

Grup de remugants "Ramon Trias"

Racionament alimentari de vedells (creixement i/o engreix – finalització-)

Basat en INRA-2018

PRINCIPIS DEL RACIONAMENT

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

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

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

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

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

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

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

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

ABREVIATURES I SIGNIFICAT

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

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

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

PDI_{ing} , PDI ingerida

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

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

PF, productes de la fermentació en els ensitjats

PI_{pic} , producció al pic de la lactació

PI_{pot} , producció de llet potencial

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

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

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

sg, setmana de gestació

Sg, taxa de substitució global farratge concentrat

sl, setmana de lactació

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

tp, taxa de proteïna en % o en g/kg

UE, unitat d'atipament (*encombremet*)

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

UEc, unitats d'*encombremet* concentrat

UEf, unitats d'*encombremet* farratge

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

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

UFL, unitat farratgera llet

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

UFV, unitat farratgera carn (*viande*)

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

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

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

DIFERENTS MODELS DE PRODUCCIÓ DE CARN DE BOVÍ I RACIONAMENT

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

Nosaltres hem seguit els models d'engreix INRA-2018, en els quals els diferents càlculs relatius al guany de pes viu (proteïnes, greix) es fan amb "animals de referència" que cada usuari pot adaptar a la modalitat d'engreix que empra.

ANIMALS DE REFERÈNCIA (DADES ORIENTATIVES)

- 1.-Vedells **Engreix** (finalització) gran format tardans (Xarolés, p.e)
- 2.-Vedells **Engreix** (finalització) tardans (Limousins, p.e)
- 3.-Vedells **Engreix** (finalització) precocitat mitjana (vaques rústiques)
- 4.-Vedells **Engreix** (finalització) precocitat alta (vaques lleteres)
- 5.-Bous tardans **Engreix** (finalització) de 20 a 33 mesos
- 6.-Bous precoces **Engreix** (finalització) de 24 a 28 mesos
- 7.-Vedelles tardanes **Engreix** (finalització) de 15 a 30 mesos

- 8.-Vedells tardans **Creixement** de 8 a 24 mesos
- 9.-Vedells precoces **Creixement** de 6 a 24 mesos
- 10.-Vedelles tardanes **Creixement** de 8 a 28 mesos
- 11.-Vedelles lleteres **Creixement** de 6 a 24 mesos

Races	Característiques de l'engreix
Charolais	Pes naixement 47 kg. Deslletament a 6-8 mesos. Vedell de 15 mesos Pv = 550 kg. Guany mitjà diari, GMD 1.400 g. Índex de conversió IC (4,6) Rendiment a la canal 65-70%. Rendiment carnisser 79-85% carn.
Limousin	Pes naixement 42 kg. Deslletament a 7-8 mesos. Vedell de 15 mesos Pv = 550 kg. GMD 1.500 g. Rendiment canal 70%. Rendiment carnisser 73% carn.
Blonde d'Aquitaine	Guany mitjà diari 1.500 a 1.700 g. Aprofitament dels vedells en escorxadors de 65 fins a 68 %. Aprofitament de carn neta 75% fins a 80 %.
Blanc blau belga	Guany mitjà diari: 1.400 g. Vedell a 12 mesos (480 kg); Vedell 15-16 mesos (650 kg); Precoç; Edat al primer part 32 mesos; Rendiment canal 66%.
Fleckvieh-Simmenthal	Pes naixement 47 kg. GMD: 1.300 a 1.400 g. Vedell a 12 mesos (510 kg); Rendiments canal de 57 a 60%.
Rubia Gallega	GMD: 1.560 g. IC (4,1) fins 460 kg.; GMD: 1.580 g. IC (4,3) fins 550 kg. Rendiment canal: 60%. Rendiment carnisser 73% carn, 8,8% greix, 18,1% os. Producció de <i>añojo</i> (anoll): cicle curt (14 mesos i 500 kg), cicle mitjà (18 mesos i 600 kg). GMD:1.400 g. IC (4,2) fins 460 kg.; GMD:1.530 g. IC (4,3) fins 550 kg.; Rendiment canal: 64%. Rendiment carnisser 76,9% carn, 7,1% greix, 16% os.
Pirinenca	Vedells 9-10 mesos (300-350 kg), Vedells 12 mesos (430 kg). Anoll pesat (550-600 kg). GMD:1.540 g. IC (4,3) fins 300 kg.; GMD:1.670 g. IC (4,1) fins 460 kg.; GMD:1.750 g. IC (4,3) fins 550 kg.
Tudanca	Vedells "pastero" 5-6 mesos (120-130 kg).
Avilenya-Negra Iberica	Vedell 12 mesos (323 kg), GMD:1.940 g. IC (3,6) fins 300 kg.; GMD:1.350 g. IC (4,4) fins 460 kg.; GMD:1.590 g. IC (4,6) fins 550 kg.
Retinto	Vedell 12 mesos (393 kg). GMD:1.360 g. IC (5,1) fins 300 kg.; GMD:1.510 g. IC (4,8) fins 460 kg.; GMD:1.400 g. IC (5,1) fins 550 kg.
Morucha	Vedell pastero 5-9 mesos (pesos escassos i variables). GMD:1.200 g. IC (4,1) fins 300 kg.; GMD:1.240 g. IC (4,6) fins 460 kg.; GMD:1.280 g. IC (4,9) fins 550 kg. Rendiment canal: 56%.
Bruna, Parda	Pes mitjà vaques 600-700 kg, mascles 800-1.100 kg. Pes viu sacrifici 550 kg. GMD:1.850 g. IC (3,9) fins 300 kg.; GMD: 1.690 g. IC (4,1) fins 460 kg.; GMD: 1.740 g. IC (4,2) fins 550 kg. Rendiment canal: 60,9%. Rendiment carnisser: 71,7% carn, 10% greix, 18,3% os.

Races de:	Exemples
Llet	Frisona-Holstein; Bruna Suïssa; Jersey; Ayshire; Guernsey; Menorquina; Shorthorn; Tarentaise; Normanda; Montbeliarda; Abondance; Danesa vermella; Bretona; Simental o Fleckvieh, etc.
Carn	Blonde d'Aquitaine; Charolaise; Blanc blau belga; Limousin; Hereford; Aberdeen angus; Shorthorn Durhan; Piemontesa; Rubia Gallega; Asturiana de los valles; Retinta; Bruna; etc.
Rústiques	Brunes, Aubrac, Salers, Retinta, Avilenya, Morucha, Cachena, Tudanca, Asturiana de los montes, etc.

DESPESES I NECESSITATS ENERGÈTIQUES

La relació entre els valors mesurats d'EMI (energia metabolitzable ingerida) i la retenció o l'equilibri energètic net (balEN) calculat com la diferència entre EMI mesurada i la producció de calor:

$$\text{balEN/Pv}^{0,95} = - 21,35 + 0,555 \times \text{EMI/Pv}^{0,95}$$

La retenció d'EN ($7,71 \pm 11,54 \text{ kcal/Pv}^{0,75}$, de $- 17,3$ a $31,0$) i la ingestió d'EM ($49,4 \pm 18,9 \text{ kcal/Pv}^{0,75}$, de $12,4$ a $103,0$).

Segons aquesta equació l'eficàcia de retenció d'EM és $\text{kg} = 0,555 \pm 0,008$ i les necessitats de manteniment són de $21,35 \pm 0,40 \text{ kcal EN}_{\text{mant}}/\text{Pv}^{0,95}$ o $38,5 \text{ kcal EM}_{\text{mant}}/\text{Pv}^{0,95}$.

Al voltant del valor pivot $\text{EM}_{\text{mant}} = 38,5 \text{ kcal/Pv}^{0,95} \text{ km} = \text{kg}$. El coeficient km per al manteniment per als animals en creixement i engreix ($\text{km} = 0,287 \times q + 0,554$). El coeficient kg era en els sistema INRA anterior per a l'increment de pes i manteniment, i ja no s'empra.

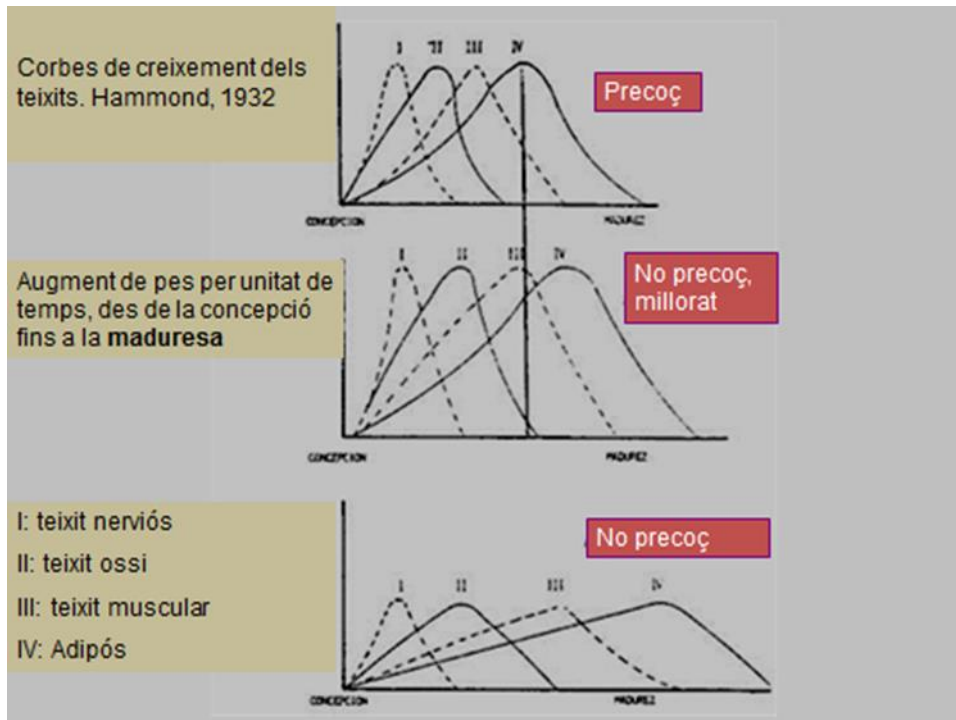
Si l'equació s'aplica globalment al conjunt de dades sobre els remugants en creixement i no productius, els residus poden explicar-se, en gran part, per al metabolisme mesurat ($q = \text{EM}/\text{EB}$) de la ració. És possible, per tant, calcular les variacions de kg en funció de q:

$\text{kg} = 0,571 + 0,348 \times (q - 0,6)$, on kg és l'eficàcia de l'EM per a l'augment de pes i manteniment i q és la relació EM/EB.

