

*Grup de remugants "Ramon Trias"*

# Racionamiento alimentario de vacas de cría

*Basado en INRA-2018*

## PRINCIPIOS DEL RACIONAMIENTO

La aplicación *Racionamiento vacas de cría GR 2020* tiene la misma estructura que la aplicación de esta web, a la que hemos incorporado y, en muchos casos, rehecho las fórmulas o ecuaciones de las necesidades, y hemos preparado los cálculos de las iteraciones según las novedades INRA-2018.

Con el fin de no desvirtuar los conceptos, en este documento indicaremos las transcripciones del propio libro traducidas, y las pondremos en cursiva.

INRA-2018 dice que las etapas de la formulación de la ración son:

1. Prever las necesidades nutritivas y la CI de los animales según sus características
2. Determinar el valor alimenticio del conjunto de alimentos disponibles
3. Calcular las cantidades ingeridas de cada alimento de la ración y el valor nutritivo de la ración integrando los efectos de las **interacciones digestivas**
4. Prever las producciones de los animales
5. Integrar las diversas estrategias de alimentación - en pasto o en estabulación; *ad libitum* o no - y calcular la eficacia alimentaria diaria y los balances nutritivos.

El principio clave del racionamiento es la valorización del forraje, o de la ración forrajera, y que los concentrados complementen los aportes nutritivos de los forrajes. En todos los casos el objetivo es satisfacer la capacidad de ingestión.

Para facilitar la comprensión ponemos el significado de las abreviaturas que empleamos, y que, en gran parte, son las del INRA ya que creemos mejor respetar su nomenclatura.

---

## ABREVIATURAS Y SIGNIFICADO

AADI, aminoácidos digestibles en el intestino  
ADF, fibra ácido detergente  
AGD\_int, ácidos grasos digestibles en el intestino  
AmiD-int, almidón digestible en el intestino  
balPDI, balance proteico de una ración  
balUFL, balance energético de una ración  
BPR, balance proteico en el rumen  
bVEc, valor basal de *encombrement* concentrado  
CCpart, condición corporal al parto, de 0 a 5  
CI, capacidad de ingestión en UE  
dCs, digestibilidad enzimática pepsina-celulasa  
dE, digestibilidad energía  
dMO, digestibilidad de la materia orgánica  
dMO, digestibilidad de la MO  
dr\_N, digestibilidad real de las proteínas  
DT\_N, degradabilidad de las proteínas en el rumen  
EB, energía sucia  
ED, energía digestible  
EE, extracto etéreo (materia grasa total)  
EfPDI, eficiencia o eficacia de uso de las proteínas en las funciones de producción

EM, energía metabolizable  
Emitir, energía que se pierde en forma de metano  
ENL, energía neta leche  
ENmant y carne, energía neta carne  
Eorina, energía que se pierde por la orina  
FB, fibra bruta  
I\_Cigest, índice efecto gestación a la CI  
I\_Cilact, índice efecto lactación en la CI  
I\_Cimadurez, índice efecto edad (madurez) en la CI  
I\_CIPDI, índice específico contenido proteínas en la CI, basado en PDI/UFL  
Mg, materia grasa total en la leche  
MN alim\_intestino, es la proteína que proviene del alimento y no se ha degradado en el rumen  
MN endogena\_intestino, es la proteína endógena que llega al intestino  
MN microbiana\_intestino, es la proteína microbiana formada en el rumen que llega al intestino  
MNT, materia nitrogenada total o proteína bruta  
MOD, materia orgánica digestible  
MOF, materia orgánica fermentescible  
Mp, materia proteica total en la leche  
MS, materia seca  
MSVlb, materia seca voluntariamente ingerida (vacuno)  
MSVII, materia seca voluntariamente ingerida (vacas leche)  
MSVIm, materia seca voluntariamente ingerida (ovino)  
NDF, fibra neutra detergente  
NDFD\_int, NDF digestible en el intestino  
NecCa<sub>abs</sub>, necesidades en Ca absorbible  
NecMg<sub>abs</sub>, necesidades en Mg absorbible  
NecP<sub>abs</sub>, necesidades en P absorbible  
NecPDI, necesidades en PDI  
NecPDI\_crecimiento, necesidades de crecimiento en PDI  
NecPDI\_gest, necesidades de gestación en PDI  
NecPDI\_no productivas, necesidades no productivas en PDI  
NecPDI\_PEF, necesidades en proteínas endógenas fecales en PDI  
NecPDI\_Pepidérmicas, necesidades epidérmicas en PDI  
NecPDI\_PI, necesidades de producción de leche en PDI  
NecPDI\_PUendo, necesidades para los cambios corporales en PDI  
NecUFL, necesidades en UFL  
NecUFL\_crecimiento, necesidades de crecimiento en UFL  
NecUFL\_gest, necesidades de gestación en UFL  
NecUFL\_mant, necesidades de mantenimiento en UFL  
NecUFL\_PI, necesidades de producción de leche en UFL  
NI, nivel de ingestión, % sobre peso vivo  
NIref, nivel de ingestión de referencia, % sobre peso vivo, referido al cordero de referencia  
NU<sub>calculado</sub>, nitrógeno urinario  
PDI, proteína digestible en el intestino  
PDI\_ut, necesidades en PDI asociadas a la involución uterina  
PDI\_VPRpot, variación potencial de reservas en g PDI/día  
PDIA, proteína digestible en el intestino que proviene del alimento  
PDI<sub>disp</sub>, PDI disponible para cubrir necesidades productivas y no productivas  
PDIE, proteína digestible en el intestino según contenido energético para la síntesis microbiana en el rumen  
PDI<sub>ing</sub>, PDI ingerida  
PDIM, proteína digestible en el intestino que proviene de los microbios (rumen)  
PDIN, proteína digestible en el intestino según contenido N para la síntesis microbiana en el rumen  
PF, productos de la fermentación en los ensilados

Plpic, producción en el pico de la lactación  
Plpot, producción de leche potencial  
Plpot\_305, producción de leche de una vaca a 305 días de lactación  
Plpot\_mult, producción potencial de leche por día en una determinada semana de lactación, multíparas  
Plpot\_prim, producción potencial de leche por día en una determinada semana de lactación, primíparas  
sg, semana de gestación  
Sg, tasa de sustitución global forraje concentrado  
sl, semana de lactación  
tg, tasa de grasa en % o en g/kg  
tp, tasa de proteína en % o en g/kg  
UE, unidad de hartazgo o repleción (*encombrement*)  
UEB, unidad de hartazgo o repleción (*encombrement*) bovinos  
UEC, unidades de *encombrement* concentrado  
UEF, unidades de *encombrement* forraje  
UEL, unidad de hartazgo o repleción (*encombrement*) leche  
UEM, unidad de hartazgo o repleción (*encombrement*) corderos (*moutons*)  
UFL, unidad forrajera leche  
UFL\_VPRpot, variación potencial de reservas en UFL/día  
UFV, unidad forrajera carne (*viande*)  
 $\Delta$ dMO\_BPR, es la variación en la dMO debido al balance proteico en el rumen de la ración  
 $\Delta$ dMO\_CO, es la variación en la dMO debido a la proporción de concentrados en la ración  
 $\Delta$ dMO\_NI, es la variación en la dMO debido al nivel de ingestión de la ración de la ración

## CARACTERÍSTICAS DE LAS VACAS DE CRÍA Y SUS TERNEROS

Resumimos INRA-2018, y, a partir de ahí, cada uno puede adaptar las peculiaridades de cada caso particular.

Las vacas lactantes o de cría tienen un índice de 0,9 terneros/año y vaca, con una producción de leche, para el consumo del ternero, que puede llegar a 1.500 l al año. El ternero está con la madre entre 6 y 7 meses y llega a un peso entre 250 y 400 kg. La pubertad entre los 13 y 16 meses.

El primer parto entre los 30 y 36 meses, y la vida útil en número de partos es de 7 a 8.

El período de reproducción se hace coincidir con el tiempo de pasto, monta natural. Se secan de septiembre a noviembre, cuando vuelven del pasto. Entre finales de año y abril están estabuladas, siempre depende del clima del lugar, y del tiempo atmosférico del año.

El período de racionamiento, para el que se utilizan las fórmulas que se irán explicando, y la aplicación informática, cubre desde la fecha del parto  $\pm$  3 meses. Y el sistema es el típico acordeón, aprovechar las reservas corporales y que en el pasto se vayan reconstituyendo.

Antes las necesidades de mantenimiento estaban determinadas o moduladas por el estado fisiológico de la vaca. En la versión actual se tienen en cuenta los gastos no productivos, asociadas a las variaciones de las reservas y la intensidad del metabolismo.

