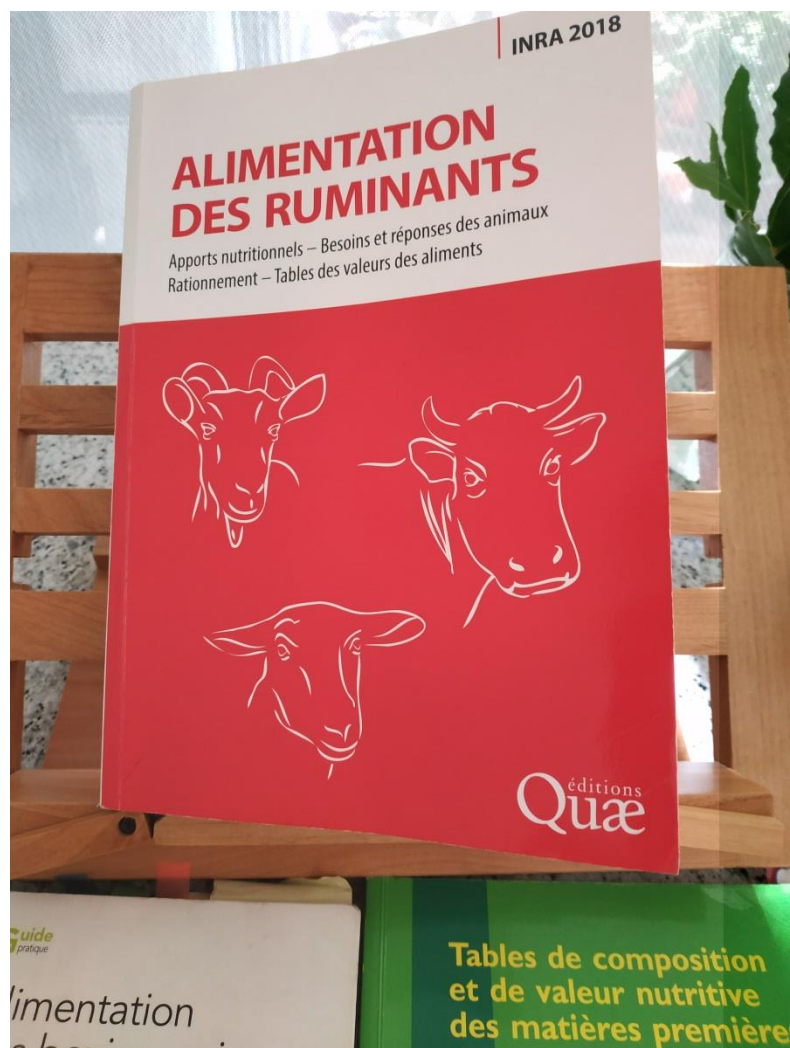


Racionnement vaques de llet



Novetats INRA_2018

- Alimentació = f (salut animals, entorn, qualitat productes)
- Sistema d'alimentació:
 - Interaccions digestives (NI, PCO, BPR)
 - Afina el valor alimentari de la ració
 - Calcula els fluxos dels productes terminals de la digestió
 - Eficiència PDI *EfPDI*
 - CI modulada segons aportacions PDI/UFL
 - Necessitats potencials, intervé $CC = f(CCpart)$
 - Manteniment
 - No productives
 - Producció
 - Preveure: emissions metà, N urinari i fecal, risc acidosi

Novetats INRA_2018

- VECo i bVEc (Valor Atipament Concentrat, Valor basal d'atipament del concentrat -mínim, a taules, només producció llet) (E: *encombrement*)
- **BPR** substitueix PDIN i PDIE (Balanç proteic ruminal)
- NI i NIref (taules) (Nivell d'ingestió, i NI referència)
- Farratges:
 - $FB = f(ADF)$, $FB = f(NDF)$, $NDF = f(FB)$, $ADF = f(FB)$
- Concentrats:
 - Lignina = $f(FB)$, $FB = f(NDF)$, $NDF = f(FB)$, $ADF = f(FB)$

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- Tot prové des de 1964 (Conrad):

↑Nivell alimentari → ↑velocitat trànsit al tub digestiu → ↓ $d(\text{ració})$

Si ↑ nivell alimentari = 1 punt → ↓ $d(\text{ració})$ = 4%

Ingestibilitat d'un aliment = capacitat de ser ingerit

Característiques fisicoquímiques, estructurals i sensorials

Exemple:

- $d(\text{midó})$ = 0,974 a 0,999 (xais)
- $d(\text{midó})$ = 0,416 a 0,908 (vaques)

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- Sistema INRA UE

Preveu a priori MSVI (matèria seca voluntàriament ingerida)

(CI i VE, en unitats UE) (capacitat d'ingestió i valor d'*encombrement* en unitats d'*encombrement*)

$MSVI = f(\text{animal, maneig, aliment, entorn})$

$CI = f(\text{NecUFL, NecPDI, motivació, } d(\text{Ració}))$ (necessitats energia, de proteïna)

UE no només *encombrement* (atipament) sinó també *rassasiement* (assaciament) a causa de la regulació energètica i la palatabilitat

No pot preveure MSI (matèria seca ingerida) de diversos aliments tots ells *ad libitum* (impossible saber l'elecció que farà l'animal → **important plantejar racionament: el primer aliment amb marge dins límits, els altres farratges, millor amb quantitats fixes**)

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- VE (valor encombrenement) = $\text{Quantitat digesta al rumen} / \text{Quantitat aliment ingerit}$
 - VE = $f(\text{temps retenció fraccions degradables i no degradables})$ experiències *in situ* per a farratges
- Quantitat digesta al rumen = $f(\text{NDF})$

S'*estima* el valor de taules **bVEc** en concentrats

— (no es poden donar concentrats com a únic aliment i *ad libitum*)

↑↑ [base dades INRA] → VE ↔ ingestibilitat

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- **Herba referència**, estat fulla 1r cicle [50 mostres: PN, Ra, Ri, D, FP,

