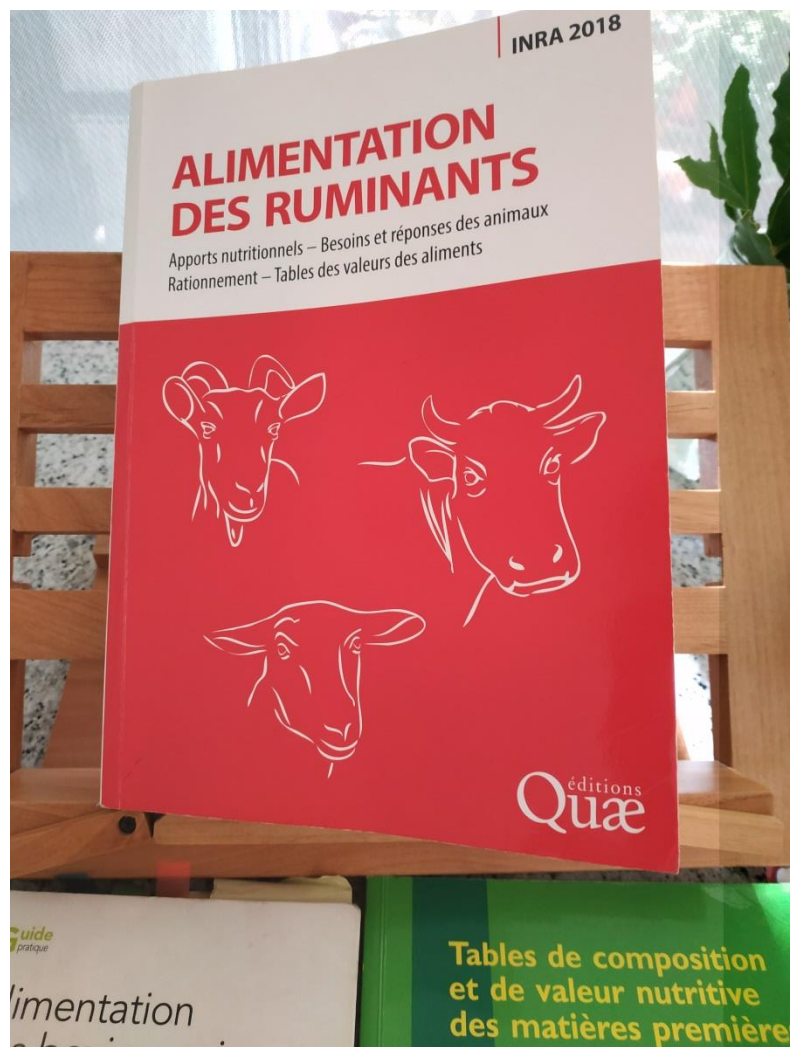


Racionnement vaques de llet



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 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): $sl + 1 - sf$

1. Primíparas:

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

2. 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 proteïques (**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

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

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

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

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

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

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

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})

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

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

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

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

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

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

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

- **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).

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

1. $\text{NecUFL} = \text{NecUFL_mant} + \text{NecUFL_creixement} + \text{NecUFL_PI} + \text{NecUFL_gest}$
- **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.
$$\text{NecUFL_creixement} = 3,14 - (0,077 \times \text{edat})$$

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

1. $NecUFL = NecUFL_{mant} + NecUFL_{creixement} + \mathbf{NecUFL_{PI}} + \mathbf{NecUFL_{gest}}$

- **Producció de llet:**

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

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

- **Gestació:**

$$NecUFL_{gest} = 0,000695 \times Pv_{vedell} \times \exp^{(0,116 \times sg)}$$

Pv_{vedell} pes viu del vedell en néixer

sg, setmana de gestació

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

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

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

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

$$\text{NecPDI_no productives} = \text{NecPDI_PU}_{\text{endo}} + \text{NecPDI_P}_{\text{epidèrmiques}} + \text{NecPDI_P}_{\text{EF}}$$

- **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.