## NECESIDADES PARA LA PRODUCCIÓN Y LAS FUNCIONES NO PRODUCTIVAS

Las necesidades deben cubrir la producción (ternero, leche) y las necesidades no productivas, teniendo en cuenta las variaciones de peso. La ecuación teórica:

Aportaciones nutritivas = Necesidades no productivas + Necesidades de producción + nut [ $\Delta Pvc$ ]

nut [ $\Delta Pvc$ ]: equivalente nutricional de las variaciones de peso corregidas debido a los efectos de la MS ingerida, integra también las diferencias de las reservas corporales ( $\Delta RC$ ) y, también, las necesidades de crecimiento si la vaca todavía no es adulta.

Les necessitats en **energia** es poden, per tant, expressar així:

$$\text{NecUFL} = \text{NecUFL}_{NP} + \text{NecUFL}_{gest} + \text{NecUFL}_{PI} + \text{UFL}_{\Delta RC}$$

NecUFL<sub>NP</sub>: necesidades de las funciones no productivas (formato de la vaca, condición corporal)

NecUFL<sub>gest</sub>: necesidades de gestación

NecUFL<sub>PI</sub>: necesidades de producción de leche

UFL <sub>$\Delta RC$</sub> : equivalente en UFL de las variaciones de peso vivo, corregidas por la ingestión de MS, y de las variaciones de las reservas corporales, medidas según la condición corporal, y de las necesidades de crecimiento - vaca no adulta -; UFL <sub>$\Delta RC$</sub>  será + en fase de reconstrucción y - en la fase de movilización.

Esta misma estructura de la ecuación lo aplicamos a la proteína, PDI:

$$\text{NecPDI} = \text{NecPDI}_{NP} + \text{NecPDI}_{gest} + \text{NecPDI}_{PI} + \text{PDI}_{\Delta RC}$$

$\Delta Pvc$ , las variaciones de peso vivo corregidas se han calculado ajustando a un nivel de ingestión único, con una corrección de 4 kg PV por kg MS:  $\Delta Pvc = \Delta Pv - 4 \text{ kg Pv/kg } \Delta MSI$

---

#### VARIACIÓN DE LAS RESERVAS CORPORALES (UFL <sub>$\Delta RC$</sub> ; PDI <sub>$\Delta RC$</sub> )

Las variaciones de lípidos están relacionadas a las variaciones de peso vivo corregidos.

Múltiparas:  $\Delta Lip = -0,46 + 0,38 \times \Delta Pvc$

Primíparas:  $\Delta Lip = -0,46 + 0,21 \times \Delta Pvc$

$\Delta Lip$ , variaciones en kg de los lípidos corporales. Si la masa proteica representa el 20% de la masa sin grasa, el contenido medio en proteínas de las variaciones de peso es del 13% en las múltiparas y del 16% en las primíparas.

Análisis intra-experiencias: para variaciones de PVC superiores a  $\pm 0,15$  kg/día resultó  $\text{UFL}_{\Delta RC} = 2,4 \pm 1,1$  UFL/kg  $\Delta Pvc$  para múltiparas, y  $\text{UFL}_{\Delta RC} = 1,8 \pm 1,1$  UFL/kg  $\Delta Pvc$  para primíparas. La CC inicial no fue significativa.

En esta base de datos las primíparas ganan 0,2 kg/día; igualmente, si están subalimentadas, la masa magra continúa creciendo en detrimento de los depósitos adiposos.

Estos valores  $\text{UFL}_{\Delta RC}$  corresponden a contenidos de lípidos del 31% en múltiparas y de 15% en primíparas, asociados a eficacias (kpf) de 0,51 y 0,44, respectivamente.

$\text{UFL}_{\Delta RC} = 2,4 \times \Delta Pvc$  para múltiparas

$\text{UFL}_{\Delta RC} = 1,8 \times \Delta Pvc$  para primíparas

$\text{PDI}_{\Delta RC} = (0,13 \times \Delta Pvc) / E_{fPDI}$ , múltiparas

$\text{PDI}_{\Delta RC} = (0,16 \times \Delta Pvc) / E_{fPDI}$ , primíparas

## NECESIDADES EN ENERGÍA DE LAS FUNCIONES NO PRODUCTIVAS

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}} = \text{UFL} \times \text{MSI} - \text{UFL}_{\Delta\text{RC}} - \text{NecUFL}_{\text{gest}} - \text{NecUFL}_{\text{PI}}$$

UFL x MSI son las aportaciones en UFL de la ración

UFL<sub>ΔRC</sub> es el equivalente energético de las reservas corporales (– si moviliza, + si reconstituye)  
NecUFL<sub>gest</sub>, NecUFL<sub>PI</sub> i NecUFL<sub>NP</sub> son, respectivamente las necesidades energéticas de gestación, de producción de leche y de las funciones no productivas.

Para poder incorporar los diferentes formatos de las vacas:

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = (\text{UFL} \times \text{MSI} - \text{UFL}_{\Delta\text{RC}} - \text{NecUFL}_{\text{gest}} - \text{NecUFL}_{\text{PI}})/\text{Pv}^{0,75}$$

De los análisis de la base de datos resulta que NecUFL<sub>NP</sub>/Pv<sup>0,75</sup> están correlacionadas con las variaciones de peso de las vacas:

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = (a + b \times \Delta\text{Pvc})/\text{Pv}^{0,75}$$

a, es la estimación indirecta de las necesidades de mantenimiento sin variación de peso.

b, estima la energía de las funciones no productivas asociadas a las variaciones de peso (ΔPvc). El producto b x ΔPvc es, a la vez, una estimación de la variación de energía de las funciones no productivas (UFL<sub>ΔNP</sub>) que se relacionan con la CC, tanto o más cuando están flacas, ya que el ahorro energético es importante. Y se obtiene la ecuación:

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = (\text{NecUFL}_{\text{mant}} + \text{UFL}_{\Delta\text{NP}})/\text{Pv}^{0,75}$$

NecUFL<sub>NP</sub>, necesidades de las funciones no productivas

NecUFL<sub>mant</sub>, necesidades de mantenimiento, sin variación de peso

UFL<sub>ΔNP</sub>, necesidades asociadas a las adaptaciones metabólicas (+ 0 -) y otros errores de medidas al cambiar el peso vivo. Todos expresados en UFL/día y relacionados con el peso metabólico.

La ecuación NecUFL<sub>NP</sub>/Pv<sup>0,75</sup> = (a + b x ΔPvc)/Pv<sup>0,75</sup> se ha aplicado a la base de datos de vacas gestantes, estabulación trabada. La pendiente b no está correctamente estimada, no significativamente. En cambio, a da un valor de 0,043 UFL/kg Pv<sup>0,75</sup>, este valor se ha retenido como estimación válida de las necesidades de mantenimiento de vacas secas o en gestación, en ausencia de variaciones de las reservas corporales.

La ecuación NecUFL<sub>NP</sub>/Pv<sup>0,75</sup> = (NecUFL<sub>mant</sub> + UFL<sub>ΔNP</sub>)/Pv<sup>0,75</sup> se ha aplicado a la base de datos a vacas en lactación, la actividad física interviene significativamente por la localización (establo, pasto), sin que intervenga la paridad:

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = 0,049 + 0,019 \times \Delta\text{Pvc} \text{ (estabulación)}$$

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = 0,058 + 0,019 \times \Delta\text{Pvc} \text{ (pastoreo)}$$

La composición en la variación del peso no es constante, por lo que la CC inicial es significativa y permite obtener otra estimación:

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = 0,049 + 0,0073 \times \Delta\text{Pvc} \times \text{CCi} \text{ (estabulación)}$$

$$\text{NecUFL}_{\text{NP}}/\text{Pv}^{0,75} = 0,058 + 0,0073 \times \Delta\text{Pvc} \times \text{CCi} \text{ (pastoreo)}$$

Ecuaciones válidas para **1,5 ≤ CCi ≤ 3,5**

La pendiente  $b = 0,0073$  estima el valor de energía neta de las necesidades no productivas asociadas a la variación del peso  $\Delta Pvc$  en interacción con la CC.

Las necesidades no productivas en energía neta para las vacas se pueden resumir en la siguiente ecuación:

$$\text{NecUFL}_{NP} = [(\text{NecUFL}_{\text{mant}}/\text{Pv}^{0,75} \times I_{\text{act}}) + (0,0073 \times \Delta Pvc \times CC)] \times \text{Pv}^{0,75}$$

$\text{NecUFL}_{\text{mant}}/\text{Pv}^{0,75}$  igual a 0,043 UFL/kg  $\text{Pv}^{0,75}$  para una vaca seca o gestante; igual a 0,049 UFL/kg  $\text{Pv}^{0,75}$  para una vaca en lactación;  $I_{\text{act}}$  índice de actividad, 1,08 estabulación libre, 1,20 pasto;  $\Delta Pvc$  variación de peso vivo corregido en kg/día;  $1,5 \leq CC \leq 3,5$ .