FE, F, B] = [150 g MNT, 250 g FB, 280 g ADF, 530 g NDF]/kg MS

- **Animals de referència**

- **Xai Texel**, 1,5 a 4 anys, 60 kg Pv (40-75), CI = 1,62 UEM, NI = 2,7% Pv

75 g MS/kg Pv^{0,75}

- **Boví, vedella Prim Holstein**, 16-18 mesos, 400 kg Pv (350-450), CI = 8,5 UEB

95 g MS/kg Pv^{0,75}

- **Vaca lletera**, 25 kg llet 4%, 4rt mes lactació, 600 kg Pv, CI = 17 UEL

140 g MS/kg Pv^{0,75}

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- $UE_f = MSVI_{f_referència} / MSVI_f$

(unitat d'atipament d'un farratge f és la matèria seca voluntàriament ingerida del farratge de referència dividida per la matèria seca voluntàriament ingerida del farratge f)

Exemples:

– Festuca (ensitjat)

$$UEM = 1,41 \text{ (valor a taules)} \rightarrow MSVI_{festuca} = 75 / 1,41 = 53,19 \text{ g MS/kg Pv}^{0,75} \text{ (xais, moutons)}$$

$$UEL = 1,14 \rightarrow MSVI_{festuca} = 140 / 1,14 = 122,80 \text{ g MS/kg Pv}^{0,75} \text{ (producció de llet)}$$

$$UEB = 1,26 \rightarrow MSVI_{festuca} = 95 / 1,26 = 75,39 \text{ g MS/kg Pv}^{0,75} \text{ (altres bovins)}$$

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- **Nivell d'ingestió** és la MS ingerida com a % del pes viu (no metabòlic)
- **Nivell d'ingestió de referència** (valor a taules NI_{ref} per a cada farratge; als concentrats no consta a taules, però és igual per a tots, $NI = 2$) (NI_{ref} serveix per comparar farratges; El NI de la ració varia)
- Exemple: raigràs verd inici espigat (taules: $NI_{ref} = 2,3$) (vol dir que el xai de referència n'ingerirà 2,3% del seu pes: 1,38 kg MS).

A taules UEM = 1,15, per tant

$$MSVI_m = 75/1,15 = 65,21739 \text{ g MS/kg PV}^{0,75}$$

$$\text{El } NI_{ref} = 65,21739 \times 60^{0,75}/60/10 = \mathbf{2,34} \text{ (xai de 60 kg)}$$

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

Per als farratges secs i ensitjats es fa el mateix, excepte per el **blat de moro, en verd o ensitjat**, en que es pren

$NI_{ref} = 1,4\%$ del pes viu

La MSVI es calcula per equacions a partir anàlisi química

Farratges secs: $MSVI_m, MSVI_l, MSVI_b = f(dMO, MNT)$.

Farratges ensitjats: $MSVI_m, MSVI_l, MSVI_b = f(dMO, MNT)$

Ensitjat de blat de moro $MSVI_m = f(dMO)$; $MSVI_l = f(dMO, MS)$; $MSVI_b = f(dMO, MS)$

En els ensitjats de favó, pèsol, gira-sol i en el de veça no hi ha equació, i es recomana agafar valors de taules per a les UE i per NI_{ref}

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- Previsió VEf
 - Xai, in vivo \rightarrow MSVIm [> 1.500 mesures]
 - Boví: $MSVI = f(MSVIm) = 22,4 + 0,969 \times MSVIm$
 - Vaques llet: $MSVI = f(MSVIm) = 78,0 + 0,826 \times MSVIm$
- Per a farratges conservats: $MSVI = f(MSVIverd)$
- EBM i palles directament
- A la pràctica: $VEf = f(\text{anàlisi química})$

INGESTIBILITAT, MSI, UE, NI

- bVEc, s'obté experimentalment

$$bVEc = 1/24 \times [(fd/kd + kp) + fi/kp]$$

fd fracció potencialment degradable de MS

fi fracció no degradable

kd taxa degradació/hora

kp taxa de pas fixada a 0,05/h per NI = 2

bVEc, s'expressa en UE, i només per a llet. Per a tots els concentrats el NIref és 2%.

A la pràctica:

$$bVEc = 0,8105 - 0,0083 \times DT_MS$$

Exemples: ordi (0,19), bm (0,34), **alfals deshidratat** (0,38), glutenmeal (0,50), melassa (0,04)

Homenatge a Ramon Trias Torrent



Ara, amb el mateix farratge, incorporem, el matí, concentrat (4 kg MS), i, per tant, de farratge 4 kg MS.
En total, pel matí 8 kg MS

A la tarda, al rumen no hi queda concentrat, i de farratge (simple regla de tres) n'hi quedaran 0,5 kg MS

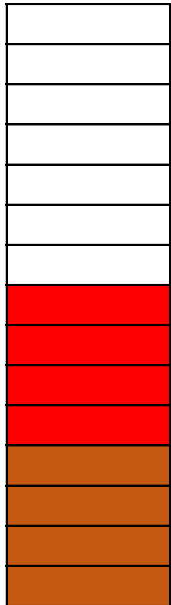


A la tarda n'hi donem també 4 kg MS de concentrat, i de farratge 3,5 kg MS.

Al dia, haurà menjat 8 kg MS de concentrat, i de farratge: $4 + 3,5 = 7,5$ kg MS, en total 15,5 kg MS

La taxa de substitució global serà:
Lo que deixa de menjar de farratge per cada kg de concentrat afegit, 8 kg de concentrat han desplaçat $(15 - 7,5) = 7,5$ kg MS de farratge: **1 kg MS Co ha desplaçat 0,94 kg MS de farratge**

Homenatge a Ramon Trias Torrent



Ara, amb el mateix farratge, incorporem, el matí, concentrat (4 kg MS), i, per tant, de farratge 4 kg MS. En total, pel matí 8 kg MS

A la tarda, al rumen no hi queda concentrat, i de farratge (simple regla de tres) n'hi quedaran 2 kg MS



A la tarda n'hi donem també 4 kg MS de concentrat, i de farratge 2 kg MS.