Concepte d'al·lometria

El procés de creixement no és isomètric. Lleis d'al·lometria, velocitat de creixement relativa a un teixit X en relació al pes corporal. El coeficient d'al·lometria (All), $\text{All} = (\text{dX}/\text{X})/(\text{dPv}_{\text{buit}}/\text{Pv}_{\text{buit}})$. La primera corba de creixement és la dels teixits nerviosos abans del part (All = 0,2 a 0,5); la segona correspon als ossos i als dipòsits minerals, amb una taxa de creixement màxima a l'inici de la vida aèria (All = 0,7 a 0,9); la tercera corba correspon al teixit proteic, amb un màxim al punt d'inflexió del creixement que correspon a la pubertat (All \approx 1), i l'última correspon als lípid i greixos amb una taxa màxima pròxima a la maduresa (All = 1,3 a 2,5).

Els coeficients d'al·lometria varien també amb les característiques dels animals.



Composició i contingut energètic de l'augment de pes

EB lípids = 9,39 kcal/g

EB proteïnes = 5,48 kcal/g

$$\Delta Pv_{\text{buit}} = a \times \Delta \text{Prot} + b \times \Delta \text{Lip}; \text{ kg/dia}$$

$\Delta \text{EN} = 5,48 \times \Delta \text{Prot} + 9,39 \times \Delta \text{Lip}$; és l'energia neta (Mcal/dia) en el guany de pes, o energia dipositada.

Per a tots els tipus de remugants, s'admet $a \approx 5$ (al voltant del 20% de proteïnes a massa desgreixada) i $b \approx 1$ (molt poca aigua associada al greix corporal). En conseqüència, ΔPv_{buit} està determinat per ΔProt , sobretot als animals joves; després d'un pic ΔProt disminueix i esdevé insignificant, i ΔPv_{buit} vindrà determinat pels canvis en ΔLip (coeficient al·lometria alt). Per contra, ΔEN augmenta en el curs del creixement amb la proporció de lípids.

Mètodes de càlcul del creixement estàndard i de les necessitats

1. Càlcul del contingut digestiu i Pv_{buit} del Pv
2. Càlcul dels lípids (Lip) a partir de Pv_{buit}
3. Càlcul de la massa proteica corporal (Prot) a partir de la massa magre ($Pv_{\text{buit}} - \text{Lip}$)
4. Tot es deriva per tal de calcular ΔPv_{buit} , ΔProt , ΔLip i ΔEN

PES I AUGMENT

Ens interessa saber la relació entre el pes viu i el guany de pes en cada moment (t) i el pes viu de l'adult i el pes inicial (d_1 i d_2 són dos paràmetres de les equacions, específics per a cada grup d'animals de referència. Segons la llei de Gompertz:

$$Pv = Pv_0 \times \text{EXP}^{(d_1 \times (1 - \exp(-d_2 \times t)))}$$

$$\text{GPv o GMD} = d_2 \times Pv \times \ln(Pv_0 \times \exp^{(d_1)})/Pv$$

Amb aquestes equacions per a cada animal podem determinar el pes final durant un període d'engreix, i el guany mitjà diari de pes.

COMPOSICIÓ DELS TEIXITS

Hi ha tres relacions al·lomètriques, que serviran per arribar a calcular les necessitats durant el procés d'engreix.

$Pv_{buit} = c_0 \times Pv^{c_1}$, c_0 i c_1 varien segons animal de referència i es calculen a partir $Pv_{inicial}$ i el seu contingut digestiu (CD) estimats:

$$Pv_{buit\ inicial} = Pv_{inicial} \times (100 - CD_{inicial})/100$$

$$Pv_{buit\ final} = Pv_{final} \times (100 - CD_{final})/100$$

$$c_1 = \ln(Pv_{buit\ final}/Pv_{buit\ inicial})/\ln(Pv_{final}/Pv_{inicial})$$

$$c_0 = \text{EXP}^{(\ln(Pv_{buit\ inicial}) - c_1 \times \ln(Pv_{inicial}))}$$

Massa corporal i els lípids:

$Lip_corp = b_0 \times Pv^{b_1}$ b_0 i b_1 paràmetres per a cada animal de referència:

$$Lip_corp_{inicial} = Lip\%Pv_{buit\ inicial} \times Pv_{buit\ inicial}/100$$

$$Lip_corp_{final} = Lip\%Pv_{buit\ final} \times Pv_{buit\ final}/100$$

$$b_1 = \ln(Lip_corp_{final}/Lip_corp_{inicial})/\ln(Pv_{buit\ final}/Pv_{buit\ inicial})$$

$$b_0 = \text{EXP}^{(\ln(Lip_corp_{inicial}) - b_1 \times \ln(Pv_{buit\ inicial}))}$$

$Prot_corp = 0,1436 \times Mdel^{1,0723}$, on $Mdel$ és la massa corporal sense lípids $Mdel = Pv_{buit} - Lip_corp$

El guany de lípids és proporcional al GMD elevat a 1,78

$$GuanyLip_{observat} = (guanyLip_{referència}/(guanyPv_{buit\ referència})^{1,78} \times guanyPv_{buit_{observat}}$$

EFICÀCIA DE L'EM PER AL CREIXEMENT I L'ENGREIX

L'ús d'EM depèn de l'alimentació (mesurats en el calorímetre a curt termini) i de la composició corporal i d'augment corporal (mesurats a llarg termini), no hi ha estudis que els integrin i, per tant, no es disposa de cap equació única.

INFLUÈNCIA DE L'ALIMENTACIÓ

Coefficients més emprats: km (manteniment) i kf (creixement i engreix), relacionades al règim alimentari ($q = EM/EB$).

$$km = 0,287 \times q + 0,554$$

$$kf = 0,78 \times q + 0,006$$

A més, la relació km/kf no és constant i varia segons el nivell de producció, un coeficient kmf combinat s'ha calculat per a un nivell de producció de 1,5:

$$kmf = (km \times kf \times 1,5) / (kf + 0,5 \times km)$$

kmf és l'eficàcia combinada de l'EM per al manteniment, el creixement i el dipòsit de carn. Tot expressat en kcal/kcal. Els règims amb un valor de q feble (més fibrosos i menys digestibles) donen produccions de calor més altes, associats a un feble rendiment en l'ús d'EM.

INFLUÈNCIA DE L'ANIMAL

$kpf = 0,35 + 0,25 \times (1 - Ep)^2$, és l'eficàcia d'ús de l'EM per a l'augment d'energia en forma de proteïnes i de greixos, Ep, entre 0 i 1, és la proporció d'energia fixada en forma de proteïnes. Els valors de kf i kpf són iguals, al voltant de 0,51, si només el 20% de l'energia és retinguda en forma de proteïnes i si $q \approx 0,64$.

Segons aquesta equació, l'eficàcia d'ús de l'EM és de 0,35 per al dipòsit de proteïnes (soles) o de 0,60 per al dipòsit de lípids (sols).

En conseqüència, per als remugants en creixement, la necessitat en EM per dipositar 1 kg de proteïnes és, aproximadament, igual a 11,2 Mcal, pròxim al valor per dipositar 1 kg de lípids (11,75 Mcal). En canvi, a causa dels diferents continguts d'aigua en els teixits, les necessitats per dipositar 1 kg de teixit magre (2,24 Mcal) són menors que per dipositar 1 kg de teixit adipós (11,75 Mcal). Sobre una base de Pv, les necessitats en EM per a 1 kg d'augment de Pv augmenten quan la proporció de lípids augmenta en l'increment, i quan els animals tornen més madurs.

Per tant, les **necessitats** en energia i les **recomanacions** en bovins en creixement es determinen en varies etapes de càlculs successius, per tal de tenir en compte l'alimentació i la composició corporal.

NECESSITATS ENERGÈTIQUES DE MANTENIMENT EN REMUGANTS EN CREIXEMENT I EN ENGREIX.

Per al manteniment les despeses energètiques són molt variables entre autors ($124,2 \pm 22,1$ kcal/kg $Pv^{0,75}$). Qüestions metodològiques. S'imposa el mètode de sacrificis successius.

Bovins en creixement: necessitats de manteniment 101 kcal EN/kg $Pv^{0,75}$, si bé varia segons tipus animal

Bovins de carn: necessitats de manteniment (INRA 2007) 100 kcal/kg $Pv^{0,75}$, i expressat en EM, amb $km = 0,726$, és igual a $143,3$ kcal/kg $Pv^{0,75}$. Són valors pròxims a les de manteniment de vaques lleteres.