## NECESIDADES EN PDI DE LAS FUNCIONES NO PRODUCTIVAS

$\text{NecPDI}_{P_{EF}} = P_{EF}/E_{fPDI} = [\text{MSI} \times (0,5 \times (5,7 + 0,074 \times \text{MOND}))]/E_{fPDI}$  son las necesidades en PDI de las proteínas endógenas fecales

$\text{NecPDI}_{P_{U_{\text{endo}}}} = P_{U_{\text{endo}}} = 0,312 \times \text{Pv}$  son las necesidades en PDI para las proteínas endógenas urinarias.

$\text{NecPDI}_{P_{\text{epidérmicas}}} = P_{\text{epidérmicas}}/E_{fPDI} = 0,2 \times \text{Pv}^{0,6}/E_{fPDI}$  son las necesidades en PDI para las proteínas epidérmicas.

Las excreciones fecales de MN son función de la MSI y de la calidad de la ración, no se pueden estimar con coeficientes fijos. La hipótesis que se toma es que la eficacia de uso  $E_{fPDI}$  es igual para todas las funciones productivas y no productivas.

$E_{fPDI} = f(\text{aportaciones, necesidades})$ , por tanto se precisa del cálculo iterativo.

## NECESIDADES PARA LAS FUNCIONES PRODUCTIVAS

### GESTACIÓN

El peso del feto aumenta exponencialmente desde la concepción y linealmente durante las últimas semanas.

$$\text{Pv}_{\text{feto}} = \text{Pv}_{\text{ternero}} \times \exp^{(2,7484 \times (1 - \exp(0,00487 \times (290 - d))))}$$

$$\Delta \text{Pv}_{\text{feto}} = \text{Pv}_{\text{feto}} \times (0,013384 \times \exp^{(0,00487 \times d)})$$

$$\Delta \text{Prot}_{\text{feto}} = (0,0677 \times 1,2428 \times \text{Pv}_{\text{feto}}^{0,2428}) \times \Delta \text{Pv}_{\text{feto}}$$

$\text{Pv}_{\text{feto}}$ , peso del feto en kg;  $\text{Pv}_{\text{ternero}}$ , peso del ternero al nacer en kg;  $d$ , días de gestación ( $d = 0$  a la concepción);  $\Delta \text{Pv}_{\text{feto}}$ , aumento diario en kg del feto;  $\Delta \text{Prot}_{\text{feto}}$ , aumento proteico diario del feto en kg.

Las ecuaciones que quedan para el racionamiento son las siguientes:

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

$$\text{NecPDI}_{\text{gest}} = 0,0448 \times \text{Pv}_{\text{ternero}} \times \exp^{(0,111 \times \text{semG})}/E_{fPDI}$$

$\text{semG}$ , semana gestación.

### LACTACIÓN

Calculamos la producción diaria igual que hemos hecho con las vacas de leche, partiendo lógicamente de producciones anuales de 1.500 a 2.500. Las vacas de cría, según el manejo clásico de invernada y pasto, tienen dos picos de lactación, uno de ellos coincidente con la salida y estancia en el pasto. No obstante, este último ya no lo tenemos en cuenta ya que la aplicación informática la hemos preparada para la época de invernada o de estabulación.

$$\text{NecUFL\_PI} = 0,44 \times \text{PI}$$

$$\text{NecPDI\_PI} = (34 \times \text{PI}) / \text{EfPDI}$$

## MINERALES

El Ca, el P y el Mg tienen unos coeficientes de absorción de 0,40, 0,65 y 0,16, respectivamente. Las necesidades en Ca son:

$$\text{NecCa\_gest} = (-1,5 + 2,3 \times \text{NecUFL}) / 0,4$$

$$\text{NecCa\_lact} = (-3,35 + 2,9 \times \text{NecUFL}) / 0,4$$

Las necesidades en P son:

$$\text{NecP\_gest} = (7,3 + 0,82 \times \text{NecUFL}) / 0,65$$

$$\text{NecP\_lact} = (-1,71 + 2,22 \times \text{NecUFL}) / 0,65$$

Las necesidades en Mg absorbible son:

$$\text{NecMg\_gest} = (0,011 \times \text{Peso vivo}) / 0,16$$

$$\text{NecMg\_lact} = (0,011 \times \text{Peso vivo} + 0,15 \times \text{PI}) / 0,16$$

En el Ca y en P las necesidades están ligadas a las necesidades energéticas, por lo tanto en el planteamiento de la ración y, ya dentro de las sucesivas iteraciones, las aportaciones se irán ajustando a las variaciones de la energía (UFL) en función de las interacciones digestivas (nivel de ingestión, proporción de concentrados en la ración, balance proteico en el rumen).

## INGESTIÓN

La capacidad de ingestión de una vaca en producción es función del peso vivo, de la producción potencial de leche por día en la semana en cuestión, de la condición corporal y está afectada por diferentes índices.

$$\text{CI} = \text{I\_CI}_{\text{raza}} \times \text{I\_CI}_{\text{estado}} \times \text{I\_CI}_{\text{paridad}} \times (3,2 + (0,015 \times \text{Pv}) + (0,25 \times \text{PI}) - \text{I\_CI}_{\text{cc}} \times \text{Pv} \times (\text{CC} - 2,5))$$

$\text{I\_CI}_{\text{raza}}$  para limusinas y similares (0,95), para cruzadas con lecheras (1,15), resto de razas (1).

$\text{I\_CI}_{\text{estado}}$  alrededor del parto (0,95), primer mes lactación (0,98), segundo (1), tercero (1,02).

$\text{I\_CI}_{\text{paridad}}$  primíparas (0,88 en gestación, de 0,9 a 1 en lactación), multíparas (1).

Pv peso vivo

PI producción diaria de leche

$\text{I\_CI}_{\text{cc}}$  en gestación (0,002), en lactación (0,0015)

CC condición corporal (escala de 0 a 5)

## TASA DE SUSTITUCIÓN FORRAJES/CONCENTRADOS



En las vacas de cría se emplean las unidades UEB, no las UEL, y, por tanto, los concentrados no tienen el valor basal de hartazgo o repleción, que sí tienen las vacas lecheras.

Si se incorporan concentrados en la ración hay una depresión de la digestibilidad, medida en las interacciones digestivas, y los forrajes se consumirán en menos cantidad. La tasa de sustitución representa por tanto, la cantidad de forraje, en MS, que desplaza la incorporación de un kg de concentrado. Se emplea el mismo modelo curvilíneo que en los terneros:

**UEc, valor UE del contenido de concentrados**

**UEf, valor UE del contenido de forrajes**

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

$$Sg = UEc/UEf$$

**Es un modelo logístico con dos parámetros (B i K) que dependen 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 de repleción de los concentrados en el seno de una ración tiende a 1 si PCO (proporción de concentrado) tiende a 1, o sea el 100% de concentrados, cualquiera que sea el forraje de la ración. El valor Sg tiende a 1/UEf. Con forrajes muy buenos la Sg llega a 0,95 (la incorporación de concentrados prácticamente no tiene influencia en el consumo de forraje). Si el forraje es poco apetecible, con mucha capacidad de llenado o de repleción, puede pasar que la incorporación de concentrados haga aumentar la cantidad de forraje y la Sg será negativa, ya que el balance proteico del rumen aumenta y tiene un influencia positiva sobre la digestibilidad de la ración.

## BASES DEL RACIONAMIENTO

Primero calculamos las necesidades de la vaca (UFL, PDI, Ca y P) y la capacidad de ingestión en UE. Esto serían valores teóricos u objetivos. Después tendremos la valoración de los ingredientes disponibles (forrajes, concentrados y minerales) con las restricciones fisiológicas propias y las restricciones de cantidades impuestas, bien por la práctica o bien por decisión del titular. De los ingredientes también dispondremos de los precios o de los costes de producción.

El objetivo es formular una ración al mínimo coste. Si las aportaciones igualan las necesidades y la ración es al mínimo coste, la solución sería fácil de encontrar si todo fuera sumar, restar, multiplicar y dividir. Pero hace tiempo que sabemos que la realidad es diferente.

La capacidad de ingestión va cambiando debido al contenido PDI/UFL, y los contenidos PDI y UFL no son la *suma producto* de las cantidades de ingredientes por el valor nutritivo de los mismos en PDI y UFL, sino que según el nivel de ingestión, que a su vez cambia a medida que entra concentrado en la ración, la eficiencia de transformación de la proteína varía y la digestibilidad de la materia orgánica también varía debido al nivel de ingestión, la cantidad o PCO de concentrado y del balance proteico en el rumen (BPR), de tal manera que todo se va rehaciendo a medida que van encajando las aportaciones y las necesidades (variables).

A continuación incluimos las interacciones digestivas y la eficacia o eficiencia de las PDI para las funciones de proteosíntesi, que es lo ya explicado en las vacas de leche, y **atención:** los ejemplos corresponden al racionamiento de vacas de leche. El sistema, sin embargo, es el mismo.