Al dia, haurà menjat 8 kg MS de concentrat, i de farratge: $4 + 2 = 6$ kg MS, en total 14 kg MS

La taxa de substitució global serà:

Lo que deixa de menjar de farratge per cada kg de concentrat afegit, 8 kg de concentrat han desplaçat $(12 - 6) = 6$ kg MS de farratge: **1 kg MS Co ha desplaçat**

0,75 kg MS de farratge

Proteïna

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

BPR indica: síntesi proteica microbiana a partir de la MNT permesa per MOF (matèria orgànica fermentada al rumen).

Al duodè què hi trobem?

- MNT no degradada al rumen (*by pass*)
- MNT microbiana
- MNT endògena

BPR = $MNT_{\text{ingerida}} - MNT_{(\text{no amoniacals})\text{duodè}}$ en g/kg MS

$MNT_{(\text{no amoniacals})\text{duodè}} = \text{MNT no degradada al rumen} + \text{MNT microbiana} + \text{MNT endògena}$

Per tant, **BPR** = $MNT_{\text{ingerida}} - (\text{MNT no degradada al rumen} + \text{MNT microbiana} + \text{MNT endògena})$

Per exemple,

BPR = 0 seria el mateix que abans PDIN = PDIE, al rumen hi ha prou energia per produir microbis → MNT microbiana

BPR > 0 seria el mateix que abans PDIN > PDIE, al rumen no hi ha prou energia per produir microbis, hi ha més MNT que passarà a amoniacal!

BPR < 0 seria el mateix que abans PDIN < PDIE, al rumen hi ha més energia que MNT per produir microbis. Li sobra energia

Proteïna

- N amoniacal = $105,2 + 1,45 \times \mathbf{BPR}$
- Si $BPR > 0$ es produeix molt N amoniacal
- Si $BPR < 0$ es produeix poc N amoniacal, però hi ha risc d'acidosis ruminal

Proteïna

- MNT és la matèria nitrogenada ingerida
 - Una part no es degrada (és la PDIA, *by pass*):
 - $MNT \times (1 - 0,01 \times DT_N)$ (DT_N degradabilitat MN)
 - Una part és que es degrada (MN_{Fermentescible})
 - $MNT \times 0,01 \times DT_N$

- A la pràctica

$$BPR = \underline{MNT \times 0,01 \times DT_N} - (MNT \text{ microbiana} + MNT \text{ endògena})$$

BPR és la diferència entre MN degradada i la microbiana formada, i la MNT endògena és igual a 14,2. Equilibri serà quan $BPR = 14,2$

Proteïna

Ara **BPR** és additiu i mesurable, i és un criteri pertinent no només per avaluar l'equilibri entre N degradable i energia disponible al rumen, sinó també per integrar els efectes quantitius de les **interaccions energia x nitrogen** en els processos digestius, així com el creixement microbià. També s'empra per predir les pèrdues urinàries de N.

Proteïna a INRA_2018

Recapitem! El problema és determinar la MN microbiana que arriba al duodè (que és o ha de ser tan bona com la *by pass*)

- INRA 1978 (*livre rouge*)
 - MN microbiana = 120 g/kg MOD (matèria orgànica digestible)
- INRA 1987
 - MN microbiana = 145 g/kg MOF (matèria orgànica fermentescible)

Proteïna a INRA_2018

INRA abans 2018: ignorava altres factors determinats de la producció microbiana.

Regressió inter-experiències:

MN microbiana al duodè =

$40,7 + 75,6 \times 10^{-3} \times \text{MO digerida al rumen} + 8,07 \times \text{PCO} - 0,114 \times \text{BPR}$

PCO, 0 a 1, proporció concentrat a la ració

BPR, balanç proteic ruminal!

MO digerida al rumen \equiv **MOF** (matèria orgànica fermentescible al rumen), i es determina en funció de MOD, PDIA, NDF i AG (**novetat**)

Proteïna a INRA_2018

Exemple: una ració determinada té:

MOF = 558,78 g/kg MS

NDF digestible = 315,72 g/kg MS

AG digestibles = 49,58 g/kg MS

PCO = 0,33

BPR = 2,66

$40,7 + 75,6 \times 10^{-3} \times \text{MO digerida al rumen} + 8,07 \times \text{PCO} - 0,114 \times \text{BPR}$

