}} = (\text{PI} \times \text{tp}) / \text{EfPDI}$ , tp en g/kg

$\text{NecPDI}_{\text{gest}}$ , són les necessitats de gestació

$$\text{NecPDI}_{\text{gest}} = (0,0448 \times \text{Pv}_{\text{vedell}} \times \exp^{(0,111 \times \text{sg})}) / \text{EfPDI}$$

Per calcular les necessitats en PDI d'una vaca amb un règim determinat, s'han de calcular per a un equilibri que permeti la producció MP potencial, on EfPDI = 0,67. En el racionament, si les aportacions PDI i UFL no cobreixen les necessitats calculades a  $\text{PI}_{\text{pot}}$ , la resposta marginal de la secreció de proteïnes s'estima a partir de les equacions del balanç:

El balanç energètic està lligat a la ingestió d'energia (UFL x MSI), a la variació potencial de les reserves corporals ( $\text{UFL}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$ ) i a les necessitats teòriques o potencials calculades:



$$\text{balUFL}_{\text{teòric}} = (\text{UFL} \times \text{MSI}) + \text{UFL\_VPR}_{\text{pot}} - \text{NecUFL}_{\text{pot}}$$

De la mateixa manera el balanç proteic:

$$\text{balPDI}_{\text{teòric}} = (\text{PDI} \times \text{MSI}) + \text{PDI\_VPR}_{\text{pot}} - \text{NecPDI}_{\text{pot}}$$

Aquesta resposta permet calcular la producció MP de la llet, i, en conseqüència, la EfPDI en el sí d'una ració.

---

## MINERALS

El Ca, el P i el Mg tenen uns coeficients d'absorció de 0,40, 0,65 i 0,16, respectivament. Les necessitats en Ca absorbible són:

$$\text{NecCa}_{\text{abs}} = (0,663 \times \text{MSI}) + (0,008 \times \text{Pv}) + (1,25 \times \text{PI}) + 23,5 / (1 + \exp^{(18,8 - 5,3 \times \ln(\text{sg}))}) + \text{NecCa}_{\text{abs\_creixement}}$$

$$\text{NecCa}_{\text{abs\_creixement}} = -0,189 \times \text{edat} + 8,03, \text{edat} < 40$$

Després si ho expressem en Ca les NecCa =  $\text{NecCa}_{\text{abs}}/0,40$

Les necessitats en P absorbible són:

$$\text{NecP}_{\text{abs}} = (0,83 \times \text{MSI}) + (0,002 \times \text{Pv}) + (0,9 \times \text{PI}) + 7,38 / (1 + \exp^{(19,1 - 5,46 \times \ln(\text{sg}))}) + \text{NecP}_{\text{abs\_creixement}}$$

$$\text{NecP}_{\text{abs\_creixement}} = -0,115 \times \text{edat} + 4,76, \text{edat} < 40$$

Com abans amb el Ca, les necessitats en P seran NecP =  $\text{NecP}_{\text{abs}}/0,60$

Les necessitats en Mg absorbible són:

$$\text{NecMg}_{\text{abs}} = 0,011 \times \text{Pv} + \text{NecMg}_{\text{abs\_creixement}} + 0,14 \times \text{PI} + 0,30 \text{ (darrer terç de la gestació)}$$

$$\text{NecMg}_{\text{abs\_creixement}} = 0,4 \times \text{kg d'augment de pes}$$

$$\text{NecMg} = \text{NecMg}_{\text{abs}}/0,16$$

---

## RESPOSTES A LA PRODUCCIÓ

El sistema INRA permet preveure la ingestió i la producció. Els balanços en energia i proteïna teòrics corresponen a les diferències entre aportacions i necessitats lligades a la producció de llet, incloent-hi les variacions potencials de les reserves corporals, tant positives com negatives, tal com ja hem explicat:

$$\text{balUFL}_{\text{teòric}} = (\text{UFL} \times \text{MSI}) + \text{UFL\_VPR}_{\text{pot}} - \text{NecUFL}_{\text{pot}}$$

$$\text{balPDI}_{\text{teòric}} = (\text{PDI} \times \text{MSI}) + \text{PDI\_VPR}_{\text{pot}} - \text{NecPDI}_{\text{pot}}$$

Aquests balanços es calculen per preveure la resposta de la producció de llet segons el seu potencial, però no tenen res a veure sobre el balanç final, que depèn de la ració i de la resposta del animal.

$$\text{resp\_MP} = ((\text{PI}_{\text{pot}} \times \text{tp}_{\text{pot}})/850) \times (49,6 + (50 \times \text{balUFL}_{\text{teòric}})) - (71,5 \times \ln(1 + \exp^{((\text{balUFL}_{\text{teòric}} - 0,014 \times \text{CPDI})/1,43)}))$$

$$\text{CPDI (coeficient de resposta)} = (0,3 \times \text{balPDI}_{\text{teòric}}) - (0,0001 \times \text{balPDI}_{\text{teòric}}^2)$$

$\text{PI}_{\text{pot}}$  kg/dia;  $\text{tp}_{\text{pot}}$  g/kg, i balanços en g/dia

$$\text{resp\_PI} = 0,029 \times \text{resp\_MP}$$

$$\text{PI} = \text{PI}_{\text{pot}} + \text{resp\_PI}$$

$$\text{MP} = \text{PI}_{\text{pot}} \times \text{tp}_{\text{pot}} + \text{resp\_MP}$$

$$\text{tp} = \text{MP}/\text{PI}$$

## INGESTIÓ

La capacitat d'ingestió d'una vaca en producció és funció del pes viu, de la producció potencial de llet per dia a la setmana en qüestió, de la condició corporal i està afectada per diferents índexs.

$$\text{CI} = (14,25 + 0,015 \times (\text{Pv} - 600) + 0,11 \times \text{PI}_{\text{pot}} + (2,5 - \text{CC})) \times \text{I\_Cl}_{\text{lact}} \times \text{I\_Cl}_{\text{gest}} \times \text{I\_Cl}_{\text{maduresa}} \times \text{I\_Cl}_{\text{PDI}}$$

$\text{I\_Cl}_{\text{lact}}$ , índex efecte inici lactació =  $a + (1 - a) \times (1 - \exp^{(-0,25 \times \text{sl})})$ ,  $a = 0,6$  (primíparas),  $a = 0,7$  (multíparas)

$\text{I\_Cl}_{\text{gest}}$ , índex efecte gestació =  $0,8 + 0,2 \times (1 - \exp^{(-0,25 \times (40 - \text{sg}))})$

$\text{I\_Cl}_{\text{maduresa}}$ , índex efecte edat (maduresa) =  $-0,1 + 1,1 \times (1 - \exp^{(-0,08 \times \text{edat})})$ , edat en mesos

$\text{I\_Cl}_{\text{PDI}}$ , índex específic contingut proteïnes =  $0,91 + 0,115 / (1 + \exp^{(0,13 \times (90 - (\text{PDI}/\text{UFL}))})$ , (basat en PDI/UFL en el sí de la ració).

## VALOR D'ATIPAMENT DEL CONCENTRAT

Si el valor d'atipament d'un farratge és una dada fixa, el valor d'atipament d'un concentrat per a les vaques lleteres és una funció complexa que combina els valors d'atipament dels farratges de la ració i del concentrat, així com els estats energètic i proteic de la vaca que rep el règim alimentari. El valor d'atipament del concentrat és el producte de la taxa de substitució global del farratge al concentrat ( $\text{Sg}(\text{PCO})$ ) i del valor d'atipament mitjà ponderat dels farratges. PCO és la proporció de MS concentrats a la ració. La taxa de substitució és la quantitat de MS farratgera que desplaça en el sí d'una ració en incorporar un kg de MS concentrat. La vaca per exemple podria menjar 12 kg MS d'un raigràs fulla si se'l subministra *ad libitum*, si a la vaca se la subministra un kg de pinso, es menjarà el pinso i deixarà de menjar una part del farratge que si fos l'únic aliment en menjaria 12 kg. Si, suposem que en deixa de menjar 0,5 kg, la taxa de substitució seria  $0,5/1 = 0,5$ .