NECESSITATS I APORTACIONS RECOMANADES

Necessitats energètiques = Necessitats de manteniment + Necessitats del creixement i engreix

S'ha de tenir en compte que l'eficàcia o eficiència de la EM per dipositar EN (en forma de proteïna i lípids) és molt variable segons el tipus d'animal, aquí considerem fins nou tipus d'animals de referència, i, per tant, les innumerables taules per a cada tipus les hem convertides a l'EXCEL que després explicarem, amb la finalitat de simplificar el càlcul de necessitats.

L'eficàcia de la EM també, lògicament, varia segons sigui el racionament alimentari.

El problema és que km (eficàcia d'ús de la EM per al manteniment) i kf (eficàcia d'ús de la EM per a produir carn) no són constants quan $q = EM/EB$ varia en les racions.

Si $GMD > 1$ kg/dia

$$\text{NecEM}_{\text{mant}} = \text{NecEN}_{\text{mant}}/\text{km}$$

$$\text{km} = 0,287 \times q + 0,554$$

El valor q ara té un valor mitjà de 0,60 (per a l'engreix) en lloc de 0,63 (edicions anteriors)

Si $\text{GMD} > 1 \text{ kg/dia}$

$$\text{NecEM}_{\text{mant}} = \text{NecEN}_{\text{mant}}/\text{km}'$$

$$\text{km}' = 0,287 \times q' + 0,554$$

$$q' = 0,62 - 0,262 \times \exp^{-3,175 \times \text{GMD}}$$

Les necessitats del guany o de la producció seran la suma dels dipòsits en proteïna i en greix, com ja hem vist anteriorment (EB lípids = 9,39 kcal/g i EB proteïnes = 5,48 kcal/g).

$$\text{NecEN}_{\text{guany}} = 5,48 \times \text{guanyProteïna} + 9,39 \times \text{guanyLípids}$$

$$\text{NecEM}_{\text{guany}} = \text{NecEN}_{\text{guany}}/\text{kpf}$$

Ep (%) és la proporció d'energia fixada en forma proteica, i el model kpf s'ha determinat amb múltiples assaigs amb sacrificis d'animals controlats:

Ep = 0, vol dir que el 100% del guany és de lípids

Ep = 1, vol dir que el guany no té lípids

$$\text{kpf} = 0,35 + 0,25 \times (1 - \text{Ep})^2$$

$$\text{Ep} = 5,48 \times \text{guanyProteïna} / (5,48 \times \text{guanyProteïna} + 9,39 \times \text{guanyLípids})$$

L'eficàcia kpf decreix amb el guany de proteïnes.

NECESSITATS EXPRESSADES EN UF

$\text{GMD} > 1 \text{ kg/dia}$

$$\text{NecEN}_{\text{carn}} = (\text{NecEM}_{\text{mant}} + \text{NecEM}_{\text{guany}}) \times \text{kmf}$$

$\text{kmf} = (\text{km} \times \text{kf} \times \text{NP}) / (\text{kf} + \text{km} \times (\text{NP} - 1)) = (\text{km} \times \text{kf} \times 1,5) / (\text{kf} + 0,5 \times \text{km})$, per a un nivell de producció (NP) mitjà de 1,5, i això ens du a $\text{km} = 0,73$, $\text{kf} = 0,47$ i $\text{kmf} = 0,62$ quan $q = 0,60$.

$\text{GMD} < 1 \text{ kg/dia}$

$$\text{NecEN}_{\text{llet}} = (\text{NecEM}_{\text{mant}} + \text{NecEM}_{\text{guany}}) \times \text{kls}$$

$$\text{kls} = 0,65 + 0,247 \times (q' - 0,63)$$

Els valors **NecEN_{carn}** i **NecEN_{llet}** expressades en kcal que passem a UFV i UFL dividint per 1.760 kcal.

Per als animals de referència hi ha uns paràmetres de les corbes de creixement i de la composició corporal, els quals serveixen per determinar les necessitats.

I_{tipus} i **c** són dos paràmetres per a la capacitat d'ingestió (ho veurem més endavant)

d_1 i d_2 , són els paràmetres de l'equació de Gompertz que representen l'evolució del pes viu en funció del temps (t, en dies).

CD_0 i CD_1 són els continguts digestius inicial i final en % del pes viu

LIP_0 % i LIP_1 %, són els lípids corporals inicial i final en % del pes viu buit

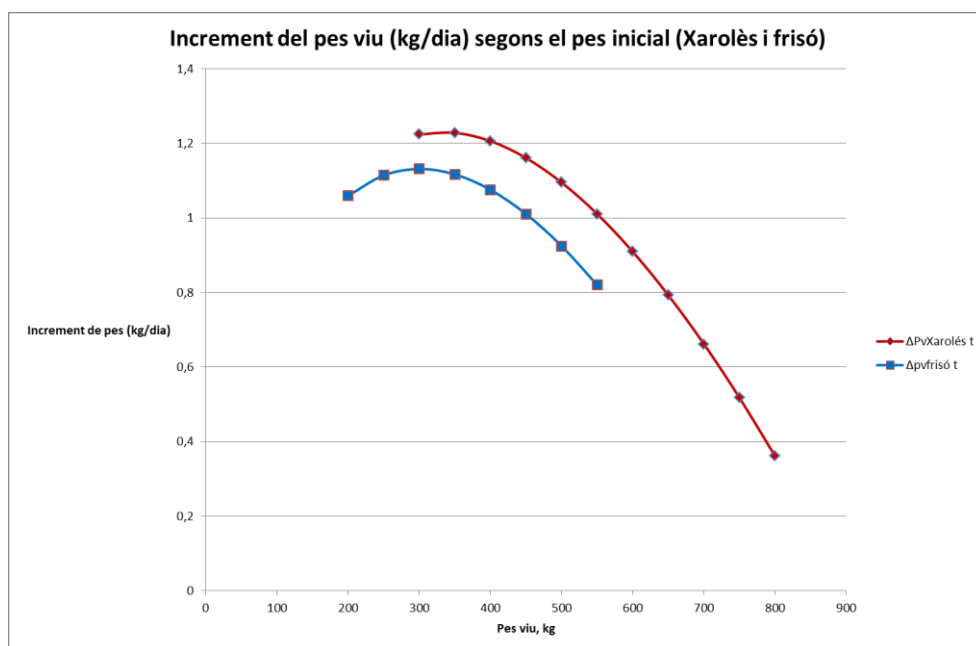
recEN_mant, és un coeficient de les necessitats de manteniment en kcal d'EN per kg de pes metabòlic

Tipus animals de referència	Paràmetres del model de creixement									
	Pv inicial	Pv final	d_1	d_2	$CD_{inicial} \%PV$	$CD_{final} \%Pv$	Lip inicial %Pv	Lip buit %Pv	Lip final %Pv	recEN_mant
1.-Vedells Engreix (finalització) gran format tardans (Xarolés, p.e)	300	800	1,1028	0,0037	16,00	11,00	8,00	16,00	16,00	102
2.-Vedells Engreix (finalització) tardans (Limousins, p.e)	330	730	1,1028	0,0037	15,00	10,80	8,00	15,00	98	
3.-Vedells Engreix (finalització) precocitat mitjana (vaques rústiques)	250	680	1,4078	0,0038	18,00	12,00	10,00	19,50	100	
4.-Vedells Engreix (finalització) precocitat alta (vaques lleteres)	200	550	1,4078	0,0038	20,00	12,00	7,50	21,00	95	
5.-Bous tardans Engreix (finalització) de 20 a 33 mesos	500	750	0,6290	0,0035	12,00	10,00	11,00	16,50	106	
6.-Bous precoces Engreix (finalització) de 24 a 28 mesos	540	660	0,6290	0,0035	13,00	11,00	16,00	21,20	108	
7.-Vedelles tardanes Engreix (finalització) de 15 a 30 mesos	450	700	0,6174	0,0035	13,00	10,00	13,00	18,00	106	
8.-Vedells tardans Creixement de 8 a 24 mesos	300	540	1,1140	0,0025	16,00	12,00	8,00	11,00	94	
9.-Vedells precoces Creixement de 6 a 24 mesos	200	520	1,5013	0,0025	20,00	13,00	7,50	18,00	94	
10.-Vedelles tardanes Creixement de 8 a 28 mesos	300	550	1,1140	0,0025	18,00	13,00	9,00	14,00	94	
11.-Vedelles lleteres Creixement de 6 a 24 mesos	200	480	1,5013	0,0025	20,00	13,00	9,00	21,00	94	

Les aportacions d'energia recomanades es calculen per un ajustament final de les necessitats EN a les aportacions mesurades en les experiències. Quan aquest ajustament és òptim, el valor de les necessitats de manteniment esdevenen un nivell d'energia recomanat (recEN_mant, en Kcal/KgPV^{0,75})

A partir d'aquesta taula es determinen les necessitats.