M microbiana = 85 g MN/kg MS

BPR < 0 (PDIN < PDIE), exp: BPR = -20

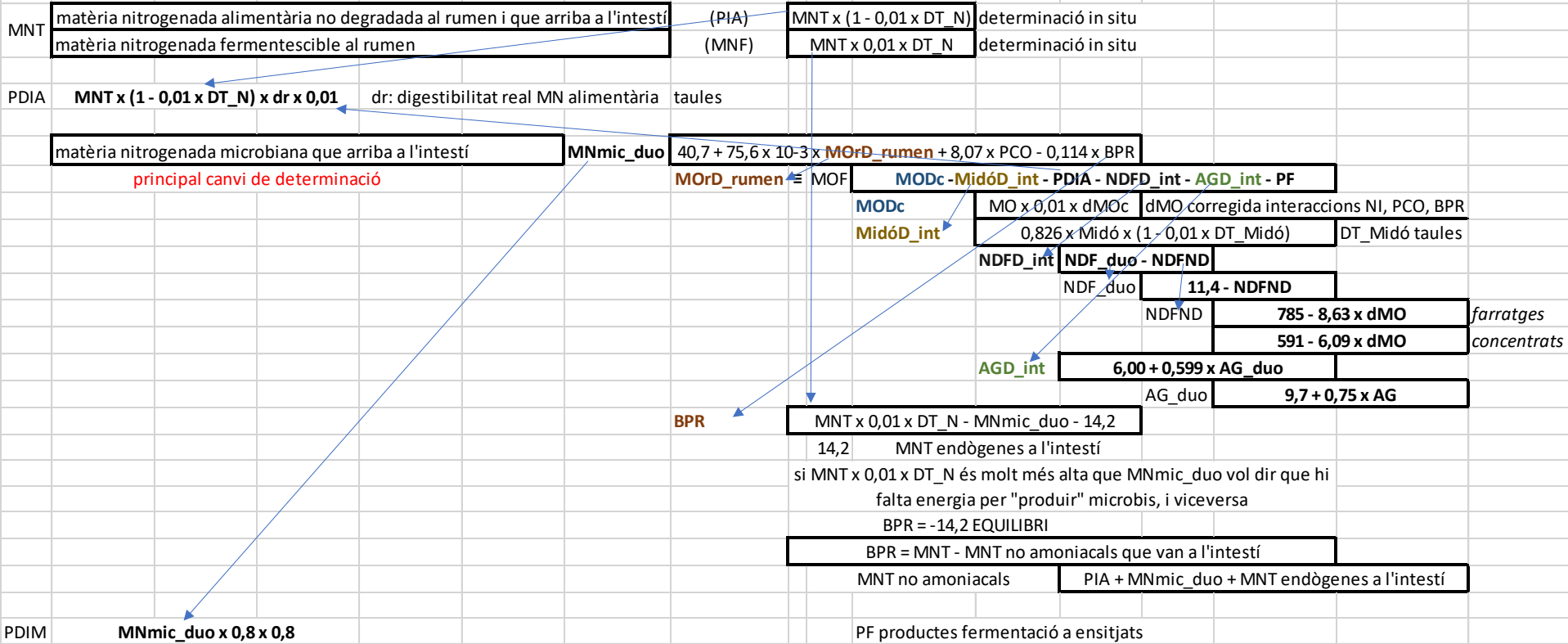
M microbiana = 87 g MN/kg MS

Si BPR > 0 (PDIN > PDIE), exp BPR = 20

M microbiana = 83 g MN/kg MS

INRA 1987: M microbiana = 145 g/kg MOF x 0,558 kg MOF/kg MS = 81

$$PDI = PDIA + PDIM$$



Etapes de la formulació de la ració

1. Preveure les **necessitats nutritives** i la CI de les vaques de llet
2. Disposar del valor nutritiu dels aliments disponibles
3. Preveure **els efectes de les interaccions digestives del nivell d'ingestió, la **proporció de concentrats** i el **balanç proteic al rumen****
4. Calcular les quantitats de cada aliment que en conjunt satisfan les necessitats nutritives modificades en el sí de de la ració
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 cicle productiu anual

- Objectiu: calcular la producció de llet per dia a una setmana determinada de la lactació
- Dades necessàries:
 - Producció a 305 dies
 - Taxa de greix (%)
 - Taxa de proteïna (%)
 - Pes vaca adulta (kg)
 - Edat mesos
 - Condició corporal vaca eixuta al part
 - Pes vedell al naixement

El cicle productiu anual: determinar la producció de llet màxima (pic)

- Primíparas:

$$Pl_{305} \times \{1 + [0,0055 \times (tg \times 10^{-40}) + 0,0033 \times (tp \times 10^{-31})]\} / 260$$

- Multíparas:

$$Pl_{305} \times \{1 + [0,0055 \times (tg \times 10^{-40}) + 0,0033 \times (tp \times 10^{-31})]\} / 230$$

La producció potencial al pic (tg 4%, tp 3,1%) marcarà la producció potencial dia a dia des del part

El cicle productiu anual: determinar la producció de llet potencial

- Objectiu: $PI (sl)_{pot}$ producció diària a la sl
- Dades necessàries
 - Interval entre parts (dies): $IP/7 = IP$ en setmanes
 - Setmana lactació (sl)
 - Setmana fecundació (sf): entre 8 i $(IP - 40)$
 - Setmana gestació calculada en lactació (sg): $sl + 1 - sf$

Primíparas

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

Multíparas

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

El cicle productiu anual: la condició corporal (0 a 5)

- Objectiu: Calcular *mobilització potencial* (+ o -) reserves energia (**UFL_VPR_{pot}**) en UFL/dia i proteiques (**PDI_VPR_{pot}**)
- Dades necessàries:
 - CC al part (CC_{part})
 - Setmana lactació (sl)
 - Producció potencial màxima (Pl_{pic})

1 punt CC mobilitza o reconstitueix 206 UFL

$$\mathbf{UFL_VPR_{pot}} = -k + [A/(1 - B)] \times [\exp^{(-B \times sl)} - \exp^{(-sl)}]$$

$$A = -9,5 + 0,4 \times Pl_{pic} \times + 1,89 \times CC_{part} \quad (\text{primípaes})$$

$$A = -13,2 + 0,4 \times Pl_{pic} \times + 1,89 \times CC_{part} \quad (\text{multípaes})$$

$$B = 1/CC_{part}$$

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

El cicle productiu anual: la condició corporal (0 a 5)

$$\text{PDI_VPR}_{\text{pot}} = \text{PDI_ut} + 33 \times \text{UFL_VPR}_{\text{pot}} \text{ en g PDI/dia}$$

 PDI_ut : mobilització suplementària a l'inici de la lactació associada a la involució uterina

sl = 1, PDI_ut = 100 g PDI/dia

sl = 2, PDI_ut = 50 g PDI/dia

Les variacions potencials de proteïnes estan associades a la variació potencial de les reserves corporals en UFL, suposant una variació de 33 g PDI/UFL i una mobilització suplementària associada a la involució uterina

El cicle productiu anual: la condició corporal (0 a 5)

- Exemples Calcular *mobilització potencial* (+ o -) reserves energia (**UFL_VPR_{pot}**) en UFL/dia i proteiques (**PDI_VPR_{pot}**)

sl = 2: **UFL_VPR_{pot}** = 4,72 UFL/dia **PDI_VPR_{pot}** = 205,69 g PDI/dia

sl = 15: **UFL_VPR_{pot}** = - 0,44 UFL/dia **PDI_VPR_{pot}** = -14,54 g PDI/dia

En el primer cas, la vaca *aporta* (la ració no necessita tant)