## INTERACCIONES DIGESTIVAS

Hasta ahora empleábamos la depresión de la digestibilidad, que era función de la proporción de concentrados en la ración (PCO) y de las necesidades del animal (mantenimiento y producción). En el nuevo sistema se intenta cuantificar los principales factores que dan lugar a las interacciones digestivas. La dMO es el mejor criterio para conocer las interacciones.

Las interacciones tienen lugar, principalmente, en el rumen, y las causas:

- Si el nivel de ingestión (NI) es alto, la velocidad de paso es alta, el tiempo de permanencia se acorta y, por tanto, la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos es menor.
- Si la proporción de concentrados (PCO) es alta, baja el pH ruminal y se inhiben los microorganismos que degradan la celulosa.
- La disponibilidad de N en el rumen, que es balance proteico del rumen (BPR), cambia la actividad microbiana.

En el sistema INRA 1978-2007 la disponibilidad N y la actividad microbiana se cuantificaban mediante PDIN y PDIE, ahora en INRA-18, es el balance proteico del rumen:

$$\text{BPR} = \text{MNT}_{\text{ingeridas}} - \text{MNT}(\text{no amoniacales})_{\text{duodeno}} \text{ en g/kg MS.}$$

Las  $\text{MNT}(\text{no amoniacales})_{\text{duodeno}}$  son las MNT alimentarias no degradadas más las MNT microbianas más las MNT endógenas.

BPR es un indicador de la diferencia entre la síntesis proteica microbiana permitida por la MNT degradable disponible en el rumen y la que permitiría la energía disponible en la MOF en el rumen. Anteriormente utilizábamos en el racionamiento un índice  $(\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UFL}$ . Ahora **BPR es aditivo y medible**, y es un criterio pertinente no sólo para evaluar el equilibrio entre N degradable y energía disponible en el rumen, sino también para integrar los efectos cuantitativos de las interacciones entre energía y nitrógeno en los procesos digestivos, así como el crecimiento microbiano. También se emplea para predecir las pérdidas urinarias de N.

## EFFECTO DEL NIVEL DE INGESTIÓN EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

$\text{dMO}_m$  es la digestibilidad de la materia orgánica de una ración, medida in vivo, e intra-experiencias se obtiene así:

$$\text{dMO}_m = 76 - 2,74 \times \text{NI}, \text{ NI es el nivel de ingestión de la ración, en \% del peso vivo.}$$

Cada ingrediente forrajero tiene un valor  $\text{NI}_{\text{ref}}$  en las tablas y todos los concentrados tienen  $\text{NI}_{\text{ref}} = 2$ . La ración (combinación de forrajes y concentrados) tendrá un valor  $\text{NI}_{\text{ref}}$  igual a suma producto de las cantidades y los  $\text{NI}_{\text{ref}}$ . Por ejemplo,  $\text{NI}_{\text{ref}} = 1,77$ .

La vaca comerá de esta ración, por ejemplo, 24,52 kg MS y si la vaca pesa 650 kg, el NI de la ración será:

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

Hay una diferencia evidente entre el calculado y el real, por tanto, la interacción sobre la dMO se expresa así:  $\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - NI_{ref})/100 = -2,74 \times (3,77 - 1,77)/100 = -0,054806366$ , valor que resta a la  $dMO_m$

#### EFFECTO DE LA PROPORCIÓN DE CONCENTRADO EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

Se trata de cuantificar el efecto de la proporción de concentrado (PCO, entre 0 y 1) sobre las interacciones digestivas. Experimentalmente el efecto de PCO sobre la dMO de la ración se expresa así:

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

Si en la ración formulada  $PCO = 0,49$ ,  $\Delta dMO_{CO} = -6,5/(1 + (0,35/0,49)^3)/100 = -0,0479722$  valor que resta a la  $dMO_m$

#### EFFECTO DEL BALANCE PROTEICO DEL RUMEN EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

El balance proteico en el rumen:

$BPR = MNT_{ingerida} - [MN_{alim\_intestino} + MN_{microbiana\_intestino} + MN_{endogena\_intestino}]$ , es decir, **BPR es la MN que no llega al intestino.**

1. La  $MNT_{ingerida}$  es un valor que se obtiene de los cálculos de la ración, y al ejemplo es igual a **157,21**
2.  $MN_{alim\_intestino}$  (Proteínas alimentarias no fermentadas en el rumen) =  $MNT_{ingerida} \times (1 - DT\_N)$ 
  - a.  $DT\_N$ , degradabilidad de las proteínas, es un valor experimental para cada ingrediente, por tanto, los tenemos de los que entran en la ración, y la  $DT\_N$  de la ración es 0,67.

$$MN_{alim\_duodeno} = 52,30$$

3.  $MN_{microbiana\_intestino} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MORd\_rumen + 8,40 \times PCO$ 
  - a.  $MORd\_rumen$ , es la materia orgánica digestible en el rumen, o sea la MOF, la materia orgánica fermentescible, y es un valor que se obtiene de la composición de la ración, ya que cada ingrediente tiene su valor MOF, y en nuestro caso es igual a 588,83

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

4.  $MN_{endogena}$  se considera un valor fijo igual a **14,20**
5.  $BPR = 157,21 - (52,30 + 87,20 + 14,20) = 3,52$

El BPR calculado en la ración (cada ingrediente viene caracterizado por su valor BPR) en nuestro caso es igual a 11,85 ( $BPR_{ref}$ ).

La interacción de la BPR sobre la dMO:

$$\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = -0,060 \times (3,52 - 11,85)/100 = 0,005$$

Las tres interacciones seran  $-0,054806366 - 0,0479722 - 0,005 = -0,107778566$

Este valor hará que la digestibilidad de la MO corregida por las interacciones  $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = dMO - 0,107778566$ .

La ración formulada tiene una dMO calculada ya que cada ingrediente tiene su dMO, y en el ejemplo será igual a 0,79, por tanto  $dMOc = 0,79 - 0,107778566 = 0,68$ . Evidentemente, aquí se entra directamente en las iteraciones ya que la realidad no se basa en  $dMO = 0,79$  sino en  $dMOc = 0,68$ .

La ecuación de restricción energética del planteamiento de la ración sería la siguiente:

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

Las aportaciones energéticas deben ser igual a las necesidades calculadas. Las NecUFL se han calculado con una  $dMO = 0,79$ , y ahora la  $dMOc$  va variando en función del NI, de PCO y de BPR, por tanto en la restricción energética podemos poner lo siguiente:

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

## EFICACIA DE LA SÍNTESIS PROTEICA EN LACTACIÓN

En primer lugar necesitamos conocer la PDI disponible para cubrir las necesidades no productivas y las productivas.

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

$PDI_{ing}$  es la que una vez formulada la ración obtenemos directamente de los cálculos (suma producto de las cantidades de cada ingrediente y los valores PDI de los mismos), en el ejemplo  $PDI_{ing} = 2.327,13$  g

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

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

La  $EfPDI$  es igual a **gastos o consumos proteicos/PDI<sub>disp</sub>**

Hay varias maneras de calcular la  $EfPDI$  de una ración, explicamos dos.

### 1. Método A

- a) Primero se debe calcular el balance energético de la ración (balUFL), que es igual a las aportaciones UFL de la ración más las aportaciones de las reservas corporales (UFL\_VPR, que pueden ser + o -) menos las necesidades UFL calculadas: en el ejemplo,  $balUFL = 28,63 + (-0,69) - 25,08 = 2,86$  UFL.
- b) Si el balance energético es positivo las proteínas se fijan (no se emplean para generar energía) y el balance proteico (balPDI) deviene un gasto, y, en consecuencia  $EfPDI$  se calcula así:

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

$P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times MOND$ ; MOND, materia orgánica no digestible, igual a  $(MO - MODc)$ ; MODc es la MOF corregida por las interacciones (NI, PCO y BPR). MO la sacamos directamente de los cálculos ( $MO = 853,48$ ), la MODc es la MOF (directamente de los cálculos) corregida por  $dMOc$ ,  $MO - MOND = 853,48 - 588,83 \times dMOc/dMO = 853,48 - 588,83 \times 0,69/0,79 = 339,18$  g PDI, y  $P_{EF} = 5,7 + 0,0074 \times 339,18 = 8,2$  g PDI

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

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

balPDI = Aportaciones PDI + aportaciones reservas corporales (PDI\_VPR) – Necesidades calculadas = 2.327,13 + (- 22,76) – 1.973,87 = 330,5 g PDI

$PDI_{disp} = 2.124,33 \text{ g PDI}$

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

- c) Si el balance energético es negativo, el balance proteico (balPDI) es una aportación y su valor absoluto se junta a las  $PDI_{ingr}$  y, en consecuencia  $EfPDI$  se calcula así:

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

## 2. Método B.

Hay un ajuste exponencial entre  $EfPDI$  y la concentración en PDI de la ración:

$EfPDI = EfPDI_{100} \times \exp^{-b \times (PDI - 100)}$ , donde  $EfPDI_{100}$  es la eficacia cuando la PDI de la ración es 100 g/kg MS, PDI es el contenido en g/kg MS.