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

NecPDI_creixement

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

NecPDI_Pi, producció de llet

$$**$(Pi \times tp)/EfPDI$** , tp en g/kg$$

NecPDI_gest, gestació

$$**$(0,0448 \times Pv_{\text{vedell}} \times \exp^{(0,111 \times sg)})/EfPDI$**$$

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:

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

- el **balanç proteic**:

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

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

Digestió proteïnes a l'intestí

- El que ens interessa saber PDI

PDI = {**Proteïnes alimentàries** digestibles, **Proteïnes microbianes** digestibles}

dr digestibilitat real:

variable a Proteïnes alimentàries

fixe a Proteïnes microbianes

Digestió proteïnes a l'intestí

Proteïnes microbianes digestibles = 80% de $MNT_{microbiana}$ que arriba a l'intestí ($41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOrD_{rumen} + 8,40 \times PCO$) i es considera que $dr = 80\%$

Proteïnes microbianes digestibles = $MNT_{microbiana} \times 0,8 \times 0,8$

Proteïnes alimentàries digestibles (és la PDIA o *by-pass digestible!*) = $MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N) \times dr$

Digestió proteïnes a l'intestí

Proteïnes alimentàries digestibles (és la PDIA o *bypass*) = $\frac{\text{MNT}_{\text{ingerida}} \times (1 - \text{DT N})}{dr}$

De la proteïna no degradada al rumen que arriba a l'intestí una part *no és digestible* i aquesta part (a INRA-2018) es prediu:

La matèria nitrogenada *no digestible* fecal està composta de matèria nitrogenada *no digestible* (que és la que busquem), de matèria nitrogenada microbiana *no digestible* i fibra *no digestible*

Digestió proteïnes a l'intestí

Proteïnes alimentàries digestibles (és la PDIA o *bypass*) = $\frac{MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N)}{dr}$

La matèria nitrogenada *no digestible* fecal (MNND) està composta de matèria nitrogenada alimentària *no digestible* (que és la que busquem), de matèria nitrogenada microbiana *no digestible* i fibra *no digestible*

$$MNND = 26,9 + \frac{0,193 \times MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N)}{dr} + 0,106 \times MNT_{microbiana} + 0,022 \times NDFND$$

$\frac{0,193 \times MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N)}{dr}$ = PAND és la matèria nitrogenada alimentària *no digestible* i es determinarà a través de l'equació anterior (l'anomenem PAND – proteïna alimentària *no digestible*), PIA = matèria nitrogenada no fermentada al rumen

Per tant, $dr = (PIA - PAND)/PIA$

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

Vaques llet

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

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

- I_CI_{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_CI_{gest} , índex efecte gestació
 $0,8 + 0,2 \times (1 - \exp^{-0,25 \times (40 - \text{sg})})$
- I_CI_{maduresa} , índex efecte edat (maduresa)
 $- 0,1 + 1,1 \times (1 - \exp^{-0,08 \times \text{edat}})$,
- I_CI_{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)

- Sabem que el valor d'atipament d'un aliment concentrat està associat a la **taxa de substitució (Sg)** de manera que:
 $UEc = UEf \times Sg$
UEc UE totals del concentrat a la ració
UEf UE totals del farratges a la ració
Sg és la quantitat de MS farratgera que desplaça la incorporació d'un kg de concentrat, dins d'una ració.
- La novetat és que Sg és funció d'un **valor basal d'atipament del concentrat** que només té a veure amb l'atipament físic, i s'obté experimentalment i s'incorpora a les taules (**bVEcbVEc** només per a llet, i s'expressa en UE

El cicle productiu: la taxa de substitució (Sg)

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

Sg(PCO) taxa de substitució per a una proporció de concentrat PCO a la ració

$S_0 = bVEc/UEf$; el valor mínim S_0 correspon al valor d'atipament físic del concentrat

$S = UFLc/UFLf$; el valor màxim S correspon a una substitució energètica de 1 UFL de farratge per 1 UFL de concentrat

$$d = (S - S_0) / (P_{\text{inflexió}} - S_0)$$

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

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

R_{PCO} proporció teòrica PCO necessària per l'equilibri energètic ració

El cicle productiu: la taxa de substitució (Sg)

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

$$R_{PCO} = 0$$

A partir d'aquí, si no s'acompleixen, es va incorporant concentrats

$PCO > 0$ fins arribar a un punt en què

$R_{PCO} = PCO$ i s'acompleixin les necessitats

Evidentment, la incorporació de concentrats deprimeix la digestibilitat i s'entra en múltiples iteracions