En el segon cas, la vaca *necessita* reconstituir (la ració ha de ser més rica)

El cicle productiu anual: la condició corporal (0 a 5)

- Objectiu: Calcular la CC a una setmana de lactació (CC_{sl}) necessari per calcular la capacitat d'ingestió
- Dades necessàries:
 - CC al part (CC_{part})
 - Setmana lactació (sl)
 - Producció potencial màxima (Pl_{pic})

$$CC_{sl} = CC_{part} - 0,034 \times [A/B - K \times sl + (A/(1 - B)) \times (\exp^{-sl} - (\exp^{-B \times sl})/B)]$$

$$A = - 9,5 + 0,4 \times Pl_{pic} \times x + 1,89 \times CC_{part} \text{ (primíparas)}$$

$$A = - 13,2 + 0,4 \times Pl_{pic} \times x + 1,89 \times CC_{part} \text{ (multíparas)}$$

$$B = 1/CC_{part}$$

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

El cicle productiu: Necessitats energia (NecUFL) UFL/dia

$$\text{NecUFL} = \text{NecUFL}_{\text{mant}} + \text{NecUFL}_{\text{creixement}} + \text{NecUFL}_{\text{PI}} + \text{NecUFL}_{\text{gest}}$$

- **Manteniment:** $\text{NecUFL}_{\text{mant}} = 0,0536 \times \text{Pv}^{0,75} \times \text{lact}$
 - Pv pes viu en kg
 - I_{act} índex de l'activitat: 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:** les necessitats de creixement són funció de l'edat (mesos) en particular en vaques primíparas, i, en general, per vaques amb menys de 40 mesos.

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

- **Producció de llet**

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

tg i tp en g/kg (taxes greix i proteïna)

- **Gestació:**

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

$\text{Pv}_{\text{vedell}}$ pes viu del vedell en néixer

sg, setmana de gestació

El cicle productiu: necessitats proteïna (NecPDI) g PDI/dia

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

EfPDI: eficàcia d'ús de PDI, variable, funció de l'equilibri **aports/necessitats**

Necessitats proteïnes **NecPDI_no productives** (funcions no productives)

- **NecPDI_PU_{endo}** proteïnes endògenes *turn-over* corporal **0,312 x Pv**; no depenen de l'eficiència proteica (*EfPDI*).
- **NecPDI_P_{epidèrmiques}** proteïnes produccions epidèrmiques **(0,2 x Pv^{0,6})/EfPDI**
- **NecPDI_P_{EF}** proteïnes endògens fecals **MSI x (5 x (0,57 + 0,0074 x MOND))/EfPDI**
MSI és la matèria seca ingerida
MOND és la matèria orgànica no digestible.

Necessitats proteïnes (funcions productives)

- **NecPDI_creixement**

- Si edat < 40, NecPDI_creixement = 0
- Si edat > 40, NecPDI_creixement = $(270 - 6,66 \times \text{edat}) / \mathbf{EfPDI}$

- **NecPDI_Pi**, producció de llet

$$(\mathbf{Pi} \times \mathbf{tp}) / \mathbf{EfPDI}, \text{ tp en g/kg}$$

- **NecPDI_gest**, gestació

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

El cicle productiu: necessitats proteïna (NecPDI) g PDI/dia

EfPDI

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

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

- 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 de proteïna de la llet, i, en conseqüència, la *EfPDI* en el sí d'una ració.

El cicle productiu: Necessitats minerals

P_{abs} , g/d	Manteniment	$0,83 \times MSI + 0,002 \times Pv$
	Creixement, per kg d' Δ	$1,2 + 4,66 \times Pv_{adult}^{0,22} \times Pv^{-0,22}$
	Gestació (darrer terç)	$7,38 / (1 + \exp^{(19,1 - 5,46 \times \ln(40 - stpart))})$
	Lactació, per l llet	0,9
Ca_{abs} , g/d	Manteniment per al creixement	$0,663 \times MSI + 0,008 \times Pv$
	Manteniment per a la gestació, sense lactació	$0,015 \times Pv$
	Manteniment per a la lactació	$0,663 \times MSI + 0,008 \times Pv$
	Creixement, per kg d' Δ	$9,83 \times Pv_{adult}^{0,22} \times Pv^{-0,22}$
	Gestació (darrer terç)	$23,5 / (1 + \exp^{(18,8 - 5,03 \times \ln(40 - stpart))})$
	Lactació, per l llet	1,25

Bovins en general. Pv_{adult} pes viu adult; Pv pes viu; stpart setmana part

El cicle productiu: Necessitats minerals

Mg _{abs} , g/d	Manteniment	0,011 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	0,4
	Gestació (darrer terç)	0,3
	Lactació, per l llet	0,15
K, g/d	Manteniment en lactació	0,115 x Pv
	Manteniment altres estats fisiològics	0,07 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	1,6
	Gestació (darrer terç)	1
	Lactació, per l llet	1,5
Na, g/d	Manteniment per al creixement i la gestació	0,015 x Pv
	Manteniment per a la lactació	0,023 x Pv
	Creixement, per kg d'Δ	1,4
	Gestació (darrer terç)	1,3
	Lactació, per l llet	0,45

Bovins en general. Pv pes viu

El cicle productiu: Necessitats minerals

Cl, g/d	Manteniment per al creixement i la gestació	0,023 x Pv
	Manteniment per a la lactació	0,035 x Pv
	Creixement, per kg d' Δ	1
	Gestació (darrer terç)	1
	Lactació, per l llet	0,15
S, g/d		2,0 x MSI
Co, mg/d		0,3 x MSI
Cu, mg/d		10 x MSI
I, mg/d	Lactació	0,5 a 0,8 x MSI
	Altres estats fisiològics	0,4 a 0,5 x MSI
Mn, mg/d		50 x MSI
Se, mg/d	segons la producció lletera	0,1 a 0,2
Zn, mg/d		50 x MSI
Cr, mg/d		No recomanacions
Mo, mg/d		No recomanacions