La taxa de substitució de les vaques lleteres depèn principalment dels estats energètic i proteic. És una funció logística (forma sigmoide) que simula l'augment de la taxa de substitució quan augmenta el balanç energètic; el valor mínim  $S_0$  correspon al valor d'atipament físic del concentrat (bVEc, a taules) (veure document sobre la valoració nutritiva) i el valor màxim  $S$  correspon a una substitució energètica de 1 UFL de farratge per 1 UFL de concentrat. El punt d'inflexió (PI) és modulad per la relació PDI/UFL, la substitució serà, per tant, més feble quan la densitat proteica de la ració és alta.

$$\text{Sg}(\text{PCO}) = (S - S_0) \times (1 + (1 / (9,5 \times \text{PCO}))) \times \ln((d \times \exp^{(9,5 \times (\text{R}_{\text{PCO}} - \text{PCO}))} + 1) / (d \times \exp^{(9,5 \times \text{R}_{\text{PCO}}} + 1))) + S_0$$

$$S_0 = \text{bVEc}/\text{UEf}$$

$$S = \text{UFLc}/\text{UFLf}$$

$$d = ((S - S_0) / (\text{P}_{\text{inflexió}} - S_0)) - 1$$

$$\text{P}_{\text{inflexió}} = 0,4 + 0,4 / (1 + \exp^{(0,15 \times (\text{PDI}/\text{UFL} - 100)})$$

PDI/UFL és la relació entre els continguts de la ració.

$\text{R}_{\text{PCO}}$  representa la proporció teòrica de concentrat (PCO) necessària per atendre l'equilibri entre aportacions i necessitats energètiques lligades a la producció de llet potencial, un cop restada la variació

potencial d'energia de les reserves corporals (UFL\_VPR<sub>pot</sub> en UFL/dia). El que es pretén és calcular R<sub>PCO</sub>. Els càlculs d'una ració, pel que fa a la capacitat d'ingestió, per tal d'acomplir amb les necessitats energètiques i proteiques, comencen amb PCO = 0, si amb els farratges sols s'acompleixen les necessitats R<sub>PCO</sub> = 0. A partir d'aquí, en el cas de no abastar amb els farratges, es va incorporant concentrats (PCO > 0) fins arribar a un punt en què R<sub>PCO</sub> = PCO i s'acompleixin les necessitats. Evidentment, la incorporació de concentrats deprimeix la digestibilitat i s'entra en múltiples iteracions.

Les reserves corporals al postpart són importants, ja que quan fon greixos la vaca aporta UFL i aquesta aportació farà que el valor R<sub>PCO</sub> disminueixi del que seria en altres condicions. Per això al postpart la taxa de substitució simulada és més alta tot i un balanç energètic negatiu en aquest període.

El valor de R<sub>PCO</sub> es calcula de la següent manera:

$$R_{PCO} = ((CI \times UFLf/UEf) - (NecUFL - UFL\_VPR_{pot})) / ((NecUFL - UFL\_VPR_{pot}) \times (Sg(R_{PCO}) - 1) - ((CI/UEf) \times (UFLc - UFLf)))$$

R<sub>PCO</sub> amb bons farratges i vaques amb baixa producció o seques pot ser negatiu, simulant valors d'atipament alts en els concentrats.

Per a seques es considera Pl<sub>pot</sub> = 0. El valor de Sg(R<sub>PCO</sub>) és un cas particular de Sg(PCO) amb PCO = R<sub>PCO</sub>. Per tant l'equació,

$$Sg(PCO) = \left( (S - S_0) \times \left[ 1 + \frac{1}{(9,5 \times PCO)} \times \ln \left( \frac{d \times EXP^{-9,5 \times (R_{pco} - PCO)} + 1}{d \times EXP^{(9,5 \times R_{pco})} + 1} \right) \right] \right) + S_0$$

Quedarà així:

$$Sg(R_{pco}) = \left( (S - S_0) \times \left[ 1 + \frac{1}{(9,5 \times R_{pco})} \times \ln \left( \frac{d + 1}{d \times EXP^{(9,5 \times R_{pco})} + 1} \right) \right] \right) + S_0$$

Un cop s'hagi arribat al punt de retrobament, la ració té una taxa de substitució global Sg(PCO) on PCO és R<sub>PCO</sub> i el valor d'atipament de la quantitat de concentrat a la ració és UEc = UEf x Sg(PCO).

UEc varia segons els tipus de farratges i les proporcions i composicions dels concentrats a la ració. Amb règims rics en proteïnes, Sg augmenta menys ràpid amb el nivell d'aportacions de concentrats que en els règims pobres en proteïnes. De la mateixa manera, amb un farratge molt energètic (EBM) el valor d'atipament del concentrat té una tendència a augmentar més ràpidament amb el nivell d'aportacions de concentrat que amb un farratge de menys qualitat.

Per calcular la MSI (kg MS/dia) la fórmula general del sistema d'UE és la que s'empra:

$$MSI = CI / (UEf \times (1 - PCO) + UEc \times PCO)$$

En els següents capítols que dediquem a l'aplicació RACIONAMENT DE VAQUES DE LLET anirem explicant els diferents càlculs.

## BASES DEL RACIONAMENT

Primer calculem les necessitats de la vaca (UFL, PDI, Ca i P) i la capacitat d'ingestió en UE. 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/UFL, i els continguts PDI i UFL no són la suma producte de les quantitats d'ingredients pel valor nutritiu dels mateixos en PDI i UFL, sinó que segons el nivell d'ingestió, que a la vegada canvia a mesura que entra concentrat a la ració, 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  $\text{MNT}(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}}$  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  $(\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UF}$ . 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 quantitatius 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

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

Cada ingredient farratger té un valor N<sub>ref</sub> a les taules i tots els concentrats tenen N<sub>ref</sub> = 2. La ració (combinació de farratges i concentrats) tindrà un valor N<sub>ref</sub> igual a suma producte de les quantitats i els N<sub>ref</sub>. Per exemple, N<sub>ref</sub> = 1,77.

La vaca menjarà d'aquesta ració, per exemple, 24,52 kg MS i si la vaca pesa 650 kg, el NI de la ració serà:

$$NI = 24,52 \times 100/700 = 3,77$$

Hi ha una diferència evident entre el calculat i el real, per tant, la interacció sobre la dMO s'expressa així:  $\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - N_{ref})/100 = -2,74 \times (3,77 - 1,77)/100 = -0,054806366$ , valor que resta a la dMO<sub>m</sub>

### 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:

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

Si a la ració formulada PCO = 0,49,  $\Delta dMO_{CO} = -6,5/(1 + (0,35/0,49)^3)/100 = -0,0479722$  valor que resta a la dMO<sub>m</sub>

### 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<sub>ingerida</sub> és un valor que s'obté dels càlculs de la ració, i a l'exemple és igual a **157,21**
2. MN<sub>alim\_intestí</sub> (Proteïnes alimentàries no fermentades al rumen) = MNT<sub>ingerida</sub> × (1 - DT<sub>N</sub>)
  - a. DT<sub>N</sub>, 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<sub>N</sub> de la ració és 0,67.  
MN<sub>alim\_duodè</sub> = **52,30**
3. MN<sub>microbiana\_intestí</sub> = 41,7 + 71,9 × 10<sup>-3</sup> × MOrD<sub>rumen</sub> + 8,40 × PCO
  - a. MOrD<sub>rumen</sub>, 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 588,83

$$MN_{microbiana\_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 588,83 + 8,40 \times 0,49 = \mathbf{87,20}$$

4. MN<sub>endògena</sub> es considera un valor fixo igual a **14,20**
5. BPR = 157,21 - (52,30 + 87,20 + 14,20) = 3,52

El BPR calculat a la ració (cada ingredient ve caracteritzat pel seu valor BPR) en el nostre cas és igual a 11,85 (BPR<sub>ref</sub>).

La interacció de la BPR sobre la dMO:  $\Delta dMO_{BPR} = 0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = 0,060 \times (3,52 - 11,85)/100 = -0,005$

Les tres interaccions seran  $-0,054806366 - 0,0479722 - 0,005 = -0,107778566$

Aquest valor farà que la digestibilitat de la MO corregida per les interaccions  $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = dMO - 0,107778566$ .

La ració formulada té una dMO calculada ja que cada ingredient té la seva dMO, i en l'exemple serà igual a 0,79, per tant  $dMO_c = 0,79 - 0,107778599 = 0,68$ . Evidentment, aquí s'entra directament a les iteracions ja que la realitat no es basa en  $dMO = 0,79$  sinó en  $dMO_c = 0,68$ .

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  $dMO = 0,79$ , i ara la  $dMO_c$  va variant en funció del NI, de PCO i de BPR, per tant a la restricció energètica podem posar el següent:

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

## EFICÀCIA DE LA SÍNTESI PROTEICA EN LACTACIÓ

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  $PDI_{ing} = 2.327,13$  g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 650 = 202,8 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 2.327,13 - 202,8 = 2.124,33 \text{ g.}$$

L'EfPDI és igual a **despeses proteiques/PDI<sub>disp</sub>**

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

### 1. Mètode A

- Primer s'ha de calcular el balanç energètic de la ració (balUFL), que és igual a les aportacions UFL de la ració més les *aportacions* de les reserves corporals (UFL\_VPR que poden ser + o -) menys les necessitats UFL calculades: a l'exemple,  $balUFL = 28,63 + (-0,69) - 25,08 = 2,86$  UFL.