Para las vacas lecheras la ecuación es la siguiente:  $EfPDI = 0,67 \times \exp^{-0,007 \times (PDI - 100)}$

En la anterior aplicación se consideraba una eficiencia constante y, por tanto, la ecuación era:

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

Donde las aportaciones debían estar entre dos límites a efectos de facilitar los cálculos. Por ejemplo,  $a = 0,05$ , las aportaciones deben estar entre el 95% y el 105% de las necesidades.

Ahora hemos visto que la eficiencia cambia en el seno de la ración. Y, también, a efectos de facilitar los cálculos se mantiene poner un rango (a) y añadimos el cálculo de necesidades con  $EfPDI$ . No obstante, lo simplificamos de la siguiente manera:

En el cálculo de necesidades PDI hemos introducido las necesidades relativas a las proteínas endógenas fecales que dependen de la materia seca ingerida y de la MO no digestible, afectada también por la depresión de la digestibilidad ( $NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MONDc))/EfPDI$ ), pero para una  $EfPDI = 0,67$  las necesidades asociadas a la proteína endógena fecal tienen una media de 19,8, que es el valor que empleamos para el cálculo.

En la formación de proteínas productivas y no productivas (excepto las endógenas fecales) se considera para el cálculo de necesidades  $EfPDI = 0,67$ . Añadimos a las necesidades las  $NecPDI_{PEF}$  con la MSI real, la  $EfPDI$  real y la MOND corregida, por tanto las restricciones de la proteína quedan así:

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

De hecho, la aplicación el valor de las  $NecPDI$  calculadas se disgrega en dos sumatorios:  $NecPDI_{PUendo}$  que no está afectado por la eficiencia  $EfPDI$ , y el resto ( $NecPDI - NecPDI_{PUendo}$ ) que toda ella está afectada por el  $EfPDI$ , y, por tanto, a la restricción este resto se multiplica por 0,67 y se divide por  $EfPDI$  de la ración, que se obtiene iterativamente.

## BPR, BALANCE PROTEICO EN EL RUMEN

En la aplicación el cálculo del  $BPR_{ref}$  se hace como los otros nutrientes, y en cuanto a las restricciones ponemos la siguiente restricción:

$$0 \leq \sum_i Xi \times BPR_{refi} \leq 30$$

Según INRA-2018, el valor BPR no debe ser muy alto ya que se aumentarían las pérdidas en N urinario; de hecho, como antes con PDIN y PDIE, se tendía a que fueran iguales, dentro de una tolerancia que

facilitara los cálculos, la situación ideal sería obtener BPR próximo a 0. Para las vacas de alto nivel productivo aconseja un rango de - 8 a 0, y para animales poco productivos de -15/-20 a -8, que es lo que incluimos en la aplicación *Racionamiento vacas de cría GR 2020*.

## LA APLICACIÓN RACIONAMIENTO VACAS DE CRÍA GR 2020

La aplicación *Racionamiento vacas de cría GR 2020* está configurada igual que la anterior aplicación sobre Racionamiento que hay en la web dentro del archivo Aplicaciones informáticas. Las novedades son las explicadas en el texto anterior y que iremos viendo a continuación plasmadas en la aplicación.

Consta de los siguientes hojas: Tabla de Forrajes, Tabla de Concentrados, Tabla de Minerales, I\_Necesidades, II\_Plantear Ración y III\_Resultado Ración. También hay dos hojas auxiliares de cálculos: CálculosEV, Índices.

### Tabla de Forrajes

Los cambios se deben a las nuevas unidades y nutrientes que serán necesarios para la optimización de la ración.

The screenshot shows a spreadsheet interface with numerous columns. The columns are labeled with abbreviations for various nutrients and parameters, including MS%, UFL, MNT, PDIA, PDI, BPR, UEL, UEB, UEM, Nlref, dMO, MOD, EE, FB, NDF, ADF, Lignina, Cenizas, Ca, P, Na, Cl, K, Na, S, Cu, Mo, Mn, Fe, Zn, VtA, VtD, VtE, AD, PE, N, H, and MOF.

Todos los alimentos tanto forrajeros como concentrados están actualizados con la aplicación *Valoración Nutritiva GR 2020*.

Las columnas son las siguientes:

Nombre	Forraje, verde, seco o ensilado
MS %	MS en%
UFL	Unidad forrajera leche
UFV	Unidad forrajera carne " <i>viande</i> "
MNT_PB	g materia nitrogenada total o proteína bruta/kg MS
PDIA	g proteína digestible intestinal alimentaria/kg MS
PDI	g proteína digestible intestinal/kg MS
BPR	Balance proteico en el rumen, g/kg MS
UEL	Unidad de repleción " <i>encombrement</i> " leche
UEB	Unidad de repleción " <i>encombrement</i> " vacuno
UEM	Unidad de repleción " <i>encombrement</i> " ovino
Nlref	Nivel ingestión de referencia% peso vivo
dMO	Digestibilidad de la materia orgánica
MOD	Materia orgánica digestible g/kg MS
EE	Extracto etéreo (grasas totales), g/kg MS
FB	Fibra bruta, g/kg MS
NDF	Fibra neutro detergente, g/kg MS
ADF	Fibra ácido detergente, g/kg MS
Lignina	ADL, lignina, g / kg MS
Cenizas	g/kg MS
Ca	Calcio, g/kg MS
P	Fósforo, g/kg MS

Mg	Magnesio, g / kg MS
Cl	Cloro, g / kg MS
K	Potasio, g/kg MS
Na	Sodio, g/kg MS
S	Azufre, g/kg MS
Co	Cobalto, mg/kg MS
Cu	Cobre, mg/kg MS
Mo	Molibdeno, mg/kg MS
Yodo	I, mg/kg MS
Fe	Hierro, mg/kg MS
Mn	Manganeso, mg/kg MS
Se	Selenio, mg/kg MS
Zn	Zinc, 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	Ácidos grasos, g/kg MS
DT_N	Degradabilidad proteica en el rumen
PF	Productos de la fermentación, g/kg MS
MOF	Materia orgánica fermentescible, g/kg MS

Las tablas de concentrados y de minerales tienen la misma estructura.

### I Necesidades

Se trata de calcular las necesidades de la vaca de cría durante el período de invernada. La hoja corresponde a una explotación de vacas, y en él se pueden calcular las necesidades para el conjunto o para una vaca individualmente.

Datos de la explotación		Datos de una vaca de la explotación	
Raza	Lecheras y cruzadas con lecheras	1,15	Índex raça (Ingestió)
Estabulación	Trabada	1	Índex activitat (Energia)
1- Entrada estabulación			
2- Salida a prado			
Intervalo entre partos, meses	12		
Tiempo seco, meses	3		
Semí-annuals lactación	47		
Tiempo estabulación, meses	6		
Tiempo pastoreo, meses	13		
Número de vacas	135		
Porcentaje primíparas	30,00%		
Producción anual media de leche	2.500		
Tasa media de grasa, %	4,40		
Tasa media de proteína, %	3,40		
Producción anual media de leche estandar	2.500,00		
Peso medio vacas	630		
Peso ternero al nacer	50		
Condición corporal media a la entrada	3,5	Octubre	Mes entrada
Condición corporal media a la salida	2,5	Abril	Mes salida
"Aportaciones" per pérdida CC g PDI/día	1		
"Aportaciones" per pérdida CC g PDI/día	83,33		
Distribución anual de los partos por meses			
Meses partos		% partos	
Enero	10		
Febrero	10		
Marzo	10		
Abril	10		
Mayo	10		
Junio	10		
Julio	10		
Agosto	10		
Septiembre	10		
Octubre	10		
Noviembre	10		
Diciembre	10		
			105
Características y necesidades para el racionamiento			
Lote 5 primeros meses lactación		Enero segundo año	
Número de vacas	81		
Producción leche/día	10,49		
CI UE	16,53		
CI MS	15,34		
NecLFL NP	6,09		
NecPDI PEF	300,12		
NecPDI PU endo	293,64		
NecPDI Pepidérmicas	14,14		
EFPDI	0,67		
NecLFL gest	0,00		
NecPDI gest	0,00		
NecLFL PI	4,62		
NecPDI PI	532,35		
Nec LFL	9,70		
Nec PDI	956,72		
Nec Ca g/día	61,98		
Nec P g/día	30,51		
Mg	52,46		
K	87,66		
Na	18,98		
S	30,32		
Cl	23,27		
Co mg/día	4,55		
Cu mg/día	151,58		
Mn mg/día	757,88		
Zn mg/día	9,85		
I mg/día	9,85		
Se mg/día	0,00		
Vit A	0,00		
Vit D	0,00		
Vit E	0,00		
Elegir plantaje racionamiento			
Lote 5 primeros meses lactación		Enero segundo año	
Número de vacas	81		
Producción leche/día	10,49		
CI UE	16,53		
CI MS	15,34		
NecLFL NP	6,09		
NecPDI PEF	300,12		
NecPDI PU endo	293,64		
NecPDI Pepidérmicas	14,14		
EFPDI	0,67		
NecLFL gest	0,00		
NecPDI gest	0,00		
NecLFL PI	4,62		
NecPDI PI	532,35		
Nec LFL	9,70		
Nec PDI	956,72		
Nec Ca g/día	61,98		
Nec P g/día	30,51		
Mg	52,46		
K	87,66		
Na	18,98		
S	30,32		
Cl	23,27		
Co mg/día	4,55		
Cu mg/día	151,58		
Mn mg/día	757,88		
Zn mg/día	9,85		
I mg/día	9,85		
Se mg/día	0,00		
Vit A	0,00		
Vit D	0,00		
Vit E	0,00		
Pes viu vaca	620,00		
MIP	356,68		
Datos complementarios per el racionament			
Límite tolerancia cálculo (%)	10		
M/S forrajera (%) mínima	60		