Bovins en general. Pv pes viu; MSI kg MS ingerida

El cicle productiu: Necessitats vitamines

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

INGESTIÓ

Respostes de la ingestió i de la producció de llet a les variacions de les aportacions alimentàries

- $[PDI]_{\text{ració}}$
- Concentrats $_{\text{ració}}$
- **La CI es corregeix contínuament**
 - $CI \times \text{Ind}_{[PDI/UFL]}$
 - $\text{Ind}_{[PDI/UFL]} = 0,91 + 0,115 / (1 + \exp^{(0,13 \times (90 - (PDI/UFL)))})$
 - Procés iteratiu → entra al plantejament racionament
 - $[PDI/UFL] \dots 70 \text{ a } 130 \rightarrow \text{Ind}_{[PDI/UFL]} \dots 0,85 \text{ a } 1,05 (+-)$

INGESTIÓ

Concentrats _{ració}

- Sg criteri metabòlic, model simula canvis en funció de la densitat energètica ració. Sg s'estima a partir de respostes marginals $S_m = \Delta MSIf / \Delta MSIc$ Model logístic
- Experiències INRA: $S_m = 0,58 + 1,83 \times (PCO - R_{pCO})$ quan $PCO = RPCO$, és a dir quan es cobreixen les necessitats UFL que corresponen a la producció potencial de llet (balança UFL = 0)
→ $S_m = 0,58$; R_{pCO} és específica per a cada situació, és l'objectiu a determinar, és la proporció de concentrats a la ració!

INGESTIÓ

Model logístic

$$Sm(PCO) = So + (S - So) / (1 + d \times \exp^{-9,5 \times (PCO - R_{PCO})})$$

$$Sm \text{ entre } So = bVEc/VEf \text{ i } S = UFLc/UFLf$$

$$d = ((S - So) / (TSm_{R_{PCO}} - So)) - 1$$

$TSm_{R_{PCO}}$ és el punt d'inflexió, paràmetre per calibrar
Sm quan $PCO = R_{CPO}$

Si $\uparrow [PDI]_{\text{ració}} \rightarrow \uparrow CI \rightarrow \downarrow R_{CPO} \rightarrow \uparrow VEc \rightarrow \downarrow Co_{\text{ració}}$

$$TSm_{R_{PCO}} = 0,4 + 0,4 / (1 + \exp^{-0,15 \times (100 - PDI/UFL)})$$

$$Sm(PCO) = 0,58 \text{ si } PCO = R_{PCO}$$

INGESTIÓ

Validació externa del model:

$$S_m(\text{PCO}) = 0,55 + 0,97 \times (1 - \text{EXP}^{-1,53 \times (\text{PCO} - R_{\text{PCO}})})$$

$S_o = 0,25$ mitjana valors bVEc/UEf

$S = 1,22$ mitjana UFLc/UFLf

Si $\text{PCO} = R_{\text{PCO}}$ **$S_m = 0,55$** (model INRA 0,58)

INGESTIÓ

Taxa de substitució global (Sg) kg MSf/kg MSc

Calcular la integral: $Sg(PCO) = (1/PCO) \int_0^{PCO} Sm(PCO) \times dPCO$

Solució algebraica de la integral

$Sg(PCO) = (S - S_0) \times [1 + (1/9,5 \times PCO) \times \ln[(d \times \exp^{(-9,5 \times (PCO - R_{PCO}))}) + 1] / (d \times \exp^{(9,5 \times R_{CPO})} + 1)] + S_0$
 R_{PCO} % Co a la ració: s'ha de complir la següent equació:

aportacions energètiques de Co + aportacions dels farratges ± energia reserves = NecUFL

$[(R_{PCO} \times UFL_{Co}) + ((1 - R_{PCO}) \times UFL_f)] \times MSI_{RPCO} + UFL \text{ reserves} = NecUFLpot$

MSI_{RPCO} MSI quan $PCO = R_{PCO}$ i balanç energètic = 0

$$MSI_{RPCO} = CI / [UEf \times (R_{PCO} \times Sg(R_{PCO}) + (1 - R_{PCO}))]$$

$R_{PCO} = f(MSI)$ i $MSI = f(R_{PCO}, Sg)$ procés iteratiu!

El valor $Sg(R_{PCO})$ és, per tant, un cas particular de $Sg(PCO)$

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

El cicle productiu: la capacitat d'ingestió (CI, en UE)

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

- $I_{\text{CI}_{\text{lact}}}$, índex efecte inici lactació
 $a + (1 - a) \times (1 - \exp^{-0,25 \times \text{sl}})$
 $a = 0,6$ (primíparas); $a = 0,7$ (multíparas)
- $I_{\text{CI}_{\text{gest}}}$, índex efecte gestació
 $0,8 + 0,2 \times (1 - \exp^{-0,25 \times (40 - \text{sg})})$
- $I_{\text{CI}_{\text{maduresa}}}$, índex efecte edat (maduresa)
 $- 0,1 + 1,1 \times (1 - \exp^{-0,08 \times \text{edat}})$,
- $I_{\text{CI}_{\text{PDI}}}$, índex específic contingut proteïnes, basat en PDI/UFL en el sí de la ració
 $0,91 + 0,115 / (1 + \exp^{0,13 \times (90 - (\text{PDI}/\text{UFL}))})$

El cicle productiu: la taxa de substitució (Sg) i càlcul del punt R_{PCO}

Per calcular la MSI (kg MS/dia) la fórmula general del sistema d'UE: **$MSI = CI / (UEf \times (1 - PCO) + UEc \times PCO)$**

Exemple:

$$CI = 18,89 \text{ UE}$$

$$UEf = 1,05 \text{ UE/kg MS}$$

$$PCO = R_{PCO} = 0,30 \text{ (30\% de la MS prové dels concentrats)}$$

$$Sg (R_{PCO}) = 0,35 \text{ kg MSf/kg MSc}$$

$$UEc \text{ (aports UE dels concentrats)} = UEf \times Sg = 1,05 \text{ UE/kg MSf} \times 0,35 \text{ kg MSf/kg MSc} = 0,3675 \text{ UE/kg MSc}$$

$$MSI = 18,89 / (1,05 \times (1 - 0,30) + 0,3675 \times 0,30) = 22,35 \text{ kg MS}$$

Interaccions digestives sobre la digestibilitat de la MO

- 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.