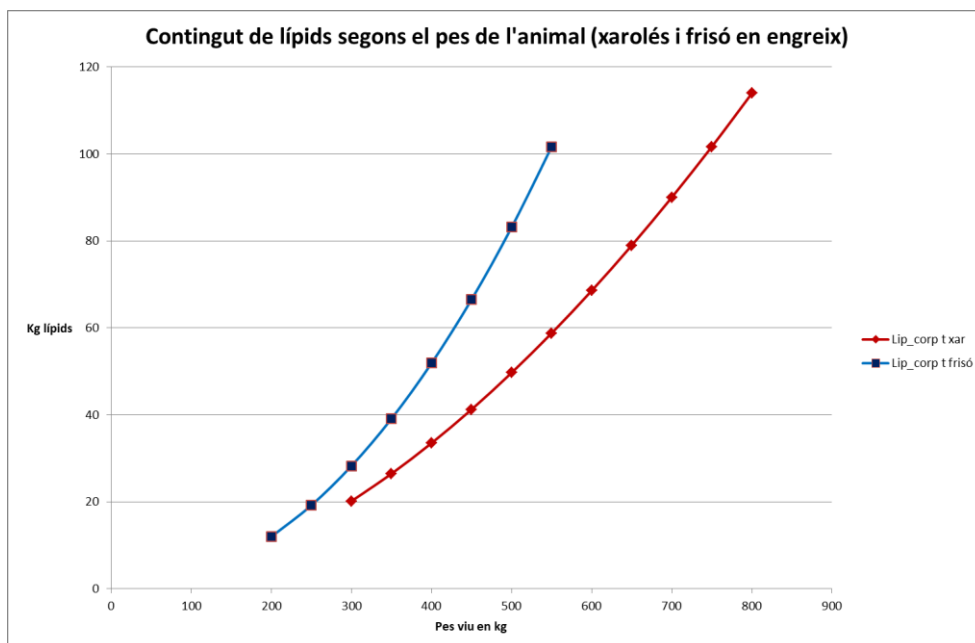
Veiem les diferències en dos exemples, un d'animals de gran format i un altre de vedells de races lleteres.



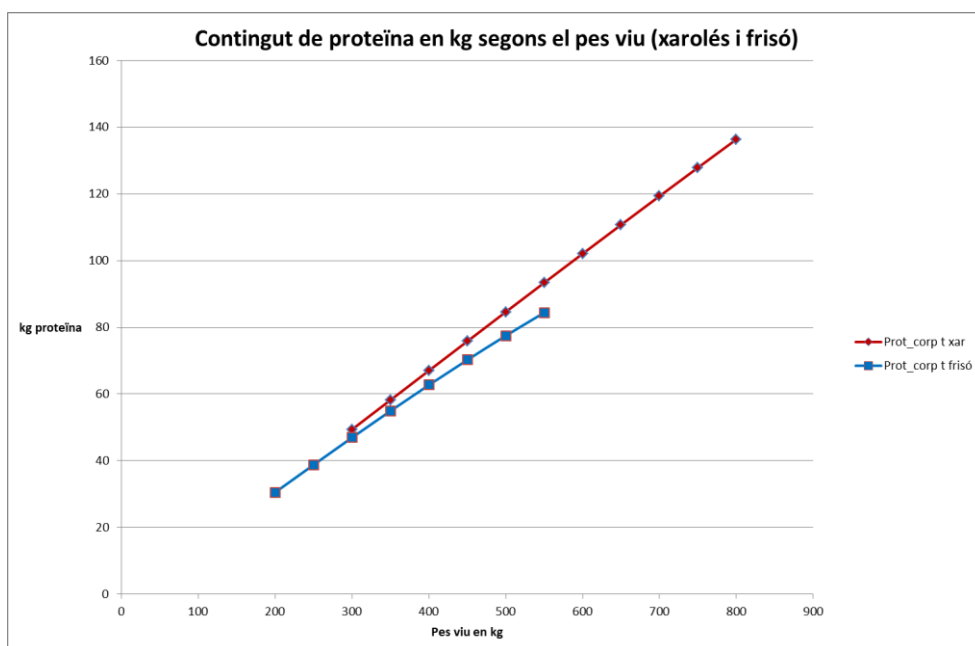
L'engreix del xarolés va de 300 kg a un màxim de 800 kg, i l'increment màxim està entre els 300 kg i els 500 kg com a pes inicial, i per a cadascun d'ells l'increment diari és superior a 1 kg.

L'engreix d'un vedell de raça lletera va de 200 a 550 kg, com a màxim, i l'increment màxim entre els 200 i 450, en que és superior a 1 kg/dia.

Per a cadascun d'ells en el gràfic següent podem veure el contingut de lípids en el pes viu.



En el vedell frisó en engreix el contingut de lípids té una tendència alçada superior al xarolés. Per exemple als 400 kg de pes viu el contingut de lípids en el frisó és de 51,87 kg i en el xarolés de 33,50 kg. I pel que fa al contingut de proteïnes ho veiem en el següent gràfic.



El contingut de proteïna té un creixement lineal, amb valors superiors al xarolés a igualtat de pes. Per exemple als 400 kg de pes viu el contingut de proteïna en el frisó és de 62,68 kg i en el xarolés de 66,98 kg.

Per als 400 kg de pes viu (xarolés i frisó) veurem les diferències a l'hora de planificar l'engreix, i les necessitats d'un i altre.

Elegir tipus de boví			
1.-Vedells Engreix (finalització) gran format tardans (Xarolés, p.e) ▼			
Dades orientatives			
Pes viu inicial a partir de		300,00	
Pes viu final fins a		800,00	
Pes inici	400	Per al pes inicial: GMD, kg/dia al voltant	1,21
GMD, kg/dia	1,03	Període racionament, temps en dies	30,00
<i>GMD normal</i>		Possible pes final assolit	430,9

En el quadre s'indica l'interval de pes entre l'inici i el pes màxim final del període teòric d'engreix (entre 300 i 800 kg). Elegim un pes inicial de 400 kg, i el guany de pes diari, teòric per a l'animal de referència, està al voltant de 1,21 kg. Elegim un guany de 1,03 kg/dia, i un període de 30 dies d'engreix, i el pes final que es pot assolir seria de 431 kg aproximadament.

Per a un frisó en engreix:

Elegir tipus de boví			
4.-Vedells Engreix (finalització) precocitat alta (vaques lleteres) ▼			
Dades orientatives			
Pes viu inicial a partir de		200,00	
Pes viu final fins a		550,00	
Pes inici	400	Per al pes inicial: GMD, kg/dia al voltant	1,08
GMD, kg/dia	1,03	Període racionament, temps en dies	30,00
<i>GMD normal</i>		Possible pes final assolit	430,9

En aquest cas l'interval és més curt, entre 200 i 550 kg, i per a 400 kg de pes inicial el guany teòric és de 1,08 (menor que en el cas del xarolés, que era de 1,21), elegim el mateix increment (1,03) i el pes final al cap de 30 dies seria de 430,9 kg, el mateix que en el cas del xarolés, ja que l'augment és pràcticament lineal.

Per a un i altre les necessitats serien les següents:

Necessitats Totals		Necessitats Totals	
UFV	6,35	UFV	6,61
PDI	586,56	PDI	549,26
Ca	18,11	Ca	17,85
P	16,97	P	16,85
Cl, UEB	7,22	Cl, UEB	7,81
Xarolés de 400 kg, GMP = 1,03 kg/dia		Frisó de 400 kg, GMP = 1,03 kg/dia	

NECESSITATS EN PDI

$$\text{NecPDI} = \text{NecPDI}_{\text{no productives}} + (\text{Guany proteic}/\text{EfPDI})$$

Necessitats no productives:

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

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

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

MOND, és la matèria orgànica no digestible.

Per als càlculs previs de les necessitats INRA-2018 dona una sèrie de valors aproximats per als animals de referència pel que fa a la EfPDI (més alta per animals de races de carns que per als lleters. Igualment, dona valors aproximats de MOND per a cada animal de referència i pes viu, i segons GMD de pes, que nosaltres hem incorporats als càlculs de necessitats, que, com ja hem dit, a l'hora de formular la ració, aniran canviant en les iteracions successives per trobar el punt d'acompliment entre necessitats i aportacions.

CAPACITAT D'INGESTIÓ I TAXA DE SUBSTITUCIÓ

Sempre hem dit que *la vaca és un remugant*, també ho són els vedells i les vedelles, en creixement o en engreix.

Per a cada boví de referència s'han calculat uns paràmetres per al càlcul de la capacitat d'ingestió en UE.

Bovins de referència	Paràmetres per a la CI	
	<i>I_{tip}</i>	<i>c</i>
1.-Vedells Engreix (finalització) gran format tardans (Xarolés, p.e)	0,284	0,54
2.-Vedells Engreix (finalització) tardans (Limousins, p.e)	0,22	0,57
3.-Vedells Engreix (finalització) precocitat mitjana (vaques rústiques)	0,233	0,575
4.-Vedells Engreix (finalització) precocitat alta (vaques lleteres)	0,157	0,652
5.-Bous tardans Engreix (finalització) de 20 a 33 mesos	0,2205	0,6
6.-Bous precoces Engreix (finalització) de 24 a 28 mesos	0,2425	0,6
7.-Vedelles tardanes Engreix (finalització) de 15 a 30 mesos	0,2205	0,6
8.-Vedells tardans Creixement de 8 a 24 mesos	0,03459	0,9
9.-Vedells precoces Creixement de 6 a 24 mesos	0,03115	0,9
10.-Vedelles tardanes Creixement de 8 a 28 mesos	0,03459	0,9
11.-Vedelles lleteres Creixement de 6 a 24 mesos	0,03915	0,9

La capacitat d'ingestió per a cada boví de referència i per un pes viu es calcula així:

$$CI = I_{tip} \times Pv^c$$

TAXA DE SUBSTITUCIÓ GLOBAL SG

Ja sabem que si un remugant menja farratges *ad libitum*, si li subministrem concentrats, Q kg, deixarà de menjar una part de farratge igual a $Q \times Sg$. Sg és la taxa de substitució, que representa la quantitat de farratge (en MS) que deixa de menjar per la incorporació d'un kg de concentrat (que sí se'l menja). Si el farratge és molt bo la Sg de la ració és alta, vol dir que el farratge competeix amb el concentrat. Si, per exemple, menja ad libitum 8 kg MS farratgera, si $Sg = 0,95$, voldrà dir que la incorporació d'un kg de concentrat farà que deixi de menjar $8 - 1 \times 0,95 = 0,4$ kg MS farratgera.