## CÁLCULO DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS PARA LAS VACAS DE LA EXPLOTACIÓN

A la izquierda se introducen y se calculan los siguientes apartados, que también servirán para la vaca de manera individual:

Raza	Lecheras y cruzadas con lecheras	1,15	Índex raça (Ingestió)
Estabulación	Trabada	1	Índex activitat (Energia)



Elegimos la raza del ganado y se determina  $I_{Cl_{raza}}$  que sirve para calcular posteriormente la capacidad de ingestión (UEB).

Elegimos donde se encuentra la vaca en la invernada, entre estabulación trabada y libre, si bien también se puede elegir pastoreo pero que no lo tenemos en cuenta. Se determina el índice de actividad que condiciona las necesidades energéticas.

A continuación hay dos selecciones importantes para saber el periodo de estabulación, para el que queremos formular raciones.

1.- Entrada estabulación	Octubre
2.- Salida a prado	Abril

Consideramos que la entrada a la estabulación se puede hacer durante tres meses: Octubre, Noviembre y Diciembre; y que la salida a prados se puede hacer también durante tres meses: Abril, Mayo y Junio.

En la hoja auxiliar **Índices** se realizan todos los cálculos. Por ejemplo, si entran en octubre y salen en abril, el tiempo de estabulación será de 6 meses y el de pastoreo de 6.

Hemos considerado un intervalo entre partos entre 12 y 15 meses y un período de secado de 3 meses, a fin de no complicar los cálculos.

Intervalo entre partos, meses	14
Tiempo secado, meses	3
SemL anuales lactación	47
Tiempo estabulación, meses	6
Tiempo pastoreo, meses	6

Hasta aquí los datos servirán para el caso de formular una ración para una vaca en concreto. A partir de aquí se deben introducir datos - medias de la explotación - que nos aproximarán a la formulación de una ración para un mes determinado de invernada. No olvidemos que se trata de aproximaciones.

Número de vacas	130
Porcentaje primíparas	30,00%
Producción anual media de leche	2.500
Tasa media de grasa, %	4,40
Tasa media de proteína, %	3,40
Producción anual media de leche estandar	2.500,00
Peso medio vacas	620
Peso ternero al nacer	50

El número de vacas, el porcentaje de primíparas, la producción anual media de leche y las tasas de grasa y de proteína (la tasa de grasa estándar es del 4,4% y la de proteína del 3,4%). La producción anual media de leche estándar es el cálculo en el caso de que la tasa de grasa no sea del 4,4% y/o tampoco la de proteína sea del 3,4%. A partir de aquí todos los cálculos se hacen con leche estandarizada. También introducimos el peso medio de las vacas y el peso medio del ternero al nacer.

En el siguiente grupo de entradas tenemos la condición corporal y los cálculos de las posibles "aportaciones" de la vaca a la ración.

Condición corporal media a la entrada	3,5	Octubre	Mes entrada
Condición corporal media a la salida	2,5	Abril	Mes salida
"Aportaciones" por pérdida CC UFL/día	1		
"Aportaciones" per pérdida CC g PDI/día	83,33		

En este caso a la derecha salen los meses de entrada (octubre) y de salida (abril). En principio, podemos considerar que la condición corporal de las vacas a la salida, tras la invernada debe ser de 2,5. Cuando regresan a la estabulación, normalmente, las vacas llegan con buen estado de carnes. En el ejemplo hemos introducido una condición corporal de 3,5. O sea que en 6 meses de estabulación hay una pérdida de un punto de condición corporal, y esto significa un aporte en energía y una en proteína:

Para cada punto de CC se considera un valor de 180 UFL, que las repartimos diariamente a razón de 0,86 UFL, en el ejemplo. Y para proteína 1 punto de CC equivale a 15.000 g PDI, que distribuimos por día.

Ahora tenemos que introducir la distribución de los partos a lo largo del año, mes a mes, y lo hacemos en %, con lo que suma sea 100 y no nos equivocaremos.

Distribución anual de los partos por meses	
Meses partos	% partos
Enero	10
Febrero	10
Marzo	18
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	27
Noviembre	17
Diciembre	18
	<b>100</b>

Esto nos lleva a la hoja Índices, en la que, una vez introducidos los porcentajes, se ordenan para cada mes los estados fisiológicos (1: mes del parto y primero de lactación; 2: segundo mes de lactación, y así hasta 12: último mes de gestación):

IP = 14	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre					
Mes parto	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos				
Enero	10	1	10	1	18	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	27	1	17	1	18	1	18	2	18	3
Febrero	10	4	10	2	18	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	27	2	17	2	17	2	17	2	17	4
Marzo	18	5	18	3	18	3	18	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	17	3	17	3	17	3	17	3	17	5
Abril	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	4	0	4	0	4	0	4	0	6
Mayo	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	5	0	5	0	5	0	5	0	7
Junio	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	6	0	6	0	6	0	6	0	8
Julio	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	7	0	7	0	7	0	7	0	9
Agosto	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	8	0	8	0	8	0	8	0	10
Setiembre	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	0	9	0	9	0	9	0	9	0	11
Octubre	27	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	10	10	10	10	10	10	10	10	12
Noviembre	17	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	11	17	11	17	11	17	11	17	13
Diciembre	18	14	18	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	12	18	12	18	12	18	12	18	14

Observamos que para un IP = 14 meses, se repiten dos meses: Enero 1 y Febrero 1, que serían los dos meses del año siguiente. Para entender la figura, por ejemplo en la columna 7, Julio, el % de vacas que paren en este mes es 0, y también es 0 las que están en el segundo, tercer y cuarto mes de lactación. También es 0 el porcentaje de vacas que están en el último y en el penúltimo mes de gestación.

En el siguiente cuadro, para otro ejemplo en que IP = 12, el original sería éste, antes de reordenarlo

N vacas 120		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
Mes parto	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	% partos	
Enero	10	1	10	2	10	3	10	4	10	5	10	6	10	7	10	8	10	9	10	10	10	10	10	10	10	12
Febrero	1	12	1	1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	8	1	9	1	10	1	10	1	11
Marzo	19	11	19	12	19	1	19	2	19	3	19	4	19	5	19	6	19	7	19	8	19	9	19	10	19	10
Abril	15	10	15	11	15	12	15	1	15	2	15	3	15	4	15	5	15	6	15	7	15	8	15	9	15	9
Mayo	10	9	10	10	10	11	10	12	10	1	10	2	10	3	10	4	10	5	10	6	10	7	10	8	10	8
Junio	1	8	1	9	1	10	1	11	1	12	1	1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	1	7
Julio	11	7	11	8	11	9	11	10	11	11	11	12	11	13	11	2	11	3	11	4	11	5	11	6	11	6
Agosto	10	6	10	7	10	8	10	9	10	10	10	11	10	12	10	1	10	8	10	8	10	8	10	8	10	8
Setiembre	1	5	1	6	1	7	1	8	1	9	1	10	1	11	1	12	1	1	1	2	1	3	1	4	1	4
Octubre	1	4	1	5	1	6	1	7	1	8	1	9	1	10	1	11	1	12	1	1	1	2	1	3	1	3
Noviembre	10	3	10	4	10	5	10	6	10	7	10	8	10	9	10	10	10	11	10	12	10	1	10	2	10	2
Diciembre	11	2	11	3	11	4	11	5	11	6	11	7	11	8	11	9	11	10	11	11	11	12	11	12	11	1

Podemos observar lo siguiente, por ejemplo fijémonos en agosto, mes en el que se dan el 10% de partos, buscamos en la columna de agosto, y en la intersección hay un 1 sobre fondo verde, significa que 1 es el mes del parto y primero de lactación, y luego en la misma fila está la secuencia 2, 3, 4, 5,..., y en la misma fila sigue en enero 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Observamos que 10, 11 y 12 son los tres últimos meses de gestación (fondo amarillo). Los cálculos ordenan para cada mes según estado fisiológico (1...12, en este caso) y % de partos:

Por ejemplo la columna de agosto:

		8			8
	% partos	Agosto		% partos	Agosto
	10	8		10	1
	1	7		11	2
	19	6		1	3
	15	5		10	4
	10	4		15	5
	1	3		19	6
	11	2		1	7
	10	1		10	8
	1	12		11	9
	1	11		10	10
	10	10		1	11
	11	9		1	12
Inicial			Después de reordenar		

Podemos comprobar que la reordenación nos lleva a la anterior. El resumen es que en agosto el 10% de las vacas están en el primer mes de lactación, el 11% en el segundo, y así el 1% en el 9º mes de gestación.