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

- $S_g(PCO) = \left((S - S_0) \times \left[1 + \frac{1}{(9,5 \times PCO)} \times \ln \left(\frac{d \times EXP^{(-9,5 \times (R_{PCO} - PCO) + 1)}}{d \times EXP^{(9,5 \times R_{PCO}) + 1}} \right) \right] \right) + S_0$
- El valor $S_g (R_{PCO})$ és, per tant, un cas particular de $S_g(PCO)$
- $S_g(R_{PCO}) = \left((S - S_0) \times \left[1 + \frac{1}{(9,5 \times R_{PCO})} \times \ln \left(\frac{d+1}{d \times EXP^{(9,5 \times R_{PCO}) + 1}} \right) \right] \right) + S_0$

Un cop s'hagi arribat al punt de retrobament, la ració té una taxa de substitució global $S_g(PCO)$ on PCO és R_{PCO}

El valor d'atipament de la quantitat de concentrat a la ració és $UEc = UEf \times S_g(PCO)$.

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

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

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)

• Herba de referència:

- 150 g MNT
- 250 g FB
- 280 g ADF
- 350 g NDF
- dMO = 0,77 (valorada en el xai de referència)

• Xai de referència

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

MSVIm = 75 g MS/kg $P^{0,75}$; per a qualsevol altre farratge es determina la seva ingestió MSVIm i el valor UEM = 75/MSVIm

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)

- 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):

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

$$\text{MNT}(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}} = \text{MNT}_{\text{ingerida}} \text{ no degradada} + \text{MNT}_{\text{microbiana}} + \text{MNT}_{\text{endògena}}$$

BPR indica: síntesi proteica microbiana a partir de la MNT permesa per MOF al rumen.

Anteriorment empràvem 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 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.

Interaccions digestives: Balanç proteic al rumen (BPR)

$$\text{MNT}(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}} = \text{MNT}_{\text{ingerida no degradades}} + \text{MNT}_{\text{microbiana}} + \text{MNT}_{\text{endògena}}$$

$$\text{MNT}_{\text{ingerida no degradada}} = \text{MNT}_{\text{ingerida}} \times (1 - \text{DT_N})$$

DT_N, degradabilitat de les proteïnes, és un valor experimental per a cada ingredient (és a taulas), i, per tant, sabem DT_N de la ració

$$\text{MNT}_{\text{microbiana}} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOrD_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$$

MOrD_rumen, és la matèria orgànica digestible al rumen, o sigui la MOF, la matèria orgànica fermentescible; valor que s'obté de la composició de la ració (cada ingredient té el seu valor)

$$\text{MNT}_{\text{endògena}} = 14,20 \text{ (valor fixo)}$$

Interaccions digestives: Balanç proteic al rumen (BPR)

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

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:

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

(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*)

- Abans INRA-2018:
- Les necessitats de manteniment PDI eren $f(P_v)$, no integraven les variacions de les pèrdues de N no productives associades als canvis en les aportacions.
- Les necessitats productives PDI es calculaven a una *EfPDI* constant (0,64).

Es subestimaven

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*): Funcions no productives

- *Pèrdues endògenes (proteïnes endògenes fecals (P_{EF}))*
- *Pèrdues N urinari ($NU_{endògen}$)*
- *Pèrdues epidèrmiques ($P_{epidèrmiques}$)*

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions no productives (*proteïnes endògenes fecals: P_{EF}*)

- Intra-experiències, a nivell fecal la matèria nitrogenada no digestible (MNND) és igual a

$$0,163 \times \text{MNT}_{\text{ingerida no degradada}} + 0,20 \times \text{MNT}_{\text{microbiana}} + 5,7 + 0,074 \times \text{MOND}$$

$\frac{\text{MNT}_{\text{ingerida no degradada}}}{\text{MNT}_{\text{endògena}}}$ (mesurades nivell fecal, integren 14,2 g/kg MS)

$\text{MNT}_{\text{microbiana}}$ (se suposa un 20% a femtes)

MOND, matèria orgànica mesurada nivell fecal

A partir d'aquí es poden determinar les pèrdues de P_{EF}

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions no productives (*proteïnes endògenes fecals: P_{EF}*)

- **$P_{EF} = 5,7 + 0,074 \times \text{MOND}$**

INRA-2018 considera $[\text{AA}]_{P_{EF}} = 50\%$

$$\text{NecPDI}_{P_{EF}} = \text{MSI} \times [0,5 \times (5,7 + 0,074 \times \text{MOND})] / \text{EfPDI}$$

Les necessitats augmenten amb la ingestió (MSI) i quan la qualitat del règim alimentari (MOD) i l'eficàcia disminueixen.