- 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:

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + Mp + balPDI)/PDI_{disp}$$

$P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times MOND$ ; MOND, matèria orgànica no digestible, igual a  $(MO - MODc)$ ; MODc és la MO corregida per les interaccions (NI, PCO i BPR). MO la traiem directament dels càlculs ( $MO = 853,48$ ), la MODc és la MO (directament dels càlculs) corregida per  $dMO_c$ ,  $MO - MOND = 853,48 - 588,83 \times dMO_c/dMO = 853,48 - 588,83 \times 0,69/0,79 = 339,18$  g PDI, i  $P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times 339,18 = 8,2$  g PDI

$P_{epidèrmiques} = 0,2$  g PDI/kg  $Pv^{0,60} = 0,2 \times 650^{0,60} = 9,74$  g PDI

$Mp =$  producció de llet  $\times$  tp =  $36,38 \times 31 = 1.127,83$  g PDI

balPDI = Aportacions PDI + aportacions reserves corporal (PDI\_VPR) – Necessitats calculades = 2.327,13 + (- 22,76) – 1.973,87 = 330,5 g PDI

**PDI<sub>disp</sub> = 2.124,33 g PDI**

**EfPDI = (8,2 + 9,74 + 1.127,83 + 330,5)/2.124,33 = 0,69.**

- c) Si el balanç energètic és negatiu, el balanç proteic (balPDI) és una aportació i els eu valor absolut s'ajunta a les PDI<sub>ing, i</sub>, en conseqüència EfPDI es calcula així:

$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + Mp)/(PDI_{disp} + balPDI)$ .

## 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<sub>100</sub> és l'eficàcia quan la PDI de la ració és 100 g/kg MS, PDI és el contingut en g/kg MS.

Per a les vaques lleteres l'equació és la següent:  **$EfPDI = 0,67 \times \exp^{-0,007 \times (PDI - 100)}$**

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 ( $NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MONDc)) / EfPDI$ ), però per a una EfPDI = 0,67 les necessitats associades a la proteïna endògena fecal tenen una mitjana de 19,8, que és el valor que fem per al càlcul.

En la formació de proteïnes productives i no productives (excepte les endògenes fecals) es considera per al càlcul de necessitats EfPDI = 0,67. Hi afegim a les necessitats les NecPDI<sub>PEF</sub> amb la MSI real, l'EfPDI real i la MOND corregida, per tant les restriccions de la proteïna queden així:

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

De fet, a l'aplicació el valor de les NecPDI calculades es disgrega en dos sumatoris: NecPDI<sub>PUendo</sub> que no està afectat per l'eficiència EfPDI, i la resta (NecPDI – NecPDI<sub>PUendo</sub>) que tota ella està afectada per l'EfPDI, i, per tant, a la restricció aquesta resta es multiplica per 0,67 i es divideix per EfPDI de la ració, que s'obté iterativament.

## BPR, BALANÇ PROTEIC AL RUMEN

A l'aplicació el càlcul del BPR<sub>ref</sub> es fa com als altres nutrients, i pel que fa a les restriccions posem la següent restricció:

$$0 \leq \sum_i Xi \times BPRref_i \leq 30$$

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. Per a les vaques d'alt nivell productiu s'aconsella un rang de - 8 a 0, i per animals poc productius de - 15/-20 a - 8.

## LA RESTRICCIÓ DE LA INGESTIÓ

En el càlcul teòric de la CI no hem inclòs l'índex  $I_{CI_{PDI}}$  i en les restriccions l'afegim a la CI prèviament calculada, i també donem un marge entre 90% i 110% de la CI.

El valor total en UE que volem que estigui entre aquests dos límits és la suma de les aportacions en UE dels farratges (UE) + aportacions en UE dels concentrats

Suposem un sol farratge (UEf = 1,1) i un sol concentrat: el farratge *ad libitum* i com a únic aliment podria ser consumit en una quantitat igual CI/UEf, si CI = 17 UE,  $17/1,1 = 15,45$  kg MSf total i aportaria  $15,45 \times 1,1 = 16,995$  UE

La ració que cobreix les necessitats energètiques conté 18 kg MS està composta per 20% de Co i 80% Fa, i la taxa de substitució és igual a 0,30 kg MSf/kg MSc

Aportacions UE del farratge =  $(1 - 0,20) \times 20 \times \text{UEf} = (1 - 0,20) \times 18 \times 1,1 = 15,84$  UE

Aportacions UE del concentrat =  $(1 - 0,20) \times 20 \times (0,20/(1 - 0,20)) \times 0,30 \times 1,1 = 1,32$  UE

Les aportacions UE totals seran 17,16 UE.

[Aportacions UEf + aportacions UEf x (PCO/(1 - PCO) x Sg) aquest valor ha d'estar entre els límits establerts.

## CALCI, FÒSFOR I MAGNESI

Les necessitats en Ca, P i Mg tenen un sumand que és funció de la MSI, en el càlcul hem introduït una fórmula per calcular la capacitat d'ingestió en MS, i en posar les restriccions s'ajusten les necessitats a la MSI de la ració calculada.

La CI en MS =  $0,372 \times \text{PI}_{\text{pot}} + 0,0968 \times \text{Pv}^{0,75} \times (1 - \exp^{-0,192 \times (\text{si}+3,67)})$

## L'APLICACIÓ RACIONAMENT VAQUES DE LLET 2020

L'aplicació *Racionament vaques de llet 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; El grup 0: Taula de Farratges, Taula de Concentrats, Taula de Minerals; el grup per al càlcul d'una ració: **I\_Necessitats**, **II\_Plantejar Ració**, **III\_Ració calculada**, **IV\_Respostes**; i uns *fulls auxiliars* per completar i/o analitzar el procés: dins **II\_Plantejar Ració** n'hi hem afegit dues, **II\_1\_Pontencialitat farratges** i **II\_2\_Comprovar una ració**, i dins **III\_Ració calculada** hi ha **III\_1\_Redistribució Ració**. També hi ha quatre fulls de càlculs: CàlculsVL, CàlculsVG, Paràmetres llet, Criteris.

### 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	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	NI ref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenclres	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mn	Se	Zn	Vit A	Vit D	Vit E	UI/kg	UI/kg	UI/kg		
11800 Farratger verd Fardó 2000/2000	18,00	0,00	0,00	1,00	37	36	44	0,00	0,00	0,00	2,50	0,30	0,00	31	238	313	260	143	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11800 Farratger verd Fardó 2000/2000	18,00	0,00	0,00	1,00	37	36	44	0,00	0,00	0,00	2,50	0,30	0,00	31	238	313	260	143	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Les columnes són les següents:

Nom	Farratger, 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>encombrenment</i> llet
UEB	Unitat d'atipament <i>encombrenment</i> boví
UEM	Unitat d'atipament <i>encombrenment</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
cenclres	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 que queda a la vista, a l'esquerra hi ha l'entrada de dades d'una explotació (que també inclou dues caselles comunes (MS farratgera, % mínim a la ració; Límits de tolerància (%)) en el compliment de les necessitats proteiques), a la dreta les dades per a una vaca, de manera individual. Més a la dreta hi ha unes indicacions i un quadre per dirigir les entrades de dades pel que fa a l'interval entre parts, la setmana de lactació i la de gestació.

Davall de l'apartat de les dades d'una explotació surt un quadre relatiu als resultats o Necessitats, que és comú a l'explotació i a la vaca de manera individual, segons hagem seleccionat el tipus de racionament. Tot això ho anirem explicant.

**Entorn o modalitat explotació** ----->

**Dades explotació per a la formulació**

Producció mitjana explotació, vaca present i any	9.250
Taxa de greix (%)	3,62
Taxa de proteïna (%)	3,31
Interval entre parts (dies) IP	421
Temps eixugament (dies) TE	60
Vaques presents	188
Vaques primera lactació (%)	38,00%
Pes vaca adulta (kg)	650
Condicció corporal vaques eixutes	3,00
Pes vedell al naixement	42
Nombre mitjà de lactació (anys) Dades FFRIC o de l'explotació	2,51
MS farratgera, % mínim a la ració	50
Límits de tolerància (%) en el compliment necessitats proteiques	12,5
EFPI teòrica	0,67

**Dades per a una vaca en lactació**

Producció a 305 dies	9.500
Taxa de greix (%)	3,6
Taxa de proteïna (%)	3,3
Pes vaca adulta (kg)	650
Edat mesos	36
Condicció corporal vaca eixuta al part	3,00
Pes vedell al naixement	42
Interval entre parts (dies)	420,00
Setmana lactació -> Valor entre 1 i 10	10
Setmana fecundació	
Setmana gestació calculada en lactació	0
Setmana en gestació període sec	
Condicció corporal calculada	2,31
Producció màxima potencial diària 4% (p4)	41,35
Producció diària a la setmana de lactació 4%	38,65
EFPI teòrica	0,67
UFL VPR pot	-0,04
PDI VPR pot	-1,26
Setmana lactació	10
Setmana gestació	0,00