Per als bovins en creixement i en engreix hi ha un model analític segons PCO (proporció de concentrat a la ració):

UEc, valor UE del contingut de concentrats

UEf, valor UE del contingut de farratges

$$UEc = 0,86 \times (1 - K \times \text{EXP}^{(-B/(1 - \text{PCO}))})$$

$$Sg = UEc/UEf$$

És un model logístic amb dos paràmetres (B i K) que depenen de UEf

$$K = (1 - A) \times \text{EXP}^{(B/0,7)}$$

$$B = UEf^2 / (2,04 \times (1 - A \times UEf))$$

$$A = UEf \times (1 - 1,26 \times ((UEf - 0,85)0,84))$$

El valor d'atipament dels concentrats en el sí d'una ració tendeix a 1 si PCO tendeix a 1, o sigui al 100% de concentrats, qualsevol que sigui el farratge de la ració. El valor Sg tendeix a 1/UEf.

NECESSITATS EN MINERALS I VITAMINES

P _{abs} , g/dia	GMD x (0,025 x Pv + (1,2 + 4,66 x Pv _{adult} ^{0,22} x Pv ^{-0,22}))
Ca _{abs} , g/dia	GMD x (0,015 x Pv + (9,83 x Pv _{adult} ^{0,22} x Pv ^{-0,22}))
Mg _{abs} , g/dia	(0,003 x PV + 0,45 x GMD)/0,16
Cl, g/dia	(0,003 x PV + 0,45 x GMD)/0,16
K, g/dia	(2,6 x MSI + 0,038 x PV + 1,6 x GMD)/0,9
Na, g/dia	(0,015 x PV + 1,4 x GMD)/0,99
S, g/dia	2 x MSI
Co, mg/dia	0,11 x MSI
Cu, mg/dia	(0,0071 x PV + 1,15 x GMD)/0,04
Mo, mg/dia	-
Iode, mg/dia	0,006 x PV
Fe, mg/dia	34 x GMD/0,1
Mn, mg/dia	(0,002 x PV + 0,7 x GMD)/0,0075
Se, mg/dia	0,3 x MSI
Zn, mg/dia	(0,045 x PV + 24 x GMD)/0,15
Vit A, UI/dia	110 x PV
Vit D, UI/dia	16 x PV
Vit E, UI/dia	2,6 x PV

BASES DEL RACIONAMENT

Primer calculem les necessitats del boví en creixement o en engreix (UFV o 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/UF, i els continguts PDI i UF no són la suma producte de les quantitats d'ingredients pel valor nutritiu dels mateixos en PDI i UF, sinó que segons el

nivell d'ingestió (NI), que a la vegada canvia a mesura que entra concentrat a la ració (PCO), l'eficiència de transformació de la proteïna varia i la digestibilitat de la matèria orgànica també varia a causa del nivell d'ingestió, la quantitat o PCO de concentrat i del **balanç proteic al rumen** (BPR), de tal manera que tot es va refent a mesura que van encaixant les aportacions i les necessitats (variables).

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

INTERACCIONS DIGESTIVES

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

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

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

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

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

Les $\text{MNT}(\text{no amoniacals})_{\text{duodè}}$ 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 permesa per la MNT degradable disponible al rumen i la que permetria l'energia disponible a la MOF al rumen. Anteriorment empràvem al racionament un índex $(\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UF}$. 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 NI_{ref} a les taules i tots els concentrats tenen $\text{NI}_{\text{ref}} = 2$. La ració (combinació de farratges i concentrats) tindrà un valor NI_{ref} igual a suma producte de les quantitats i els NI_{ref} . Per exemple, $\text{NI}_{\text{ref}} = 1,80$. El vedell ingereix de la ració calculada 6,99 kg MS, i pesa 400 kg, per tant, $\text{NI} = 6,99 \times 100/400 = 1,7475\%$, com podem veure no hi ha diferència apreciable, per tant el NI pràcticament no afectarà la *dMO* de la ració, si bé, fent els càlculs ens surt una influència positiva:

$$\Delta d\text{MO}_{\text{NI}} = -2,74 \times (\text{NI} - \text{NI}_{\text{ref}})/100 = -2,74 \times (1,7475 - 1,80)/100 = 0,00138$$

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 = 0,50, $\Delta dMO_{CO} = -6,5 / (1 + (0,35/0,5)^3) / 100 = -0,05$ valor que resta a la dMO_m

EFFECTE DEL BALANÇ PROTEIC DEL RUMEN A LES INTERACCIONS DIGESTIVES

El balanç proteic al rumen:

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

1. La $MNT_{ingerida}$ és un valor que s'obté dels càlculs de la ració, i a l'exemple és igual a **121,55**
2. $MN_{alim_intestí}$ (Proteïnes alimentàries no fermentades al rumen) = $MNT_{ingerida} \times (1 - DT_N)$
 - a. DT_N , degradabilitat de les proteïnes, és un valor experimental per a cada ingredient, per tant, els tenim dels que entren a la ració, i la DT_N de la ració és 0,60.

$$MN_{alim_duodè} = 48,68$$

3. $MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOrD_{rumen} + 8,40 \times PCO$
 - a. $MOrD_{rumen}$, és la matèria orgànica digestible al rumen, o sigui la MOF, la matèria orgànica fermentescible, i és un valor que s'obté de la composició de la ració, ja que cada ingredient té el seu valor MOF, i en el nostre cas és igual a 559,70

$$MN_{microbiana_intestí} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 559,70 + 8,40 \times 0,50 = 85,14$$

4. $MN_{endògena}$ es considera un valor fixo igual a **14,20**
5. $BPR = 121,55 - (48,68 + 85,14 + 14,20) = -26,48$

El BPR calculat a la ració (cada ingredient ve caracteritzat pel seu valor BPR) en el nostre cas és igual a -2,00 (BPR_{ref}).

La interacció de la BPR sobre la dMO: $\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref}) / 100 = 0,060 \times (-26,48 - (-2)) / 100 = -0,015$

Les tres interaccions seran **$0,001383 - 0,05 - 0,015 = -0,066383$**

Aquest valor farà que la digestibilitat de la MO corregida per les interaccions $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = 0,70 - 0,066383 = 0,63$

La dMO calculada de la ració és de 0,70.

La ració inicialment té una dMO de 0,70, però al final, després de les iteracions resulta de 0,63.

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 = 0,70, i ara la dMOc va variant en funció del NI, de PCO i de BPR, per tant a la restricció energètica podem posar el següent:

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

EFICÀCIA DE LA SÍNTESI PROTEICA

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

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

PDI_{ing} és la que una vegada formulada la ració obtenim directament dels càlculs (suma producte de les quantitats de cada ingredient i els valors PDI dels mateixos), a l'exemple $PDI_{ing} = 524,55$ g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 400 = 124,80 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 524,55 - 124,80 = 399,75 \text{ g.}$$

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

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

1. Mètode A

- Primer s'ha de calcular el balanç energètic de la ració (balUFL), que és igual a les aportacions UFL de la ració menys les necessitats UFL calculades: a l'exemple, $balUFL = 6,66 - 6,35 = 0,31$ 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:
 $EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD} + balPDI)/PDI_{disp}$
 $P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times MOND$; MOND, matèria orgànica no digestible, igual a $(MO - MODc)$; MODc és la MOF corregida per les interaccions (NI, PCO i BPR). MO la traiem directament dels càlculs ($MO = 833,40$), la MODc és la MOF (directament dels càlculs) corregida per $dMOc$, $MO - MOND = 833,40 - 559,70 \times dMOc/dMO = 833,40 - 588,83 \times 0,67/0,70 = 269,80$ g PDI, i $P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times 269,80 = 27,15$ g PDI
 $P_{epidèrmiques} = 0,2 \text{ g PDI/kg Pv}^{0,60} = 0,2 \times 400^{0,60} = 7,69$ g PDI
 Proteïna fixada al GMD = **283,84 g PDI**
 $balPDI = \text{Aportacions PDI} - \text{Necessitats calculades} = 524,55 - 586,56 = - 62,01$ g PDI
 $PDI_{disp} = 399,75$ g PDI
 $EfPDI = (7,69 + 27,15 + 283,84 - 62,01)/399,75 = 0,64$.
- Si el balanç energètic és negatiu, el balanç proteic (balPDI) és una aportació i el seu valor absolut s'ajunta a les PDI_{ing} , i, en conseqüència EfPDI es calcula així:
 $EfPDI = (P_{EF} + P_{epidèrmiques} + \text{Proteïna fixada al GMD})/(PDI_{disp} + |balPDI|)$.

2. Mètode B.

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

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

on $EfPDI_{100}$ és l'eficàcia quan la PDI de la ració és 100 g/kg MS, PDI és el contingut en g/kg MS.

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

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

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

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

En el càlcul de necessitats PDI hem introduït les necessitats relatives a les proteïnes endògens fecals que depenen de la matèria seca ingerida i de la MO no digestible, afectada també per la depressió de la digestibilitat ($NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$), i ho hem fet considerant els valors mitjans de cada animal de referència segons sigui el pes inicial per al creixement o l'engreix.

En la formació de proteïnes productives i no productives (excepte les endògenes fecals) es considera per al càlcul de necessitats $EfPDI$ funció de l'animal de referència, en aquest exemple 0,64. Hi afegim a les necessitats les $NecPDI_{PEF}$ amb la MSI real, l' $EfPDI$ real i la MOND corregida, per tant les restriccions de la proteïna queden així:

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

De fet, a l'aplicació el valor de les $NecPDI$ calculades es disgrega en dos sumatoris: $NecPDI_{PU_{endo}}$ que no està afectat per l'eficiència $EfPDI$, i la resta ($NecPDI - NecPDI_{PU_{endo}}$) que tota ella està afectada per l' $EfPDI$, i, per tant, a la restricció aquesta resta es multiplica per 0,64 (exemple) i es divideix per $EfPDI$ de la ració, que s'obté iterativament.