Interaccions digestives sobre la *dMO*

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.

Interaccions digestives: **Nivell d'ingestió (NI)**

- Per a cada ingredient NI_{ref} nivell d'ingestió de referència (és la MS ingerida com a % Pes viu)
- NI_{ref} i UEM estan relacionats. NI_{ref} és una manera de caracteritzar un aliment, i aquest valor s'empra a vaques i altres bovins
- Exemple:
 - Si $MSVI_{m} = 82,52$ g MS de raigràs per kg pes metabòlic
 - $NI_{ref} = 82,52 \times 60^{0,75} / 60 / 10 = 2,96$ % pes viu (no metabòlic)
- Per al blat de moro, en verd o ensitjat, $NI_{ref} = 1,4\%$ del pes viu.
- Els concentrats tenen, tots, $NI_{ref} = 2$ %

Interaccions digestives: **Nivell d'ingestió (NI)**

dMO_m és la digestibilitat de la matèria orgànica d'una ració, mesurada in vivo, i intra-experiències s'obté:

$$dMO_m = 76 - 2,74 \times NI$$

NI és el nivell d'ingestió de la ració, en % del pes viu.

La ració (combinació de farratges i concentrats) tindrà un valor **NI_{ref}** igual a suma producte de les quantitats de cada ingredient i els respectius valors NI_{ref}

La vaca de Pv menjarà MSI en kg d'aquesta ració, que expressat sobre el Pv és el **NI** = MSI x 100/Pv (% del pes viu)

La diferència entre el calculat i el real és la interacció sobre la dMO:

$$\Delta dMO_{NI} = - 2,74 \times (NI - NI_{ref})/100$$

(valor que *suma o resta* a la **dMO** (valor que calculem per la suma producte quantitats ingredients i valors dMO de taules)

Interaccions digestives: **Proporció de concentrats a la ració (PCO)**

- Experimentalment l'efecte de PCO sobre la dMO de la ració s'expressa així:

$$\Delta dMO_CO = - 6,5 / (1 + (0,35/PCO)^3) / 100$$

(Valor que *suma o resta* a la dMO)

Interaccions digestives: Balanç proteic al rumen (BPR)

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

La ració formulada tindrà un valor BPR_{ref} (cada ingredient ve caracteritzat pel seu valor BPR a taules)

La interacció de la BPR sobre la dMO:

$$\Delta \text{dMO}_{\text{BPR}} = 0,060 \times (\text{BPR} - \text{BPR}_{\text{ref}}) / 100$$

(Valor que *suma o resta* a la dMO)

Interaccions digestives

Les tres interaccions s'afegeixen a la dMO (calculada per la suma producte de les quantitats de cada ingredient per la seva dMO, de taules)

La digestibilitat de la matèria orgànica de la ració s'anomena digestibilitat corregida **dMOc**

$$dMOc = dMO + (\Delta dMO_NI + \Delta dMO_CO + \Delta dMO_BPR)$$

L'equació de restricció energètica del plantejament de la ració seria la següent, sense interaccions, suma producte de quantitats de cada ingredient pel seu valor UFL igual a necessitats:

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

Si hi considerem les interaccions, les necessitats van canviant en el sí de la ració: $\sum_i X_i \times UFL_i = NecUFL \times (dMO/dMOc)$

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions productives

EfPDI = \sum funcions proteiques productives i no productives/PDI disponible

PDI disponible = PDI ingerida - **NecPDI_NU**_{endògen}

(les *NecPDI_NU*_{endògen} no depenen de l'eficàcia d'ús)

EfPDI = 0,67 és un paràmetre pivot per calcular les respostes marginals de producció de proteïna al subministrament de PDI.

Estudis interpretatius, factorials, etc., duen a que *EfPDI* està correlacionada a la [PDI]_{ració}

Els mètodes de càlcul de *EfPDI* s'han comparat (estadísticament) a l'ajustament exponencial entre *EfPDI* i [PDI]_{ració}

$$EfPDI = EfPDI_{100} \times \exp^{-b \times (PDI-100)}$$

*EfPDI*₁₀₀ és l'eficàcia quan PDI=100

Vaques lleteres: ***EfPDI* = 0,67 x exp^[-0,007 x (PDI-100)]**

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions productives

Càlcul directe de la EfPDI = \sum funcions proteiques / \sum (PDI ingerida - NecPDI_NU_{endògen})

$$\text{Balanç E} = \text{UFL} \times \text{MSI} + \text{UFL_VPR} - \text{NecUFLpot}$$

$$\text{Balanç P} = \text{PDI} \times \text{MSI} + \text{PDI_VPR} - \text{NecPDIpot}$$

1. Si **balanç energètic de l'efecte de la ració > 0** → les proteïnes es fixen i el balanç proteic és una despesa proteica

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{\text{epidèrmiques}} + MP + \text{Balanç Proteic}) / (\text{PDI}_{\text{ingerida}} - \text{NecPDI_NU}_{\text{endògen}})$$

2. Si **balanç energètic < 0** → el balanç proteic es considera com una aportació d'energia i el valor absolut del balanç proteic s'ajusta a $\text{PDI}_{\text{ingerida}}$

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{\text{epidèrmiques}} + MP) / (\text{PDI}_{\text{ingerida}} + |\text{balanç proteic}| - \text{NecPDI_NU}_{\text{endògen}})$$