**Exemples segons valor interval entre parts**

	IP = 365 dies	IP = 375 dies	IP = 385 dies	IP = 395 dies	IP = 410 dies	IP = 425 dies	IP = 435 dies
setml	2	0	2	0	2	0	2
setmG	0	2	0	2	0	2	0
setml	5	0	5	0	5	0	5
setmG	0	5	0	5	0	5	0
setml	10	0	10	0	10	0	10
setmG	0	10	0	10	0	10	0
setml	16	4	16	3	16	2	16
setmG	3	16	2	16	0	16	0
setml	20	8	20	7	20	6	20
setmG	7	20	6	20	4	20	3
setml	24	12	24	11	24	10	24
setmG	11	24	10	24	8	24	7
setml	28	16	28	15	28	14	28
setmG	15	28	14	28	12	28	11
setml	32	20	32	19	32	18	32
setmG	19	32	18	32	16	32	15
setml	36	24	36	23	36	22	36
setmG	23	36	22	36	20	36	19
setml	40	28	40	27	40	26	40
setmG	27	40	26	40	24	40	23
setml	44	32	44	31	44	30	44
setmG	31	44	30	44	28	44	27
setml	0	36	45	32	46	32	48
setmG	32	46	32	48	32	48	30
setml	0	40	0	36	0	36	0
setmG	36	0	36	0	36	0	36
setml	0	40	0	40	0	40	0
setmG	40	0	40	0	40	0	40

**Necessitats**

Dies de racionament	38,65
Producció de llet estàndard l/vaca i dia	19,98
Capacitat ingestió (UE)	23,57
Energia (UFL)	2.565,55
Proteïna (g PDI)	176,77
Ca (g)	88,63
P (g)	80,92
K (g)	132,72
Na (g)	32,34
S (g)	51,87
Cl (g)	28,55
Co (mg)	7,78
Cu (mg)	259,36
Mn (mg)	1.296,80
Zn (mg)	1.296,80
I (mg)	16,86
Se (mg)	0,15
Pes vaca adulta	650,00
EN mant	6,90
EN llet	16,23
Oi kg MSI	25,94
NIP	1.198,14
UFL VPR	-0,04
PDI VPR	-1,26
PDI/UFL	108,86

En primer lloc elegirem on es troba o troben les vaques per a les quals volem formular la ració: estabulació travada, lliure, pastura al pla, pastura llarga distància o dificultosa i pastura muntanyosa. Les necessitats en energia canvien de menys a més.

A continuació hi ha el càlcul de les necessitats per grups o individualment. Si és per grups caldrà complimentar totes les caselles, que, en general, s'obtenen de la gestió tècnica econòmica i del control lleter.

Amb les dades especificades a *Dades explotació per a la formulació* es poden generar cinc grups, i per cada un d'ells els resultats s'ajusten al nombre de vaques de primera lactació i adultes:

#### 1. Necessitats grup postpart

2. Necessitats grup al voltant del pic
3. Necessitats grup resta de lactació, del pic al final
4. Necessitats un sol grup de lactació
5. Necessitats grup eixugat

Si no es tenen dades de l'explotació es poden calcular les necessitats per a una vaca, de la qual també necessitem algunes dades que la situïn en el cicle productiu, ja que el càlcul està basat en això. S'ha d'entendre que la producció d'una vaca d'un pes determinat pot ser de 25 kg de llet, però si es troba a la 4a setmana de lactació no té les mateixes necessitats que si es troba a la 24ena setmana.

En els dos apartats (segons dades individuals) l'entrada de dades (caselles no protegides) genera resultats, que poden estar en el mateix apartat (cas de **Dades per a una vaca en lactació**) i en l'apartat de **Necessitats**; les caselles de resultats estan protegides ja que el seu canvi produiria error. La protecció no té altre sentit que aquest, i si l'usuari necessita fer canvis no té més que sol·licitar la clau de desprotecció, si és que no ho fa per si mateix.

A les caselles de les files 14 a 16 tenim l'opció d'elegir el % mínim de MS farratgera, i els límits de tolerància en els càlculs de PDI i Ca i P. I també hi ha una casella *EfPDI*, que li donem el valor 0,67 que és l'eficiència d'ús de les proteïnes per al càlcul de necessitats, que com ja hem explicat canvia en el sí de cada ració.

<b>MS farratgera, % mínim a la ració</b>	50
<b>Límits de tolerància (%) en el compliment necessitats proteiques</b>	7,5
<i>EfPDI teòrica</i>	0,67

Els resultats es generen quan hem elegit el grup o les necessitats individuals amb el desplegable:

Necessitats per a una vaca (segons dades individuals) ▼	<----- Elegir tipus de racionament
---	------------------------------------

Els resultats van directament al full II\_Plantejar Ració.

Abans explicarem l'entrada de dades per a una vaca, ja que hi ha caselles calculades en funció del interval entra parts, la setmana de lactació, la setmana de gestació, etc., que són una mica complicades d'entendre.

És important perquè en ella hi ha l'essència del racionament. Racionar per a una determinada producció no ens diu gran cosa sobre les característiques de la vaca, ni a quin estat de la lactació i gestació està.

Una vaca pertany a una explotació: mitjana lactació a 305 dies, taxes de greix i de proteïna, interval entre parts, una mitjana de condició corporal al part – és una dada que es pot determinar fàcilment, inclòs se la pot simular –, també sabem o podem saber el pes mitjà dels vedells en néixer, i també podem considerar el seu historial o la genealogia.

Amb les dades que entrem podem seguir la vaca al llarg del cicle anual. En primer lloc sabem si pertany a una estabulació lliure, travada, pastura, etc., i això fa que les necessitats en UFL siguin diferents. També si és primípara o múltipara. Hem d'introduir el pes de la vaca adulta, la lactació a 305 dies i la taxa de greix i de proteïna, els càlculs ens duen a la producció de llet al 4% de greix i 3,1% de proteïna. Amb aquestes dades es determina la producció al pic de la lactació, que serà el valor a partir del qual podrem determinar-ne d'altres setmana de lactació rere setmana.

L'edat en mesos és important per a les necessitats de creixement en primíparas.

Introduïm a continuació l'interval entre parts en dies, que és com el donen en el control lleter. Suposem que sigui IP = 420 dies, dividit per 7 l'enter és igual a 60 setmanes, d'aquestes li restem els dos mesos d'eixugat, aproximadament 8 setmanes, per tant 52 setmanes és la duració de la lactació; a la casella setmana de lactació a l'entrada de dades , i aquí és important entrar bé la dada, tot i que hi ha validacions de la casella. Si posem un valor entre 1 i 52, en el cas de l'exemple, la vaca està en lactació durant la setmana que considerem (exemple: )<sup>24</sup>, i, per tant, els càlculs que s'hi fan són: càlcul de la condició corporal i de la producció de llet: cc = 2,53; producció potencial de llet = 29,50.

A continuació hem d'introduir la setmana de fecundació, que es podria calcular, però deixem que es posi entre un mínim de 8 (setmanes després del part) i un màxim que es calcula per diferència entre la setmana prevista del part (en l'exemple 60) i les setmanes de gestació (40), i en aquest cas el rang de la setmana de fecundació està entre la 8 i la 20. A l'exemple hem introduït 15. Per tant, la vaca està a la 24 setmana de lactació i a la 9 setmana de gestació (24 – 15). En aquest punt la vaca necessita 0,49 UFL/dia i 16,02 g PDI/dia per a la reconstitució corporal (caselles UFL\_VPR i PDI\_VPR).

Al final es recopilen les setmanes de lactació i gestació.

Dades per a una vaca en lactació		
Multípar <input type="text" value=""/>		
Producció a 305 dies		9.200
Taxa de greix (%)		3,9
Taxa de proteïna (%)		3,3
Pes vaca adulta (kg)		650
Edat mesos		56
Condició corporal vaca eixuta al part		3,00
Pes vedell al naixement		42
Interval entre parts (dies)		420,00
Setmana lactació-----> Valor entre 1 i	52	24
Setmana fecundació		15
Setmana gestació calculada en lactació		9
Setmana en gestació període sec		
Condició corporal calculada		2,53
Producció màxima potencial diària 4% (pic)		40,04
Producció diària a la setmana de lactació 4%		29,50
EfPDI teòrica		0,67
UFL_VPR pot	Variació reserves corporals UFL	-0,49
PDI_VPR pot	Variació reserves corporals PDI	-16,02
Setmana lactació		24
Setmana gestació		9,00

Si en lloc de posar 24 a setmana lactació posem 53, els canvis són els següents:

Setmana lactació-----> <i>Valor entre 1 i</i>	52	53
Setmana fecundació		15
Setmana gestació calculada en lactació		38
Setmana en gestació període sec		33
Condicció corporal calculada		3,00
Producció màxima potencial diària 4% (pic)		40,04
Producció diària a la setmana de lactació 4%		0,00
<i>EfPDI teòrica</i>		0,67
<i>UFL_VPR pot</i>	<i>Variació reserves corporals UFL</i>	-0,49
<i>PDI_VPR pot</i>	<i>Variació reserves corporals PDI</i>	-16,16
<i>Setmana lactació</i>		0
<i>Setmana gestació</i>		33,00

En aquest cas, la vaca està a la 33 setmana de gestació i en període sec.