Si $\text{EfPDI} = 0,67$ $\text{NecPDI}_{P_{EF}} = 19,8 \pm 3,7$ g/kg MS

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions no productives (*Pèrdues N urinari, NU_{endògen}*)

Vàries aproximacions

1. $\log_{10} NU = -1,17 + 1,00 \times \log_{10} Pv$

NU, nitrogen urinari

Aquesta equació ens du $NU = 0,067 \times Pv$

2. $NU = 0,063 + 0,317 \times ND_{\text{ingerit}}$

ND_{ingerit} nitrogen aparentment digestible

La intersecció de l'ordenada a l'origen d'aquesta equació és $\approx 0,067$ g/kg Pv

En tot cas NU integra una part de N no proteic d'origen microbià ($N_{\text{microbià}} \times 0,116 \times 0,8 \times 0,85$) que hauria de restar-s'hi.

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions no productives (*Pèrdues N urinari, NU_{endògen}*)

La contribució del N no proteic d'origen microbià al N urinari s'obté (base dades):

$$\frac{NU \text{ no proteic microbià}}{NU} = \frac{0,3325}{\left(1 + \left(\frac{NU}{0,203}\right)\right)}$$

Si $NU = 0,067$ g/dia/kg Pv, $\frac{NU \text{ no proteic microbià}}{NU} = 0,25$

Les *Pèrdues N urinari: NU_{endògen}* = $0,067 \times (1 - 0,25) \times Pv$

Les necessitats: **NecPDI_NU_{endògen}** = $0,312 \times Pv$

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Funcions no productives (*Pèrdues epidèrmiques, P_{epidèrmiques}*)

Les pèrdues epidèrmiques de N són com a màxim el 5% de les pèrdues de les funcions no productives, tot i així *EfPDI és variable*

$$\text{NecPDI}_{P_{\text{epidèrmiques}}} = 0,2 \times P_v^{0,6} / \text{EfPDI}$$

$$\text{NecPDI}_{\text{no productives}} = \text{NecPDI}_{P_{\text{EF}}} + \text{NecPDI}_{\text{NU}_{\text{endògen}}} + \text{NecPDI}_{P_{\text{epidèrmiques}}}$$

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})

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

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

2. Si balanç energètic < 0 → el balanç proteic es considera com una aportació de proteïnes i el valor absolut del balanç proteic s'ajusta a PDI_{ingerida}

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

Eficàcia metabòlica proteïnes (*EfPDI*)

Exemple

Producció 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	<i>27,82-0,51-23,85</i>
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	<i>2.667,95-16,96+2.391,53</i>
Producció MP = producció llet x 31	1.082,11	<i>34,91x 31</i>
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	8,65	<i>De la ració calculada</i>
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	9,74	<i>De la ració calculada</i>
NecPDI_NU endo	202,8	
PDI ingerides - NecPDI_NU_endo	2.465,15	
$EfPDI = (PEF + Pepidèrmiques + MP + Balanç Proteic)/(PDIingerida - NecPDI_NUendògen)$	0,55	<i>(8,65+9,74+1.082,11+259,46)/2.465,15</i>

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

<i>ENSITJAT Blat de moro Vidriós</i>	<i>35,571</i>
<i>FENC Alfals Botons florals</i>	<i>1,438</i>
<i>PALLA Ordi</i>	<i>0,816</i>

<i>Ordi gra</i>	<i>1,493</i>
<i>Blat de moro gra</i>	<i>4,682</i>
<i>Soja tortó 48 curtit "tanne"</i>	<i>5,991</i>
<i>Mandioca</i>	<i>1,500</i>
<i>Ordi bagàs cerveseria sec</i>	<i>1,075</i>
<i>Llevat cerveseria</i>	<i>0,306</i>
<i>Grassa vegetal (tots els tipus)</i>	<i>0,048</i>

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 (ΔMSIc 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.