BPR, BALANÇ PROTEIC AL RUMEN

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

$$valor \text{ mínim animal referència} \leq \sum_i X_i \times BPR_{ref_i} \leq valor \text{ màxim animal referència}$$

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

L'APLICACIÓ RACIONAMENT BOVI CREIXEMENT I ENGREIX 2020

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

Consta dels següents fulls: Taula de Farratges, Taula de Concentrats, Taula de Minerals, I_Necessitats, II_Plantejar Ració i III_Resultat Ració; també hi ha un full explicatiu de la cria, per just abans del racionament d'aquesta aplicació. També hi ha tres fulls auxiliars de càlculs: NR, CàlculsEV i Paràmetres.

Taula de Farratges

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

Nom	MS %	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	NI ref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenelles	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mn	Se	Zn	Vit A	Vit D	Vit E	ADL	ADL	ADL	ADL		
14800 Fariatge verd sec 2000/1000	18,60	0,90	0,80	1,80	37	36	44	0,99	0,98	0,98	2,20	0,30	0,60	31	238	311	280	181	5,90	4,30																				
14800 Fariatge verd sec 2000/1000	18,60	0,90	0,80	1,80	37	36	44	0,99	0,98	0,98	2,20	0,30	0,60	31	238	311	280	181	5,90	4,30																				
14800 Fariatge verd sec 2000/1000	18,60	0,90	0,80	1,80	37	36	44	0,99	0,98	0,98	2,20	0,30	0,60	31	238	311	280	181	5,90	4,30																				

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

Les columnes són les següents:

Nom	Fariatge, verd, sec o ensitjat
MS %	MS en %
UFL	Unitat fariatgera llet
UFV	Unitat fariatgera carn "viande"
MNT_PB	g matèria nitrogenada total o proteïna bruta/kg MS
PDIA	g proteïna digestible intestinal alimentària/kg MS
PDI	g proteïna digestible intestinal/kg MS
BPR	Balanç proteic al rumen, g/kg MS
UEL	Unitat d'atipament <i>encombement</i> llet
UEB	Unitat d'atipament <i>encombement</i> boví
UEM	Unitat d'atipament <i>encombement</i> oví
NI ref	Nivell ingestió de referència % pes viu
dMO	Digestibilitat de la matèria orgànica
MOD	Matèria orgànica digestible g/kg MS
EE	Extracte eteri (greixos totals), g/kg MS
FB	Fibra bruta, g/kg MS
NDF	Fibra neutre detergent, g/kg MS
ADF	Fibra àcid detergent, g/kg MS
Lignina	ADL, lignina, g/kg MS
cenelles	g/kg MS
Ca	Calci, g/kg MS
P	Fòsfor, g/kg MS
Mg	Magnesi, g/kg MS
Cl	Clor, g/kg MS
K	Potassi, g/kg MS
Na	Sodi, g/kg MS
S	Sofre, g/kg MS
Co	Cobalt, mg/kg MS
Cu	Coure, mg/kg MS
Mo	Molibdè, mg/kg MS
Iode	Iode, mg/kg MS
Fe	Ferro, mg/kg MS
Mn	Manganès, mg/kg MS
Se	Seleni, mg/kg MS
Zn	Zenc, mg/kg MS
Vit A	Vitamina A, UI/kg MS
Vit D	Vitamina B, UI/kg MS
Vit E	Vitamina E, UI/kg MS

AG	Àcids grassos, g/kg MS
DT_N	Degradabilitat proteica al rumen
PF	Productes de la fermentació, g/kg MS
MOF	Matèria orgànica fermentescible, g/kg MS

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

I. Necessitats

El full de necessitats consta d'una selecció del tipus de boví de referència en engreix – finalització – o en creixement, al qual s'adapti l'animal objecte, i la corresponent sortida de resultats; també hi ha una sèrie de guies sobre diferents races.

El full té la següent forma:

Producció de carn: Engreix i finalització

Elegir tipus de boví

Dades orientatives

Pes viu inicial a partir de	300,00		
Pes viu final fins a	800,00		
Pes inici	400	Per al pes inicial: GMD, kg/dia al voltant	1,21
GMD, kg/dia	1,03	Període racionament, temps en dies	30,00
GMD normal		Possible pes final assolit	430,9

Necessitats Totals

UFV	6,35
PDI	586,56
Ca	18,11
P	16,97
Cj, UEB	7,22
Mg	10,40
Cl	10,40
K	43,27
Na	7,52
S	16,99
Co	0,93
Cu	100,61
Mo	0,00
Iode	2,40
Fe	350,20
Mn	202,80
Se	2,55
Zn	284,80
ViE A	44000,00
ViE D	6400,00
ViE E	1040,00
Espirulina/EPPDI	283,64
Cj, MSI	8,50
EPPDI	0,64
BPM mínim	-2,00
BPM màxim	-7,50

Dades per al racionament

Elegir modalitat racionament

Tolerància càlculs (%)

Mínim % MS Farratge

Guies

Característiques d'algunes races

Races de llet, carn, rústiques

Vedells 9-10 mesos (300-350 kg), Vedells 12 mesos (430 kg), Anoll pesat (550-600 kg). Guany mitjà diari: 1.540 g. IC (4,3) fins 300 kg.; Guany mitjà diari: 1.670 g. IC (4,1) fins 460 kg.; Guany mitjà diari: 1.750 g. IC (4,3) fins 550 kg.

Brunes, Aubrac, Salers, Retinta, Avilenya, Morucha, Cachena, Tudanca, Asturiana de los montes, etc.

Fase d'engreix (del deslletament endavant): En el punt d'inflexió el creixement és màxim, el pes a la pubertat és 2/3 del pes adult. Si l'alimentació és adequada les vedelles de raça lletera arriben a la pubertat entre 9 i 11 mesos, i els vedells entre 11 i 12 mesos. A les races de carn el període és més llarg.

Corbes de tractament dels Vedells Hammond, 1932

Augment de pes per unitat de temps, des de la concepció fins a la maduresa

I. llet i nerviós
II. llet ossi
IV. Adipós

Producció de carn i tipus comercials

Sistema d'engreix intensiu
(palla i palla -10 a 15% MS de la ració - ad libitum)

- Inici:**
 - Deslletats Pv: 150 kg
 - Pasteros Pv: 180-200 kg
- Final:**
 - "vedella carn rosada" (vedells sacrificats entre 8 i 10 mesos; Pv: 350-400 kg; Pcanal 240-250 kg (són frisons i frisona x raça carn i vedelles raça carn) (precoces)
 - "anolls" "vedells d'un any" (vedells sacrificats entre 11 i 12 mesos; Pv: 450-500 kg; Pcanal 280-300 kg (són vedells raça carn, rústiques x races carn, races importació) (tardans)

Exemple vedella frisona

Pes inici: 55 kg ↔ Pes final: 390 kg
Cicle: 270 dies (9 mesos)

- Fase cria: 2 mesos (llet (10 kg), pinso starter (50-70 kg), farratge)
- Fase adaptació a engreix: 1 mes (pinso starter (80-100 kg), palla)
- Fase engreix: 5 mesos (pinso creixement (800 kg), palla)
- Fase acabament: 2 mesos (pinso acabament (480 kg), palla)

Exemple vedell frisó

Pes inici: 55 kg ↔ Pes final: 495 kg
Cicle: 330 dies (11 mesos)

- Fase cria: 2 mesos (llet (10 kg), pinso starter (50-70 kg), farratge)
- Fase adaptació a engreix: 1 mes (pinso starter (80-100 kg), palla)
- Fase engreix: 7 mesos (pinso creixement (1.200 kg), palla)
- Fase acabament: 2 mesos (pinso acabament (480 kg), palla)

Exemple pastero

Pes inici: 200 kg ↔ Pes final: 490 kg
Cicle: 210 dies (7 mesos)

- Fase adaptació a engreix: 15 dies a 1 mes (pinso adaptació (100 kg), palla)
- Fase engreix: 4-5 mesos (pinso creixement (900 kg), palla)
- Fase acabament: 1-2 mesos (pinso acabament (480 kg), palla)

L'entrada de dades s'ha de fer amb cert criteri per tal de no obtenir resultats poc acords amb el tipus de boví, ja que com hem explicat les característiques de formació de la carn – proteïna i greix – són diferents entre ells.

L'entrada és la següent:

Elegir tipus de boví			
1.-Vedells Engreix (finalització) gran format tardans (Xarolés, p.e) ▼			
Dades orientatives			
Pes viu inicial a partir de		300,00	
Pes viu final fins a		800,00	
Pes inici	400	Per al pes inicial: GMD, kg/dia al voltant	1,21
GMD, kg/dia	1,03	Període racionament, temps en dies	30,00
<i>GMD normal</i>		Possible pes final assolit	430,9

Elegim entre els 11 tipus de boví de referència, i una vegada elegit ens dona el període de pesos entre l'inici i el final, i nosaltres introduïrem el pes inici sobre el qual volem calcular les necessitats. A la dreta de *Pes inici* surt el guany mitjà diari al voltant del qual és ideal l'engreix o el creixement, per tant eñ GMD que nosaltres introduïrem ha de ser un valor adequat; si és així sortirà l'avís GMD normal, i si no ho és ens dirà si és excessiu o ens preguntarà si realment ha de ser tan baix. També posarem el nombre de dies que tenim previst duri l'engreix o el creixement.

A l'exemple, $P_v = 400$ kg i $GMD = 1,03$ kg/dia, si el període és de 30 dies el pes final possible serà de 431 kg aproximadament.