## 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	Resultats solver			
	kg mín	kg màx	kg fresc	kg MS	% fresc ració	€/kg fresc	kg fresc total	kg farratge fresc total	kg concentrat fresc total	Aportacions totals UE
MSI	0,00	100,00	24,71	7,91	60,12	0,01	41,11	32,05	9,05	16,97
MSI	0,00	10,00	0,27	0,23	0,65	0,01	22,60	8,10	22,60	8,10
MSI	0,00	10,00	6,88	6,19	16,74	0,01	14,50	0,36	14,50	0,36
MSI	0,00	4,00	0,19	0,17	0,46	0,01	64,15	0,87	64,15	0,87
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,27	0,411	0,321	0,091
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	38,41	0,411	0,321	0,091
MSI	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,01	22,60	22,60	22,60	22,60
MSI	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,01	14,50	14,50	14,50	14,50
MSI	0,00	8,50	2,94	2,53	7,16	0,01	109,00	109,00	109,00	109,00
MSI	0,00	8,00	1,07	0,95	2,59	0,01	999,00	999,00	999,00	999,00
MSI	0,00	2,00	0,25	0,21	0,60	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MSI	0,00	8,00	4,72	4,34	11,49	0,01	15,36	16,97	16,97	0,75
MSI	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,01	21,20	21,20	21,20	0,94
MSI	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2.051,36	2.637,47	2.051,36	90,78
MSI	0,00	8,00	0,00	0,00	0,01	0,01	-8,00	0,00	0,00	0,00
MSI	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,80	1,80	3,48	3,48
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	149,13	191,74	149,13	6,60
MSI	0,00	2,00	0,00	0,01	0,01	0,01	73,51	94,52	94,52	4,18
MSI	0,00	1,00	0,07	0,07	0,18	0,01	70,61	90,78	4,07	0,18
MSI	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	115,91	148,95	13,43	0,59
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	28,20	36,26	1,31	0,06
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	39,55	50,85	0,12	0,01
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	24,95	32,07	0,99	0,04
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	5,93	7,63	0,73	0,03
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	197,73	254,23	120,87	5,35
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	988,65	1.271,13	290,49	12,85
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	988,65	1.271,13	487,71	21,58
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	12,85	16,51	0,00	0,00
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,17	0,50	0,02
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	94.910,67	94.910,67	328.236,55	14.525,17
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	22.597,78	22.597,78	408,95	18,40
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	338,97	338,97	160,09	7,08
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	14,71	AG	600,00	26,55
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	8,34	MNF PB	3.591,85	158,95
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		PDIA	1.094,33	48,43
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		dMD	0,61	0,61
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		MOD	13.125,02	580,81
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		EE	4,00	903,91
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		FB	4.405,91	194,97
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		NDF	10.557,13	467,18
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		ADF	5.471,46	242,12
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		Lignina	932,58	41,27
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		cedres	1.140,24	50,46
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		Mo	5,96	0,26
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		DT N	0,65	0,65
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		MOD	12.386,38	548,12
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		MO	20.272,97	897,12
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		PD(U)R	106,12	136,43
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		NDF_Fa	7.292,48	32,27
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		NDFP_Fa	6.122,58	
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		NDFP_Fa+NDFP_Fa	84,09	
MSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		ADF/NDF	0,52	

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.

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 Iniciar càlculs kg fresc a 0

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. A la imatge d'aquest full podem veure que hi ha dues caselles a la part dels Paràmetres nutritius, límits, valors finals a les quals hi podríem introduir valors, són les de BPR, que nosaltres hem posat 0 al valor mínim i 30 al màxim, i si la vaca està en període d'eixugat hem posat entre -40 i -8. Abans ja hem explicat el perquè.

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

VALOR FUNCIO OBJECTIU €/Kg fresc	4,950
----------------------------------	-------

I 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.

Paràmetres nutritius, límits, valors finals					
Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %	En alguns ingredients no hi consten els nutrients ...
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	22,60		
%MS ració	0,00	999,00	54,97		
UEL	15,36	16,97	16,97	0,75	
UFL	21,20	21,20	21,20	0,94	
PDI	2.051,36	2.637,47	2.051,36	90,78	
BPR	-8,00	0,00	0,00	0,00	
NI	1,80	1,80	3,48	3,48	
Ca	149,13	191,74	149,13	6,60	
P	73,51	94,52	94,52	4,18	
Mg	70,61	90,78	4,07	0,18	
K	115,81	148,90	13,43	0,59	
Na	28,20	36,26	1,31	0,06	Na
S	39,55	50,85	0,12	0,01	
Cl	24,95	32,07	0,99	0,04	
Co	5,93	7,63	0,73	0,03	
Cu	197,73	254,23	120,87	5,35	
Mn	988,65	1.271,13	290,49	12,85	
Zn	988,65	1.271,13	487,71	21,58	
Iode	12,85	16,52	0,00	0,00	
Se	0,13	0,17	0,50	0,02	
Vit A	94.910,67	94.910,67	328.236,55	14525,17	
Vit D	22.597,78	22.597,78	408,95	18,10	
Vit E	338,97	338,97	160,09	7,08	
AG			600,08	26,55	
MNT_PB			3.591,85	158,95	
PDIA			1.094,33	48,43	
dMO		0,61	0,69	0,61	
MOD			13.125,02	580,81	
EE		4,00	903,91	4,00	
FB			4.405,91	194,97	
NDF			10.557,13	467,18	
ADF			5.471,46	242,12	
Lignina			932,58	41,27	
cenclres			1.140,24	50,46	
Mo			5,96	0,26	
DT_N			0,65	0,65	
MOF			12.386,38	548,12	
MO			20.272,97	897,12	
PDI/UFL	106,12	136,43	96,75		
NDF_Fa			7.292,48	32,27	
NDFD_Fa			6.132,58		
NDFD_Fa %NDF_Fa			84,09		
ADF/NDF			0,52		
MSI (kg/dia)*	No predicció *J. Dairy Sci. 102:7961-7969 M. S. Allen et al 2019				

Per exemple la fila UEL:

UEL	15,36	16,97	16,97
-----	-------	-------	-------

La casella mínim està lligada al full I\_Necessitats i obté el valor de la capacitat d'ingestió, valor que en aquesta casella el multipliquem per 0,95 per no ser tan estrictes i facilitar el marge de càlculs; també ho multipliquem per un valor mòbil que és l'índex:  $I_{CI} PDI$  igual a  $0,91+0,115/(1+\exp^{(0,13 \times (90-PDI/UFL)})$ , que va variant conforma varien els continguts de PDI i UFL de la ració en la seua formació; el valor s'obté a la casella B87. La casella màxim de la UEL és del mateix sentit que la del mínim però multiplicada per 1,05 per donar-li marge al càlcul.



La casella Valor 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; proporció concentrat).

La restricció del Solver és que aquest 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	21,20	21,20	21,20
-----	-------	-------	-------

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, el canvi degut a la proporció de concentrats i, per últim, el canvi a causa del balanç proteic al rumen:

Càlculs	
<b>Efecte NI</b>	
Niref	1,80
NI % PV	3,48
dMOM	66,47416709
<b>Δ dMO_NI</b>	-0,046020162
<b>Efecte %Co (PCO)</b>	
PCO	0,36
<b>Δ dMO_CO</b>	-0,0336750
<b>Efecte balanç proteic rumen</b>	
MNT ingerida	158,95
MOrD o MOF	548,12
MNrD_rumen (MNF) fermentades rumen	103,34
MN alim_duodè (PIA) no ferm a rumen	55,60
MN microbiana intesti ( $41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOrD\_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$ )	84,12
MN endògena	14,20
BPR ració	5,02
<b>BPR ref</b>	0,00
<b>Δ dMO_BPR</b>	0,003
<b>Σ dMO x PMO</b>	0,69
<b>Efecte total interaccions</b>	0,61

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 (0,69), i la dMOc, corregida és la que suma els efectes (NI, PCO i BPR) igual, en aquest cas, a 0,61. 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 la casella B47/valor casella B48), o sigui la casella  $\Sigma \text{dMO} \times \text{PMO}$  i la casella **Efecte total interaccions**. Aquest valor Necessitats x relació dMO és el que ha d'acomplir la solució Valor UFL, la suma producte de les quantitats de cada ingredient i els seus valors de taules UFL. És a dir, el càlcul de necessitats UFL s'ha de multiplicar per la relació entre dMO calculada i dMO corregida per les interaccions digestives.