Para los cálculos hemos supuesto 5 lotes:

Lote 5 primeros meses lactación
Lote últimos meses lactación
Lote medio
Lote gestación
Lote lactación

El Lote de lactación es el conjunto de los dos primeros. El lote de gestación corresponde a las vacas que están en los últimos tres meses de gestación, en el caso de IP = 14, del ejemplo anterior, serían los meses 12, 13 y 14, que en realidad corresponden al 7º, 8º y 9º mes de gestación. El lote medio corresponde a las vacas que han terminado la lactación, y serían los meses 10 y 11 del ejemplo, que corresponderían a vacas secas en el 5º y 6º mes de gestación.

Seguimos con la hoja de necesidades. Ahora tenemos que elegir el mes de estabulación para el que queremos formular una ración. La elección se basará en la selección anterior del mes de entrada y de la salida de la estabulación o internada, ya preparado para no equivocarse. Seguidamente elegimos el grupo de vacas a racionar en el mes elegido (gestación, primeros meses de lactación, etc.).

<b>Seleccionar mes de estabulación</b>
Enero segundo año
<b>Elegir lote para el racionamiento</b>
Lote 5 primeros meses lactación

Al final salen los cálculos de las necesidades:

Características y necesidades para el racionamiento	
Lote 5 primeros meses lactación	Enero segundo año
Número de vacas	81
Producción leche/día	10
CI UE	16,55
CI MS	15,16
NecUFL_NP	6,09
NecPDI_PEF	300,12
NecPDI_PU endo	193,44
NecPDI_Pepidérmicas	14,14
EfPDI	0,67
NecUFL_gest	0,00
NecPDI_gest	0,00
NecUFL_PI	4,62
NecPDI_PI	532,35
Nec_UFL	9,70
Nec_PDI	956,72
Nec_Ca g/día	61,98
Nec_P g/día	30,51
Mg	52,46
K	87,66
Na	18,98
S	30,32
Cl	23,27
Co mg/día	4,55
Cu mg/día	151,58
Mn mg/día	757,88
Zn mg/día	9,85
I mg/día	9,85
Se mg/día	0,00
Vit A	
Vit D	
Vit E	

En la hoja **Índices** se pueden ver los diferentes cálculos para llegar a la anterior presentación. Las recomendaciones o necesidades en vitaminas se calculan una vez tenemos la ración. Para la CI en MS empleamos la misma fórmula que en vacas de leche, si bien es una aproximación, que nos sirve para calcular algunas necesidades en minerales, que van en función de la MSI, al final en la hoja del planteamiento de la ración se corrigen los resultados según sea la MSI de la ración, que, recordemos, se calcula utilizando las UE y la tasa de sustitución.

#### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS PARA UNA VACA DE LA EXPLOTACIÓN

Quando calculamos las necesidades para una vaca algunos datos de la explotación nos sirven, como, por ejemplo, la entrada y salida de la estabulación. En cambio, el peso, la producción, etc., no tienen por qué ser las mismas. Consideramos que la raza es la misma, si bien podemos cambiarlo. La entrada de datos para una vaca es la siguiente:

Datos de una vaca de la explotación	
Peso vivo Kg	625
Producción anual leche, kg	1.800
Tasa media de grasa, %	4,4
Tasa media de proteína, %	3,4
Peso ternero al nacer	45
Paridad	Múltipara
Pico	8,04
3.- Mes del part	Marzo
Mes del parto	3
Tiempo desde la entrada al parto, meses	6
Parto en estabulación	
Condición corporal media a la entrada	3,5 <i>Octubre</i> <i>Mes entrada</i>
Condición corporal media a la salida	2,5 <i>Abril</i> <i>Mes salida</i>
"Aportaciones" por pérdida CC UFL/día	1
"Aportaciones" per pérdida CC g PDI/día	83,33

Peso vivo en kg, producción anual de leche, tasa de grasa y tasa de proteína y peso del ternero al nacer, son ya datos usuales. Podemos seleccionar si es primípara o múltipara. El pico de la lactación previsto es un cálculo ya, también, usual.

La vaca en cuestión pertenece a la explotación, y, en este caso, hemos supuesto que entran a la estabulación el mes de octubre y que salen al prado en abril. Ahora podemos seleccionar el mes previsto de parto, y así calcular o determinar su estado fisiológico durante el tiempo de estabulación y, a partir de ahí, calcular las necesidades nutritivas para un mes concreto de estabulación. Si el mes del parto previsto es en Marzo, querrá decir que el parto tendrá lugar en la estabulación.

En la hoja Índices podemos ver la guía para los períodos de invernada. En el siguiente ejemplo se supuso que el parto ocurría en Setiembre, y conforme el mes de entrada a la estabulación y el de salida al prado no da la secuencia:

Guía para definir los periodos de racionamiento en la invernada (estabulación)												
Mes parto	9 mes G	8 mes G	7 mes G	9 mes L	8 mes L	7 mes L	6 mes L	5 mes L	4 mes L	3 mes L	2 mes L	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10
	Setiembre	Agosto	Julio	Junio	Mayo	Abril	Marzo	Febrero	Enero	Diciembre	Noviembre	Octubre

En color verde los meses 9, 8, 7, 6, 5 y 4 que pasará en el prado, que corresponden al mes del parto/1º de lactación, 9º mes gestación, 8º mes gestación, 7º mes gestación, 9º mes de lactación y 8º mes de lactación. Por ejemplo, si el mes previsto para el parto fuera en febrero, el organigrama quedaría así:

Guía para definir los periodos de racionamiento en la invernada (estabulación)												
Mes parto	9 mes G	8 mes G	7 mes G	9 mes L	8 mes L	7 mes L	6 mes L	5 mes L	4 mes L	3 mes L	2 mes L	
	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
	Febrero	Enero	Diciembre	Noviembre	Octubre	Setiembre	Agosto	Julio	Junio	Mayo	Abril	Marzo

Es decir, parto y primer mes y el segundo de lactación en la estabulación, y también el 9º, y los tres de gestación.

En el ejemplo, hemos supuesto una condición corporal de 3,5 en la entrada, y una previsión de 2,5 después de la invernada, y los cálculos de las aportaciones de energía y proteína, por día de estabulación, serán 1 UFL y 83,33 g PDI.

A continuación seleccionamos el mes de estabulación para el que queremos aproximar el racionamiento de la vaca. En el caso del ejemplo hemos seleccionado el mes de Marzo.

Las necesidades nutritivas serán:

Seleccionar mes de estabulación	La guía de distribución meses estabulación en hoja Índices en A378
Marzo	
<b>Características y necesidades para el racionamiento</b>	
Mes de estabulación	Marzo
Estado fisiológico	Mes parto/1º L
Producción media diaria kg/día	7,42
CI UE	15,76
CI MS	11,00
NecUFL_NP	6,13
NecPDI_PEF	217,89
NecPDI_PU endo	195,00
NecPDI_Pepidérmicas	14,21
EfpDI	0,67
NecUFL_gest	0,00
NecPDI_gest	0,00
NecUFL_PI	3,26
NecPDI_PI	376,52
Nec_UFL	8,39
Nec_PDI	720,29
Nec_Ca g/día	52,45
Nec_P g/día	26,02
Mg	48,98
K	83,00
Na	17,71
S	22,01
Cl	22,99
Co mg/día	3,30
Cu mg/día	110,05
Mn mg/día	550,24
Zn mg/día	550,24
I mg/día	7,15
Se mg/día	0,15
Vit A	
Vit D	
Vit E	

A partir de aquí podemos seleccionar qué planteamiento hacemos, si para el conjunto o para la vaca individualmente, y según uno u otro las necesidades pasan a la hoja Planteamiento de la ración, en el que seleccionaremos los ingredientes posibles de entrar y su precio.