El càlcul de necessitats és per dia, per tant el pes viu ens donarà les necessitats de manteniment, i el GMD (1,03) seran les necessitats d'engreix (en aquest exemple) o de creixement diari. Les necessitats calculades surten davall d'aquesta entrada.

Hi ha un apartat on posarem la tolerància en el càlcul de retrobament entre les aportacions de la ració i les necessitats de proteïna i minerals (Ca i P). I també hi ha el límit inferior d'incorporar farratges, si és 50 vol dir que la MS farratgera de la ració com a mínim ha de ser el 50% del total.

L'elecció de la modalitat del racionament inclou dues possibilitats: farratge i complementació, o pinso i palla. En el segon cas no es tenen en compte les interaccions digestives ni el canvi de l'eficàcia d'ús de la proteïna, i únicament regirà el % mínim de MS farratgera que l'usuari imposi.

Dades per al racionament	
Elegir modalitat racionament	
Farratge i complementació ▼	
Tolerància càlculs (%)	12,5
Mínim % MS Farratge	50

A la dreta del full hi ha dues guies desplegable sobre les característiques d'algunes races, tretes de diferents fulls d'extensió o de divulgació del Ministeri d'Agricultura.

També hi ha algun quadre sobre les fases de creixement i d'engreix que poden servir de guia per elegir el tipus d'animal de referència.

II Plantejar Ració

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

La visió total d'aquest full requereix explicacions:

Selecció d'ingredients, límits d'incorporació i preu							Full no protegit. Només s'han de seleccionar els ingredients, i per a cadascun d'ells ofegir les quantitats mínimes i màximes, que mai no han de ser negatives, i el preu de cadascun d'ells		
Iniciar càlculs kg fresca 0	Límits d'incorporació		Càlculs			Preu ingredient	kg fresc total	kg MS total	kg MS total concentrat
	kg mín	kg màx	kg fresc	kg MS	% fresc ració				
0.00	100.00	2.81	2.39	34.30	0.04	8.30	86.51 %MS		
0.00	5.00	1.31	1.16	16.02	0.03	4.13			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	4.07			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	4.63		0.75 UE/kg MS	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	7.09		8.50	
0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.21	3.35		-1.40 Diferència MSi real i calculada	
0.00	4.00	0.20	0.19	2.67	0.21	3.55		Tolerancia càlculs (%) 22.5 Mínim % MS Farratge 50	
0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.30	50.00			
0.00	8.00	3.17	2.72	38.62	0.64	0.50		Asellar càlcul Sg	
0.00	2.00	0.42	0.37	5.16	0.15	0.29		A 0.34994823 D 0.41644874	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.51		B 1.53588157 K 4.87527953	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31			J 0.66571101 UEC 0.5102878	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	2.351		UEC 1.30481025	
0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.15	0.152		A = UEF x (
0.00	0.20	0.20	0.20	2.44	0.14	2.199			
0.00	0.30	0.06	0.05	0.68	0.44				

Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %	In alguns ingredients de la ració no hi consten els nutrients
MSI (kg/dia)	0.00	999.00	7.09		
%MS ració	0.00	999.00	86.51		
UEB	5.05	7.22	5.29		0.75
UFV	6.67	6.67	6.67		0.94
PDI	481.68	619.30	529.17		74.61
BPR	-2.00	-7.50	-14.19		-2.00
Ne	3.78	1.78	1.77		1.77
Ca	15.85	20.38	20.38		2.87
P	14.83	19.09	19.09		2.69
Mg	9.10	11.70	8.29		1.17 Mg
K	37.86	48.68	37.81		5.26 K
Na	6.58	8.46	4.12		0.58 Na
S	14.87	19.12	0.01		0.00 S
Cl	9.10	11.70	0.05		0.01 Cl
Co	0.82	1.05	0.27		0.04 Co
Cu	88.04	113.19	16.93		2.39
Mn	177.45	228.15	139.72		19.70 Mn
Zn	249.20	2.70	91.49		12.90 Zn
Iode	2.10	2.70	0.00		0.00 Iode
Se	2.23	2.87	0.13		0.02 Se
VitA	38500.00	49500.00	177.765.16		25.063.50 Vit A
VitD	56000.00	72000.00	177.31		25.000 Vit D
VitE	910.00	1170.00	44.06		6.21 Vit E
AG		356.06	50.20		AG
MNT PB		855.43	120.61		
PDIA		216.72	30.56		
dmD		0.67	0.70		0.67
MOD		4.511.06	636.02		
EE		407.39	5.74		
FB		1486.76	209.62		
NDF		2930.63	413.20		
ADF		1.608.31	226.76		
Ughina		168.59	23.77		Ughina
cedres		369.15	52.05		
Mo		1.86	0.26		Mo
DT N		0.60	0.60		DT N
MOF		3.950.49	556.99		MOF
MO		3.929.85	836.06		
PDI/UFL		80.83	103.93		79.34

L'entrada de dades és fa a les caselles:

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

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

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

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

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

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

VALOR FUNCIO OBJECTIU €/ració	2,351
-------------------------------	-------

I la funció objectiu és $\sum_4^{26} X(i) \times Preu(i)$; o sigui, la suma producte de les quantitats de cada ingredient pel seu preu o cost ha de ser mínima.

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

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

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

Paràmetres nutritius, límits, valors finals					
Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %	En alguns ingredients de la ració no hi consten els nutrients ...
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	7,09		
%MS ració	0,00	999,00	86,51		
UEB	5,05	7,22	5,29	0,75	
UFV	6,67	6,67	6,67	0,94	
PDI	481,68	619,30	529,17	74,61	
BPR	-2,00	-7,50	-14,19	-2,00	
NI	1,78	1,78	1,77	1,77	
Ca	15,85	20,38	20,38	2,87	
P	14,85	19,09	19,09	2,69	
Mg	9,10	11,70	8,29	1,17	Mg
K	37,86	48,68	37,31	5,26	K
Na	6,58	8,46	4,12	0,58	Na
S	14,87	19,12	0,01	0,00	S
Cl	9,10	11,70	0,05	0,01	Cl
Co	0,82	1,05	0,27	0,04	Co
Cu	88,04	113,19	16,93	2,39	
Mn	177,45	228,15	139,72	19,70	Mn
Zn	249,20	2,70	91,49	12,90	Zn
Iode	2,10	2,70	0,00	0,00	Iode
Se	2,23	2,87	0,13	0,02	Se
Vit A	38500,00	49500,00	177.765,16	25.063,50	Vit A
Vit D	5600,00	7200,00	177,31	25,00	Vit D
Vit E	910,00	1170,00	44,06	6,21	Vit E
AG			356,06	50,20	AG
MNT_PB			855,43	120,61	
PDIA			216,72	30,56	
dMO		0,67	0,70	0,67	
MOD			4.511,06	636,02	
EE			407,39	5,74	
FB			1486,76	209,62	
NDF			2930,63	413,20	
ADF			1.608,31	226,76	
Lignina			168,59	23,77	Lignina
cenclres			369,15	52,05	
Mo			1,86	0,26	Mo
DT_N			0,60	0,60	DT_N
MOF			3.950,49	556,99	MOF
MO			5.929,85	836,06	
PDI/UFL	80,83	103,93	79,34	79,34	

Per exemple la fila UEB:

UEB	5,05	7,22	5,29	0,75
-----	------	------	------	------

La casella mínim (en aquest cas 5,05) està lligada al full I_Necessitats i obté el valor de la capacitat d'ingestió, valor que en aquesta casella el multipliquem per 0,7 per no ser tan estrictes i facilitar el marge de càlculs. La casella màxim (en aquest cas 7,22) de la UEL és el càlcul de la capacitat d'ingestió.

La casella Valor (en aquest cas 5,29) de la fila UEB és la de més dificultat. Són les aportacions de UEB que es van calculant, però no només per suma producte de quantitats d'ingredients pel contingut UEB de cadascun d'ells, sinó per la variació que suposa en el total d'UEL la incorporació de concentrats (taxa de substitució, Sg; proporció concentrat, PCO).

La casella Valor/kg MS és la concentració per kg MS de la ració calculada.

La restricció del Solver és que el Valor (en aquest cas, 5,29) estigui entre els límits. I així amb la resta de caselles (UFL o UFV, PDI, BPR, Ca i P).

La formació de la restricció UFV:

UFV	6,67	6,67	6,67	0,94
-----	------	------	------	------

Si el boví està en creixement UFV serà UFL, i el càlcul de les aportacions es farà segons els valors UFL dels farratges i concentrats seleccionats.

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

Efecte NI	
Nlref	1,78
NI % PV	1,77
dMOm	71,1415758
Δ dMO_NI	0,000223335
Efecte %Co (PCO)	
PCO	0,50
Δ dMO_CO	-0,05
Efecte balanç proteic rumen	
MNT ingerida	120,61
MOrD o MOF	556,99
MNrD_rumen (MNF) fermentades rumen	72,87
MN alim_duodè (PIA) no ferm a rumen	47,74
MN microbiana Intestí ($41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOrD_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$)	84,95
MN endògena	14,20
BPR ració	-26,28
BPR ref	-2,00
Δ dMO_BPR	0,015
Σ dMO x PMO	0,70
Efecte total interaccions	0,67

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 (0,70), i la dMOc, corregida és la que suma els efectes (NI, PCO i BPR) igual, en aquest cas, a 0,67. Això seria el que surt al final de les iteracions en cas de trobar una solució. Però mentrestant no la troba, o la va cercant, el valor UFV o UFL que va a les caselles mínim i màxim és igual a les necessitats calculades multiplicades per la relació entre dMO, la que va calculant per suma producte i la que es va generant a causa de les iteracions successives: (valor de $\sum \text{dMO} \times \text{PMO}$ – casella B47 – /valor Efecte total interaccions – casella B48 –). Per tant, a les necessitats UFV o UFL multipliquem el càlcul de necessitats per la relació dMO calculada/dMO corregida.