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	2.051,36	2.637,47	2.051,36
-----	----------	----------	----------

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 per a una vaca (segons dades individuals)			
MS prevista NRC	22,55	CI	16,31
Diferència ració calculada	0,04	UFL	18,84
MS farratgera, % mínim	50	PDI	2.284,58
% tolerància càlculs	12,5	NecPDI_PU <sub>endo</sub>	202,80
	NecPDI - NecPDI_PU <sub>endo</sub>		2.081,78
		UFL_VPR	4,59
		UFLf	12,87
		UEf	14,73
		UFLc	8,34

PDI són el total de necessitats, que inclou les relatives a NecPDI\_P<sub>EF</sub> proteïnes endògens fecals, de manera provisional, ja que no coneixem la MSI final, i en aquest cas posem MSI calculada, que per a una eficàcia,  $EfPDI = 0,67$ , les  $NecPDI_{PEF} = 19,8 \times MSI_{calculada}$

$$MSI_{calculada} = 0,372 \times P_{pot} + 0,0968 \times P_v^{0,75} \times (1 - EXP^{-0,192 \times (s+3,67)})$$

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 (2.284,58) els restem les NecPDI\_PU<sub>endo</sub> (202,80) 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 2.081,78.

Per tant a les caselles mínim i màxim, el valor 2.081,78 anirà multiplicat per la relació d'eficiències  $(0,67/EfPDI)$ , i, com ja hem dit, s'hi sumarà el valor NecPDI\_P<sub>EF</sub> afectat per  $EfPDI$ , en funció de la desviació entre MSI i MSI<sub>calculada</sub> 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)	487,00
PANDI	10,73
dr	0,81
PDIA	44,87
MN microbianes_duodè (corregida)	80,35
PDI = PDIA + MN microbianes_duodè x 0,8 x 0,8	96,30
<b>flux de N duodenal endogen (Actualització)</b>	
MOND = MO - MODc_rumen	410,12
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	320,89
<b>PÈRDUES FECALS ENDÒGENES (PEF) i (NEC_PDI Actualització)</b>	
MNND = 0,163 x MN alim_duodè + 0,20 x MN mic_duodè + 5,7 + 0,074 x MOND	61,18
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	36,05
<b>Nec PDI_PEF</b> = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)] / EFPDI	625,03
<b>PÈRDUES ENDÒGENES URINÀRIES i (NEC_PDI Actualització)</b>	
log10 NU (N urinari g/dia) log10 NU = - 1,17 + 1,00 x log10 Pv	1,64
NU	43,95
NUNP microbià/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,00
NU endo	32,50
<b>Nec PDI_NU endo</b>	202,80
<b>PÈRDUES NITROGENADES PER L'EPIDERMIS i (Nec_PDI Actualització)</b>	
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	9,74
<b>Nec PDI_P epidèrmiques</b> = 0,2 x Pv0,60/EffPDI	14,95
<b>Nec_PDI no productives</b>	842,79
<b>Eficàcia de la síntesi proteica en lactació</b>	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI_NU endògenes	1.848,56
EFPDI = Σ despeses prot/PDI disponible = 0,67xEXP(-0,007x(PDI-100))	0,71
Bal EN	6,95
bal Proteïna	-31,75
MP producció proteïnes llet	1.190,60
<b>EFPDI</b> = (PEF + P epid + MP + bal Prote)/(PDI disponible)	0,65

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

A la casella relativa a extracte eteri, EE, (a *Paràmetres nutritius, límits, valors finals*) hem introduït una restricció al *Solver*, ja que sovint es genera polèmica en la incorporació de grassa a la ració, incorporació extra al contingut de cada ingredient.

EE		4,00	903,91	4,00
----	--	------	--------	------

A la casella Màxim hem posat la restricció que explica NRC, que hem adaptat a UE i UFL, de que el contingut màxim d'EE a la ració, g/kg MS, comptant greix afegit sigui de 4 si la capacitat d'ingestió és menor que 18 UE i/o les necessitats UFL són menors que 20; o bé que sigui com a màxim de 6 si la CI és major de 18 i UFL entre 20 i 24, i per últim de 7 si UFL superiors a 24. D'aquesta manera podem deixar aquest ingredient disponible sense gaire preocupació. També en aquesta casella hem posat que el màxim d'EE sigui de 3 per a eixutes.

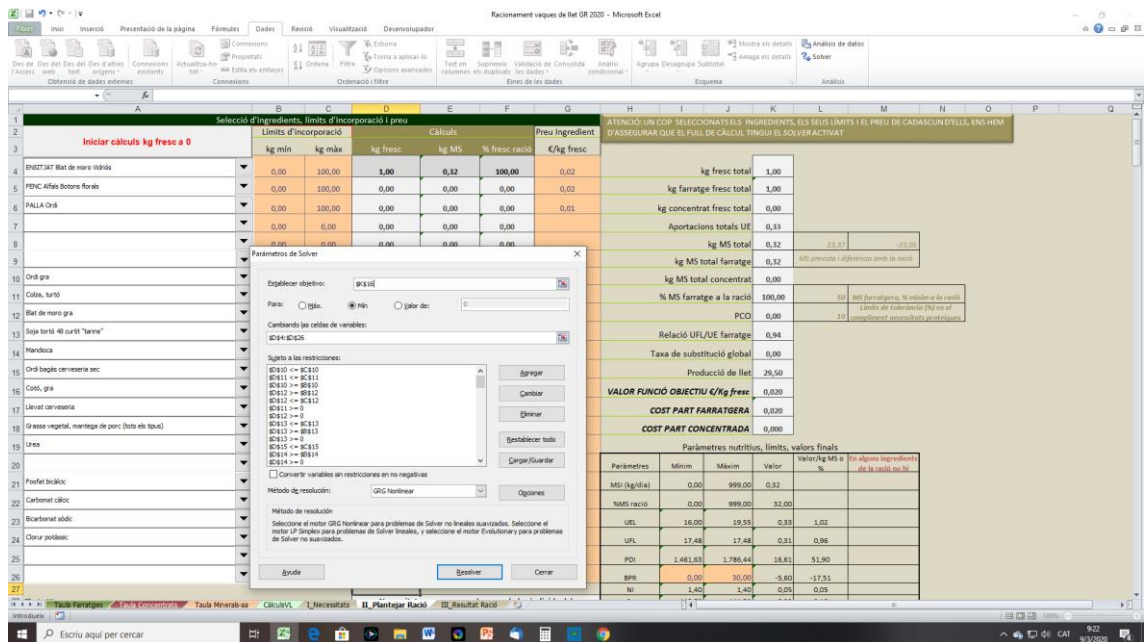
Les necessitats en Ca, P i altres minerals s'han calculat amb la MSI prevista i en les iteracions (cas de Ca i P) i en els resultats finals per a la resta s'han ajustat a la MSI final.

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. També hem afegit EE tal com s'ha explicat. El problema està en que totes aquestes 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 *Anàlisis de dades, Solver* que surt perquè ens hem situat a la pestanya Dades. I sobre el full **II\_Plantejar Ració** surt el quadre Paràmetres 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 %
MSU (kg/dia)	0,00	999,00	22,60	
%MS ració	0,00	999,00	54,97	
UEL	15,36	16,97	16,97	
UFL	21,20	21,20	21,20	
PDI	2.051,36	2.637,47	2.051,36	
BPR	-8,00	0,00	0,00	
NI	1,80	1,80	3,48	
Ca	149,13	191,74	149,13	
P	73,51	94,52	94,52	

## RESPOSTES DE LA RACIÓ I CANVIS

Quan ja tenim una ració formulada, procés de mai acabar ja que canviant un ingredient, o posant una quantitat mínima o màxima d'un altre tot canvia, podem seguir els canvis en la producció per la

incorporació de més concentrat, o de més greix afegit, o senzillament podem analitzar els efectes sobre el medi del N urinari, el N fecal, la producció de metà, etc. Tot això ho podem seguir en el full **Respostes**.