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Exemple

Producció llet kg llet	34,91	
Necessitats en UFL calculades	23,85	
Variació a causa de la condició corporal UFL_VPR	-0,51	
Aportació UFL ració final	27,82	
Balanç energètic = Aportacions + Variació - Necessitats	3,45	27,82-0,51-23,85
Necessitats en PDI calculades	2.391,53	
Variació a causa de la condició corporal PDI_VPR	-16,96	
Aportació PDI ració final	2.667,95	
Balanç proteic = Aportacions + Variació - Necessitats	259,46	2.667,95-16,96+2.391,53
Producció MP = producció llet x 31	1.082,11	34,91x 31
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	8,65	De la ració calculada
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	9,74	De la ració calculada
NecPDI_NU endo	202,8	
PDI ingerides - NecPDI_NU_endo	2.465,15	
$EfPDI = (PEF + Pepidèrmiques + MP + Balanç Proteic)/(PDIingerida - NecPDI_NUendògen)$	0,55	(8,65+9,74+1.082,11+259,46)/ 2.465,15

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Exemple

Es partia d'unes necessitats per produir 34,91 kg de llet (4%, 3,1%), calculades en el cas de PDI amb una *EfPDI* = 0,67 i s'arriba a *EfPDI* = 0,55, ja que l'elevada producció obliga a augmentar PCO fins el 50%, i com es veu les necessitats canvien

NecUFL 23,85 ► 27,82

NecPDI 2.391,53 ► 2.667,95

Ració final

ENSITJAT Blat de moro Vidriós 35,571

FENC Alfals Botons florals 1,438

PALLA Ordi 0,816

Ordi gra 1,493

Blat de moro gra 4,682

Soja tortó 48 curtit "tanne" 5,991

Mandioca 1,500

Ordi bagàs cerveseria sec 1,075

Llevat cerveseria 0,306

Grassa vegetal (tots els tipus) 0,048

Respostes a l'augment de concentrat a la ració

Per una ració formulada:

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 (Δ MSIc kg concentrat per sobre de l'equilibri de la ració):

$$\text{resp_MSI} = 0,452 \times \Delta\text{MSIc} - 0,020 \times \Delta\text{MSIc}^2$$

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:

$$\text{resp_PI} = 0,527 \times \Delta\text{MSIc} - 0,0137 \times \Delta\text{MSIc}^2$$

$$\text{resp_tp} = 0,167 \times \Delta\text{MSIc} - 0,0043 \times \Delta\text{MSIc}^2$$

$$\text{resp_tg} = 0,50 \times \Delta\text{MSIc} - 0,037 \times \Delta\text{MSIc}^2$$

La Ració i el Nitrogen urinari i el fecal

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:

$$\text{NU}_{\text{calculat}} = \alpha \text{ BPR}/6,25 + \text{PDI}/6,25 \times (1 - \text{EfPDI}) + \text{NU}_{\text{endogen}} + \text{NUNP}_{\text{microbià}} + 0,47 \times \text{Balanç proteic}$$

NU en g N/dia/kg Pv

$\text{BPR}/6,25$ és el N del BPR i $\alpha < 1$ és la proporció de N del BPR mesurat que es perd a través del NU

$\text{PDI}/6,25 \times (1 - \text{EfPDI})$ 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)

$\text{NU}_{\text{endogen}}$ és el N urinari endogen (igual a $0,312 \times \text{Pv}$)

$\text{NUNP}_{\text{microbià}}$ és el N urinari procedent del N no proteic microbià (igual a $\text{N}_{\text{microbià}} \times 0,116 \times 0,8 \times 0,85$)

$0,47 \times \text{Balanç proteic}$, se suposa que el balanç de N sobreestima la retenció de N en un 53%.

La Ració i el Nitrogen urinari i el fecal

El valor NU de la ració i el rang de contaminació en el medi:

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 $0,20 < NU < 0,30$

La Ració i el Nitrogen urinari i el 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 ± 2,02 g N/kg MSI**.

0,037 mols C/g (MO – MNT_{fecal})

0,045 mols C/g MNT_{fecal}

0,0114 mols N/g MNT_{fecal}

Relació carboni/nitrogen de la matèria fecal:

C/N = 14,2 + 52,7 x EXP^(-0,014 x MNT) – 3,76 x PCO

15 <= C/N <= 25 normal, C/N < 15 hi ha excés N fecal

El metà i la vaca de llet

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

La normalitat està entre 25 i 43 de CH₄/MOD

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)

Predicció emissió de metà:

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

El greix afegit i el metà

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

$\Delta\text{CH}_4/\text{MS}$ és la variació de les emissions de metà en g/kg MS a l'increment del greix. 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.

Canvis en els coeficients d'eficàcia EN/EM

Simbol	Funció relativa a l'us de la EM	INRA 2018	$q = EM/EB$
kl	Producció de llet + reserves + manteniment femelles lactants	No	$kl = 0,60 + 0,24 \times (q - 0,57)$
kls	Producció de llet + manteniment femelles lactants	Sí	$kls = 0,65 + 0,247 \times (q - 0,63)$
	Manteniment + Δ bovins de creixement lent		
km	Manteniment + Δ animals en creixement i engreix	Sí	$km = 0,287 \times q + 0,554$
kf	Engreix o acabament	Sí	$kf = 0,78 \times q + 0,006$
kmf	Manteniment i Δ animals en creixement ràpid	Sí	$kmf = (km \times kf \times 1,5) / (kf + 0,5 \times km)$
kg	Δ i manteniment	No	$kg = 0,571 + 0,348 \times (q - 0,6)$
kpf	Dipòsit de proteïnes i de lípids (composició de Δ coneguda)	Sí	$kpf = 0,35 + 0,25 \times (1 - Ep)^2$
			Si $Ep = 1$ $kpf = 0,35$, si $Ep = 0$ $kpf = 0,60$
Ep energia sota forma de proteïnes continguda en l'energia de l' Δ , és la proporció de l'energia fixada en forma de proteïnes			
ktg	EM en reserves corporals i reserves corporals en llet	Sí	$ktg = kls + 0,15$
kgest	Gestació (Δ fetus i uter)	Sí	0,12 a 0,16