La formació de la casella PDI:

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

PDI	481,68	619,30	529,17	74,61
-----	--------	--------	--------	-------

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

Dades orientatives	
CI	7,22
UFV	6,35
PDI	586,56
NecPDI_PUendo	124,80
PDI - NecPDI_PUendo	461,76
EfPDI	0,64

PDI, en el quadre de paràmetres, són el total de necessitats, que inclou les relatives a NecPDI_P_{EF} proteïnes endògens fecals, de manera provisional, ja que no coneixem la MSI final, i en aquest cas posem MSI calculada, que per a una eficàcia, EfPDI = 0,64.

La MSI calculada segons la fórmula: $95 \times PV^{0,75} / 1000$

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 (586,56) els restem les NecPDI_PU_{endo} (124,80) 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 461,76.

Per tant a les caselles mínim i màxim, el valor 461,76 anirà multiplicat per la relació d'eficiències (0,64/EfPDI), i, com ja hem dit, s'hi sumarà el valor NecPDI_PEF afectat per EfPDI, en funció de la desviació entre MSI i MSI_{calculada} que es va generant.

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

MODc_rumen (MOF corregida)	530,24
PANDI	9,21
dr	0,81
PDIA	38,52
MN microbianes_duodè (corregida)	85,12
PDI = PDIA + MN microbianes_duodè x 0,8 x 0,8	93,00
flux de N duodenal endogen (Actualització)	
MOND = MO - MODc_rumen	305,82
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	100,71
PÈRDUES FECALS ENDÒGENES (PEF) i (NEC_PDI Actualització)	
MNND = 0,163 x MN alim_duodè + 0,20 x MN mic_duodè + 5,7 + 0,074 x MOND	53,14
PEF (proteïnes endogenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	28,33
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)]/EfPDI	155,03
PÈRDUES ENDÒGENES URINÀRIES i (NEC_PDI Actualització)	
log10 NU (N urinari g/dia) log10 NU = -1,17 + 1,00 x log10 Pv	1,43
NU	27,04
NUNP microbià/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,00
NU endo	20,00
Nec PDI_NU endo	124,80
PÈRDUES NITROGENADES PER L'EPIDERMIS i (Nec_PDI Actualització)	
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	7,28
Nec PDI_P epidèrmiques = 0,2 x Pv0,60/EfPDI	11,24
Nec_PDI no productives	291,07
Eficàcia de la síntesi proteica en lactació	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI_NU endògenes	404,37
EfPDI = \sum despeses prot/PDI disponible = 0,67 x EXP(-0,007 x (PDI-100))	0,80
Bal EN	0,32
bal Proteïna	-57,39
Guany Proteïna	283,84
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Prote)/PDI disponible	0,65

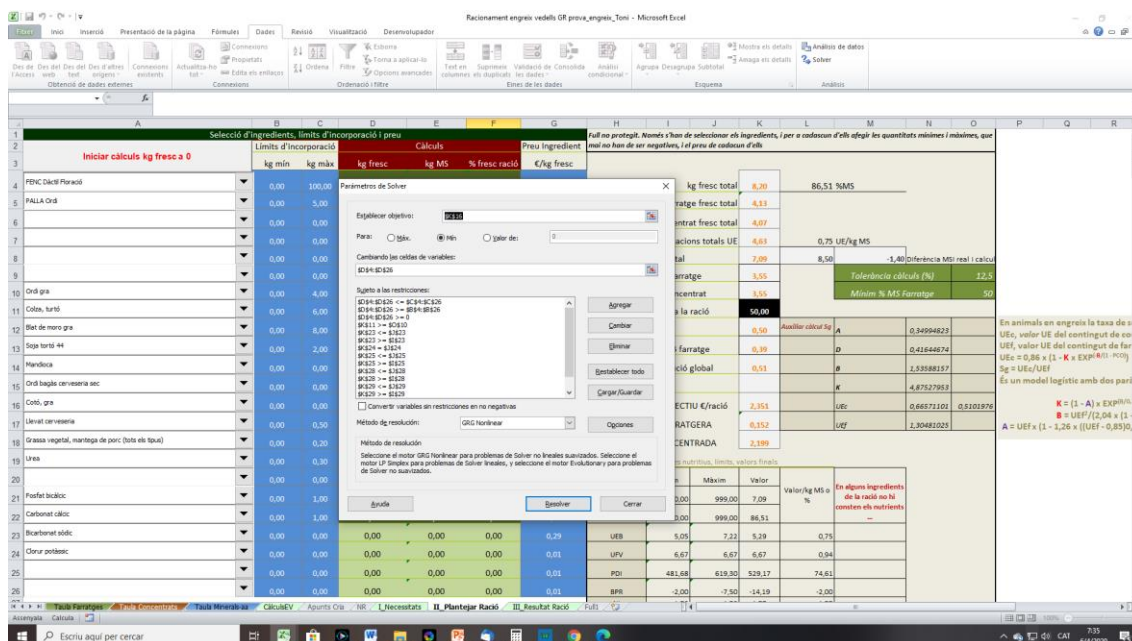
La formació d'aquestes caselles s'ha explicat a l'apartat de necessitats de proteïnes.

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



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

Paràmetres nutritius, límits, valors finals				
Paràmetres	Mínim	Màxim	Valor	Valor/kg MS o %
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	7,09	
%MS ració	0,00	999,00	86,51	
UEB	5,05	7,22	5,29	0,75
UFV	6,67	6,67	6,67	0,94
PDI	481,68	619,30	529,17	74,61
BPR	-2,00	-7,50	-14,19	-2,00
NI	1,78	1,78	1,77	1,77
Ca	15,85	20,38	20,38	2,87
P	14,85	19,09	19,09	2,69

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ACKER, D, CUNNINGHOAM, M. 1991. Animal Science and Industry. Fourth Edition. Prentice Hall. USA.
- ANDRIEU J, BARRIERE Y, DEMARQUILLY C. 1999. Digestibilité et valeur énergétique des ensilages de maïs: le point sur les méthodes de prévision au laboratoire. INRA Prod Anim; 12 (5): 391-396.
- AUFRÈRE J, GRAVIOU D, DEMARQUILLY C, VERITE R, MICHALET-DOREAU B, CHAPOUTOT P. 1989. Aliments concentrés pour ruminants: prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod Anim; 2 (4): 249-254.
- BAUMONT R, CHAMPCIAUX P, AGABRIEL J, ANDRIEU J, AUFRÈRE J, MICHALET-DOUREAU B, DEMARQUILLY C. 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod Anim; 12 (3): 183-194.

- BERG, RT, BUTTERFIELD, RM. 1978. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- Calvo, CA. 1978. Ovinos
- COPPOCK, CE. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. J Dairy Sci; 70: 1110-1119.
- DEMARQUILLY C, ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA Prod Anim; 5 (3): 213-221.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim; 7 (3): 177-189.
- DI MARCO, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Editado por O.N. Di Marco. Balcarce, Bs.As.
- DI MARCO, ON. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. por Asoc. Arg. de Prod. Animal. Balcarce, Bs.As.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J Dairy Sci; 72: 2942-2948.
- ENGLISH, PR, FOWLER, VR, BAXTER, S, SMITH, B. 1996. The Growing and Finishing Pig. Edit. By Farming Press.
- FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición) C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)
- FOWLER, VR. 1968. Body development and some problems of its evaluation in Growth and Development of Mammals. Butterworth, London.
- GARCÍA SACRISTÁN, A, CASTEJÓN MONTIJANO, F, DE LA CRUZ PALOMINO, LF, GONZÁLEZ GALLEGO, J, MURILLO, LÓPEZ DE SILANES, MD, SALIDO RUIZ, G. 1998. Fisiología Veterinaria. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. España.
- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- GÜRTLER, H, KETZ, HA, KOLB, E, SCHRÖDER, L, SEIDEL, H. 1971. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- HAMMOND, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, 322 p.
- HELMAN, Mauricio B. 1977. Ganadería tropical. El Ateneo, Bs.As., 155-170.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie etudes, 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.** Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prédiction 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>.
- PRESCOTT, J.H.D. 1982. Crecimiento y Desarrollo de los Corderos, En: Manejo y Enfermedades de las Ovejas. Edit. Acibia. Zaragoza. España.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. París: INRA.
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. Nº Registre Propietat Intel·lectual B-40754.. Lleida: Servei de Biblioteca, dossiers electrònics, ETSEA-UdL.
- SEGUÍ A. 1978. Tablas alimenticias y racionamiento en Catalunya. Reus: SEA.
- SEGUÍ A. 1979. Ejemplo teórico para equilibrar una ración de maíz. Reus: SEA. FIT 4/ 79.
- SEGUÍ A. 1982. Alimentació de vaques de llet. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de llet; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos per a produir llet. Reus: SEA. FIT 22/83.
- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de llet a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de llet. Barcelona: Caixa de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia y Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- SEGUÍ A. 1989. Matèria seca, farratgera, concentrada... i la fibra?. Barcelona: SEA. Full de Divulgació 33/89.
- SEGUÍ A. 2005.- La necesidad de extensión agraria en vacuno lechero. Sanz E. (director) [Tesis doctoral]. Universitat de Lleida.
- SEGUÍ PARPAL, A. 2009. L'explotació de vaques de llet. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- VERDE, L. (1974). Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. AAPA Prod.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.