<b>Respostes de l'augment de concentrat a la ració obtinguda</b>		
	Dades ració	Resultats finals
PI (kg/dia)	32,11	32,63
tg (g/kg)	40	39,46
tp (g/kg)	31	31,16
Kg MS total	24,53	24,96
Kg MS farratgera	15,53	14,97
kg MS concentrats	8,99	9,99
PCO	0,37	0,40
Sg	0,31	
$\Delta$ kg MS concentrat	1	

<b>Nitrogen urinari</b>		
	Dades ració	Dins normalitat
NU	0,21	

<b>Nitrogen fecal</b>		
Relació C/N al fems = $14,2 + 52,7 \times \text{EXP}(-0,014 \times \text{MNT}) - 3,76 \times \text{PCO}$		
	Dades ració	Relació normal
MNT	161,88	
PCO	0,37	
C/N	18,29	

<b>Emissions de metà</b>		
$\text{CH}_4/\text{MOD} = 45,42 - 6,66 \times \text{NI} + 0,75 \times \text{NI}^2 + 19,65 \times \text{PCO} - 35,0 \times \text{PCO}^2 - 2,69 \times \text{NI} \times \text{PCO}$		
	Dades ració	
NI	3,77	
PCO	0,37	
CH <sub>4</sub> /MOD	29,75	Producció metà per kg MOD normal
CH <sub>4</sub> , g/dia	432,87	

<b>Resultat de variar la quantitat de greix sobre emissió de metà</b>		
	Dades ració	
EE, g/kg MS	60,00	
Grassa afegida, kg/dia	0,44	
$\Delta$ grassa afegida, kg/dia	0,1	
$\Delta$ EE, g/kg MS	4,07	El greix afegit augmenta emissions de metà
$\Delta$ CH <sub>4</sub> , g/kg MS i dia	0,31	

## RESPOSTES A L'ÀUGMENT DE CONCENTRAT

Se suposa que la ració formulada cobreix les necessitats nutritives i està equilibrada. Si hi afegim més concentrat canviarà la ingestió de MS total i també la producció, encara que de manera molt subtil. A l'exemple ho podem veure:

<b>Respostes de l'augment de concentrat a la ració obtinguda</b>		
	Dades ració	Resultats finals
PI (kg/dia)	32,11	32,63
tg (g/kg)	40	39,46
tp (g/kg)	31	31,16
Kg MS total	24,53	24,96
Kg MS farratgera	15,53	14,97
kg MS concentrats	8,99	9,99
PCO	0,37	0,40
Sg	0,31	
$\Delta$ kg MS concentrat	1	

A les caselles *Dades ració* (PI a Sg) tenim els valors de la ració tal qual l'hem formulada, si a la casella  $\Delta$  kg MS concentrat posem 1, vol dir que als 8,99 kg de concentrat n'hi afegim un kg. La quantitat de MS concentrat que ingerirà la vaca serà de 9,99, de farratge 14,97, i l'efecte sobre la producció, la taxa de greix i de proteïna els veiem a Resultats finals.

La resposta mitjana intra-experiències de la MSI total a l'aportació de concentrat, expressat en relació al punt de trobada de la ració és:

$$\text{resp\_MSI} = 0,452 \times \Delta\text{MSI}_c - 0,020 \times \Delta\text{MSI}_c^2$$

I les respostes de la producció de llet i dels seus constituents a l'aportació de concentrat, expressat en relació al mateix punt de trobada són:

$$\text{resp\_PI} = 0,527 \times \Delta\text{MSI}_c - 0,0137 \times \Delta\text{MSI}_c^2$$

$$\text{resp\_tp} = 0,167 \times \Delta\text{MSI}_c - 0,0043 \times \Delta\text{MSI}_c^2$$

$$\text{resp\_tg} = 0,50 \times \Delta\text{MSI}_c - 0,037 \times \Delta\text{MSI}_c^2$$

## NITROGEN URINARI I NITROGEN FECAL

Nitrogen urinari	
Dades ració	Dins normalitat
NU	0,21

Una part de l'excreció de N urinari (20-30%) és d'origen endogen, tot i així, les principals variacions en l'excreció total de N urinari (NU g/dia/kg Pv) estan lligades a processos digestius i metabòlics:

$$\text{NU}_{\text{calculat}} = \alpha \text{BPR}/6,25 + \text{PDI}/6,25 \times (1 - \text{EfpDI}) + \text{NU}_{\text{endo}} + \text{NUNP}_{\text{microbià}} + 0,47 \times \text{BaIN}$$

- NU en g N/dia/kg Pv
- **BPR/6,25** és el N del BPR i  $\alpha < 1$  és la proporció de N del BPR mesurat que es perd a través del NU
- **PDI/6,25 x (1 - EfpDI)** és el N que resulta de la ineficàcia de la PDI per a les funcions de proteosíntesi (pèrdues fecals endògenes, síntesi de proteïnes de la llet o dels teixits, balanç proteic corporal)
- **NU<sub>endo</sub>** és el N urinari endogen (igual a 0,312 x Pv)
- **NUNP<sub>microbià</sub>** és el N urinari procedent del N no proteic microbià (igual a N<sub>microbià</sub> x 0,116 x 0,8 x 0,85)
- **0,47 x BaIN** se suposa que el balanç de N sobreestima la retenció de N en un 53%.

Aquesta equació l'hem calculada al full *II\_Plantejar ració*

		min. NU	màx NU
$\text{NU}_{\text{cal}} = 0,79 \times \text{BPR}/6,25 + (\text{PDI}/6,25) \times (1 - \text{EfpDI}) + \text{Nuendo} + \text{NUNPmic} + 0,$	<b>0,21</b>	0,2	0,3

Les recomanacions són:

Zones d'excés NU > 0,30 g N/dia/kg Pv

Zones de fort excés NU > 0,40

Zones manca NU < 0,20

Zones de carència important NU < 0,15

Zona de recomanació 0,20 < NU < 0,30

Pel que fa al **N fecal** la proporció de N fecal, o N no digestible, és relativament constant quan s'expressa en relació a la MSI, i és de  $8,42 \pm 2,02$  g N/kg MSI. Si s'expressa en relació a la MO fecal (MO<sub>fec</sub>) és més alt,  $23,8 \pm 5,28$  g N/kg MO<sub>fec</sub>. Segons aquest darrer criteri les variacions estan positivament lligades a les proteïnes brutes alimentàries (**MNT**) i a la proporció de concentrat (**PCO**) o a la proporció de NDF del règim.

Si se suposa una concentració de 0,037 mols C/g (MO – MNT<sub>fecal</sub>) i de 0,045 mols C/g MNT<sub>fecal</sub> i de 0,0114 mols N/g MNT<sub>fecal</sub>, la relació carboni/nitrogen de la matèria fecal, intra-experiències és la següent (i ens serveix per avaluar el N fecal:

$$C/N = 14,2 + 52,7 \times \text{EXP}^{-0,014 \times \text{MNT}} - 3,76 \times \text{PCO}$$

Nitrogen fecal		Relació normal
Relació C/N al fems = 14,2 + 52,7 x EXP(-0,014 x MNT) – 3,76 x PCO		
	Dades ració	
MNT	161,88	
PCO	0,37	
<b>C/N</b>	<b>18,29</b>	

Si C/N està entre 15 i 25 és normal, si és inferior a 15 hi ha excés N fecal.

## EL METÀ I LA VACA DE LLET

Les pèrdues de metà entèric depenen de la quantitat de MOD expressada en funció de la MS o del pes viu, ja que el metà es produeix per la fermentació de glúcids. Per aquesta raó la relació CH<sub>4</sub>/MOD s'empra com a paràmetre clau per calcular les pèrdues d'energia en forma de metà.

$$\text{CH}_4/\text{MOD} = 45,42 - 6,66 \times \text{NI} + 0,75 \times \text{NI}^2 + 19,65 \times \text{PCO} - 35,0 \times \text{PCO}^2 - 2,69 \times \text{NI} \times \text{PCO}$$

Aquesta equació reflexa que més enllà de l'efecte de la MOD, les emissions de metà estan igualment impactades per les interaccions digestives degudes al **nivell d'ingestió (NI)** i a la **proporció de concentrats (PCO)**.

La predicció de les emissions diàries de metà per un animal en g/dia s'obté amb la següent equació:

$$\text{CH}_4 = \text{MSI} \times 0,001 \times \text{MOD} \times (\text{CH}_4/\text{MOD})$$

MSI és la ingestió de MS kg/dia; MOD la quantitat de matèria orgànica digestible en g/kg MS, i (CH<sub>4</sub>/MOD) s'obté de l'equació anterior:

Emissions de metà		Producció metà per kg MOD normal
CH <sub>4</sub> /MOD = 45,42 – 6,66 x NI + 0,75 x NI <sup>2</sup> + 19,65 x PCO – 35,0 x PCO <sup>2</sup> – 2,69 x NI x PCO		
	Dades ració	
NI	3,77	
PCO	0,37	
CH <sub>4</sub> /MOD	29,75	
CH <sub>4</sub> , g/dia	432,87	

La normalitat està entre 25 i 43 de CH<sub>4</sub>/MOD.

## EL GREIX AFEGIT I EL METÀ

$$\Delta\text{CH}_4/\text{MS} = - 0,075 \times \Delta\text{EE}$$

ΔCH<sub>4</sub>/MS és la disminució de les emissions de metà en g/kg MS i ΔEE és l'aportació en lípids lligada a la suplementació del règim (en g EE/kg MS). A la pràctica la ració no ha de contenir més de 50 a 60 g EE/kg MS per tal d'evitar l'efecte negatiu dels lípids sobre la digestió.

Resultat de variar la quantitat de greix sobre emissió de metà		El greix afegit augmenta emissions de metà
	Dades ració	
EE, g/kg MS	60,00	
Grassa afegida, kg/dia	0,44	
Δ grassa afegida, kg/dia	0,1	
Δ EE, g/kg MS	4,07	
ΔCH <sub>4</sub> , g/kg MS i dia	0,31	

A l'exemple, el contingut total de greix (EE) és de 60, i això s'obté amb una ració a qual hem afegit greix en quantitat de 0,44 kg vaca/dia, si hi afegim 0,1 kg/dia s'augmenta l'emissió de metà.

## REDISTRIBUCIÓ DE LA RACIÓ

Respecte d'anteriors edicions hem afegit un full *Redistribució de la ració* en MS, per aquells casos en que la MS superi 0,5 kg les previsions NRC o les més recents de Allen *et al* (2019). En el programa hem introduït una restricció en la qual la MS de la ració no sigui superior a la prevista per NRC (INRA fa previsió segons UE, NRC segons MS, i ambdues la fan segons estat fisiològic, pes i producció). Ho fem ja que la programació té moltes restriccions i, sobretot, moltes interaccions, que s'han de resoldre a base d'iteracions, i, algunes vegades, els resultats ens donen una MSI alta, que si bé creiem que és del tot possible, atès que la majoria d'explotacions no tenen prou superfície per subministrar MS farratgera, redistribuïm la MS conforma a les previsions NRC. És del tot voluntari i en qualsevol cas, continua prioritant-se el sistema INRA d'UE i taxa de substitució, i també mana la restricció de que la MS farratgera sigui com a mínim del 50%.

Es poden elegir la redistribució NRC o la d'Allen *et al* (2019).

Imaginem que una ració calculada dona una MSI de 23,65 kg, i les previsions segons NRC per a l'estat de la vaca són de 22,55, a la segona setmana de lactació. El programa redistribueix entre tots els ingredients per tal que la MSI sigui de 22,55, i la sortida serà:

Kg llet estàndard	38,41	Setmana lactació	2	Possible redistribució MSI segons NRC				
<b>No redistribució</b>				<b>Redistribució MS segons NRC</b>				
				INGREDIENTS	kg MS	kg/vaca i dia	UFL	PDI
				ENSITJAT Blat de moro Pastós-vidriós	8,54	26,70		
				FENC Alfals Botons florals	0,22	0,26		
				FENC Civada Inici espigat	5,91	6,56		
				PALLA Ordi	0,16	0,18		
				Ordi gra	0,00	0,00		
				Blat de moro gluten feed	0,00	0,00		
				Blat de moro gra	2,41	2,81		
				Soja tortó 48 curtit "tanne"	0,90	1,02		
				Mandioca	0,20	0,24		
				Ordi bagàs cerveseria sec	4,14	4,50		
				Cotó, gra	0,00	0,00		
				Llevat cerveseria	0,00	0,00		
				Grassa vegetal, mantega de porc (tots e	0,00	0,00		
				Urea	0,00	0,00		
				Fosfat sòdic	0,00	0,00		
				Carbonat càlcic	0,07	0,07		
				Fosfat monocàlcic	0,00	0,00		
				TOTAL	22,55		21,21	2.008,52
				% Fa		65,74%		
				% Co		34,26%		

A la dreta el requadre diu No redistribució ja que la nova equació no prediu per a les 8 primeres setmanes de lactació.

Al requadre de la dreta surt la redistribució ja que la MSI calculada és superior a la prevista en més de 0,5 kg. Podem veure que hi ha alguns ingredients en què el valor és zero, però en realitat és positiu però molt petit.

## II\_1\_POTENCIALITAT FARRATGES





COMPROVAR UNA RACIÓ DETERMINADA									
Producció mitjana aproximada per lactació → 9.000		Elegir valors mitjans Necesitats ↓		Necessitats valors mitjans Grup Pic					
Seleccionar Ingredients de la ració		kg fresc	kg MS	Aportacions de la ració					
ENSITJAT Blat de moro Vidriós	17,18	5,50	UFL	19,63	kg fresc total	41,09	26,19	kg farratge fresc total	
FENC Alfals Inici vegetació	9,02	7,66	PDI	2.298,53	kg concentrat fresc total	14,89	19,42	Aportacions totals UE	
FENC Civada Floració		0,00	NecPDI_PU <sub>total</sub>	202,80	kg MS total	26,42	13,26	kg MS total concentrat	
		0,00	NecPDI - NecPDI_PU <sub>total</sub>	2.095,73	kg MS total farratge	13,16	0,50	PCO	
		0,00	UFL_VPR	-0,60	% MS farratge a la ració	49,80	0,83	Relació UFL/UE farratge	
Mill gra		0,00	UFLf	11,15	Taxa de substitució global	0,44	29,50	Producció prevista kg llet	
Ordi gra		0,00	UEf	13,48	Paràmetres			Valor/kg MS o %	
Blat de moro gra		0,00	UFLc	14,42	MSI (kg/dia)	23,39	25,85	26,42	
Blat de moro tortó de gèrmens a pressió	8,74	7,70	PDI_VPR	-19,79	UFL	27,93	27,93	25,57	0,97
Soja tortó 44	1,97	1,72	Ca	157,31	PDI	2.569,42	3.303,54	2.646,19	100,14
Mandioca		0,00	P	79,30	BPR	-14,20	-8,00	343,53	13,00
Ordi bagàs cerveseria sec	4,17	3,83	MS prevista NRC	24,62	NI	1,89	1,89	4,07	4,07
Cotó, gra		0,00	Diferència ració calculada	1,80	Ca	64,65	83,12	144,65	5,47
Llevat cerveseria		0,00	MS farratgera, % mínim a la ració	50,00	P	64,61	83,06	108,43	4,10
Grassa vegetal, mantega de porc (tots els tipus)		0,00	% tolerància cèl·luls	12,50	AG			968,94	36,67
Urea		0,00	MSI alta		MNT_PB			4.677,03	177,00
Alfals deshidratat i aglomerats		0,00	Normal en UE		PDIA			1.475,27	55,83
Fosfat sòdic		0,00	Dèficit Energia		dMO	0,60	0,70	0,60	
Carbonat càlcic		0,01	Dins límits Proteïna		MOD			14.759,43	558,57
Fosfat monocàlcic		0,00	Excés MS concentrats		EE	6,00	1.313,79	4,97	
Fosfat bicàlcic		0,00	Alta depressió energètica		FB			4.599,77	174,08
		0,00	Canvi dMO	-15,04%	NDF			11.017,57	416,96
		0,00	Canvi EfPDI	-20,95%	ADF			5.562,45	0,00
Càlculs									
Efecte NI			Risc feble acidosi		Lignina			1.077,31	40,77
Niref	1,89		NU g/vaca i dia	2,60	cedres			1.759,53	66,59
NI % PV	4,07		Excés per al medi		Mo			10,62	0,40
dMOM	64,86138549		N fecal, g/vaca i dia	253,90	DT_N			0,65	0,65
d dMO_NI	-0,059590657		Relació C/N normal		MOF			14.160,26	535,89
Efecte %Co (PCO)			CH4, g/dia	388,10	MO			23.700,79	896,95
			Producció metà per kg MOD normal		PDI/UFL	96,51	124,08	103,50	

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Allen MS, Sousa DO, VandeHaar J. 2019. Equations to predict feed intake response by lactating cows to factors related to the filling effect of rartions. J. Dairy Sci. 102: 7961-7969 (<https://doi.org/10.3168/jds.2018-16166>).
- 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.
- 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.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J Dairy Sci; 72: 2942-2948.
- 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. Rebolgar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)

- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Préviation de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie études, Options méditerranéennes.
- IAMZ. 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie B, Etudes et recherches, 4, Options méditerranéennes.
- **INRA. 1978.** Alimentation des Ruminants. Paris: INRA.
- **INRA. 1981.** Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de préviation de la valeur alimentaires des fourrages. Theix: INRA.
- INRA. 1983. Luzerne. Paris: Centre de Recherches de Lusignan.
- INRA. 1987. Alimentation des Ruminants: Révision des systèmes et des tables de l'INRA. Bull Tech CRZV, Theix INRA; n° 70.
- **INRA. 1988.** Alimentation des Bovins Ovins et Caprins. Paris: 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. Paris: ITEB.
- ITEB-EDE. 1989. Pratique de l'alimentation des bovins. Tables de l'INRA 1998. Paris: 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>.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Paris: 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.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.