Elegir plantejament racionament	
Racionamiento Explotación	▼
Necesidades para el racionamiento de la explotación	
Lote 5 primeros meses lactación	Enero segundo año
Número de vacas	81
Producción leche/día	10,49
CI UE	16,55
CI MS	15,16
NecUFL_NP	6,09
NecPDI_PEF	300,12
NecPDI_PU endo	193,44
NecPDI_Pepidérmicas	14,14
EfPDI	0,67
NecUFL_gest	0,00
NecPDI_gest	0,00
NecUFL_PI	4,62
NecPDI_PI	532,35
Nec_UFL	9,70
Nec_PDI	956,72
Nec_Ca g/día	61,98
Nec_P g/día	30,51
Mg	52,46
K	87,66
Na	18,98
S	30,32
Cl	23,27
Co mg/día	4,55
Cu mg/día	151,58
Mn mg/día	757,88
Zn mg/día	9,85
I mg/día	9,85
Se mg/día	0,00
Vit A	0,00
Vit D	0,00
Vit E	0,00
Pes viu vaca	620,00
MP	356,68
Dades complementàries per al racionament	
Límite tolerancia cálculo (%)	10
MS forrajera (%) mínima	50
Autor: Antoni Seguí Parpal	

En el caso del ejemplo hemos elegido el racionamiento conjunto para los 5 primeros meses de lactación y para el mes de enero segundo año. Recordemos que para este mes del ejemplo, podríamos elegir el de los últimos meses de lactación, o el de las secas, o bien para todas las que en este mes están en lactación.

En el mes de enero del segundo año, y para el lote de los 5 primeros meses de lactación hay 81 vacas, con una producción media diaria estandarizada de 10,49 litros de leche.

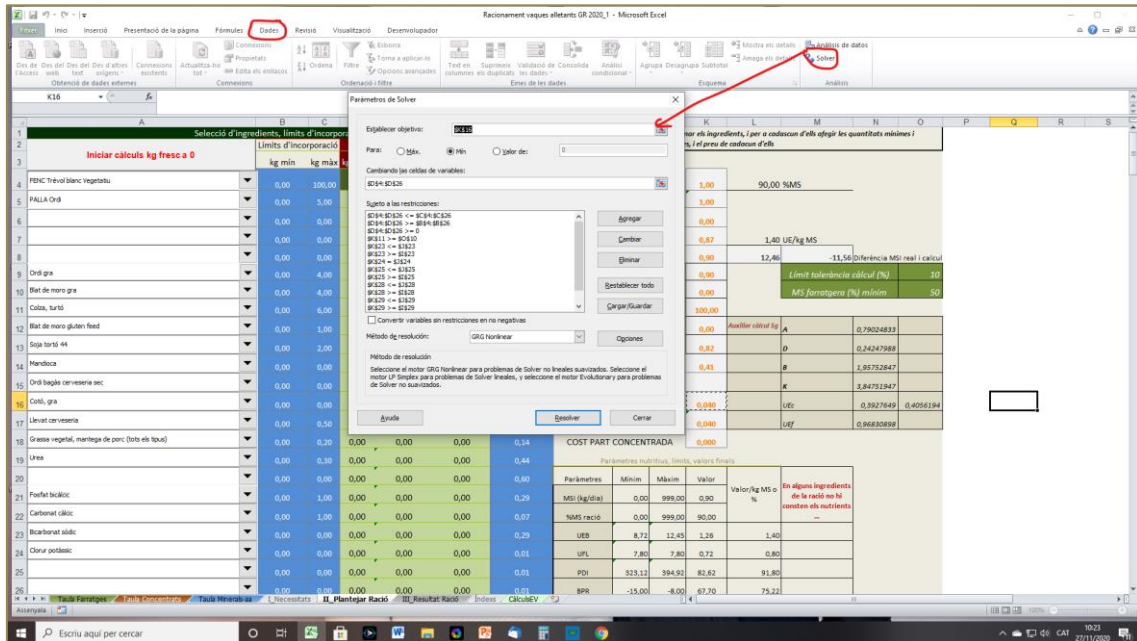
Sólo nos queda elegir los límites de tolerancia en los cálculos y el % mínimo de MS forrajera.



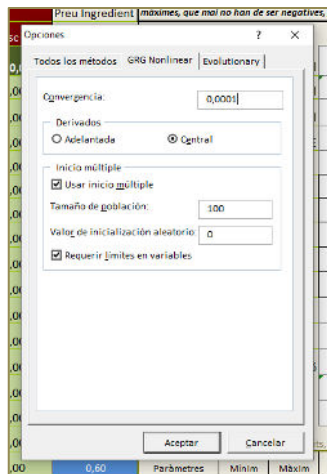


que se realizarán, es recomendable que en la programación no lineal (SOLVER) se ponga entrada múltiple:

En primer lugar, cuando se hayan seleccionado los ingredientes, tal como hemos dicho, tenemos que asegurarnos de que el motor *SOLVER* esté activado (dentro datos, a la derecha tiene que salir *Solver*). La aplicación está preparada para que la función objetivo (*suma producto* de cantidades de ingredientes por precios) sea mínima, combinando las cantidades de MS de cada ingrediente con una serie de restricciones, con el **método No lineal**



En opciones y para el método no lineal seleccionamos, tal como sale en la siguiente imagen:

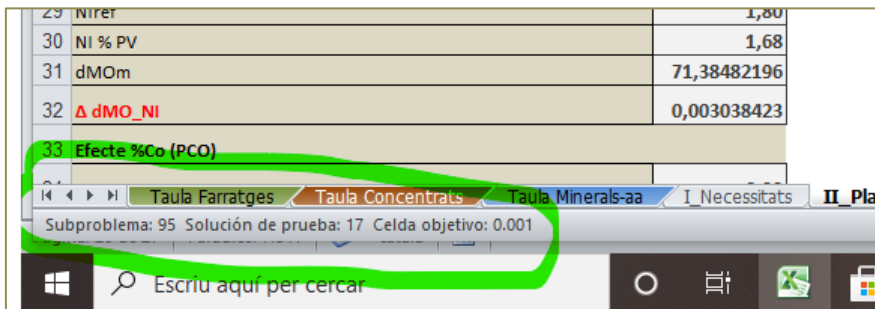


En cualquier caso, esta recomendación sólo es esto, y cada uno según los conocimientos y preferencias puede hacerlas a su medida.

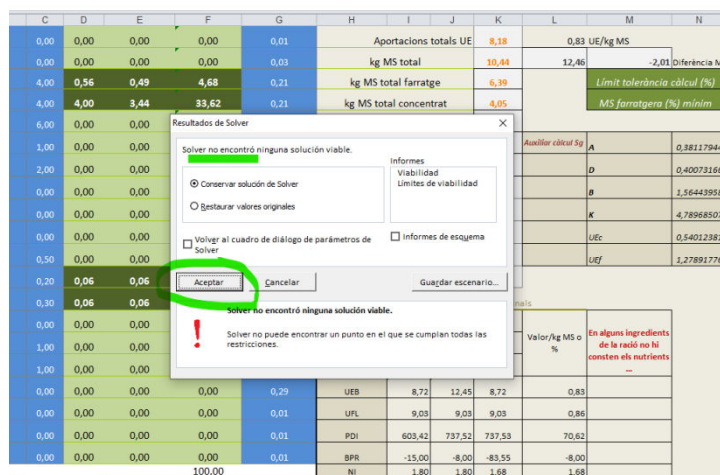
Continuamos en la hoja del planteamiento, una vez introducidos los límites y los precios de los posibles ingredientes, activamos *Solver* e intentamos resolver. El resto de casillas de la hoja son de cálculos para las iteraciones sucesivas. La hoja está conectada a las hojas de las tablas (forrajes, concentrados y

minerales) y en la hoja de las necesidades, y los cálculos que va realizando salen a la hoja de Cálculos, que generalmente no lo presentamos pero que la podemos ver si lo deseamos.

En el ejemplo, hemos pulsado *Solver* y resolver, y mientras va trabajando abajo a la izquierda sale esto:

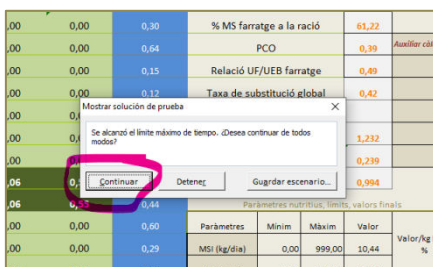


Y no es inmediato que genere alguna respuesta, y a menudo (suponemos por las múltiples iteraciones que tiene que hacer) dice:



En este caso, podemos marcar viabilidad o límites de viabilidad para ver si podemos cambiar alguna restricción, o bien pulsar aceptar y volver a *Solver* y resolver nuevamente, pero a partir del momento en que se ha parado, no ir a restaurar valores originales.

Entre tanto, también puede salir este aviso:



Si continuamos, puede pasar lo siguiente:

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	Aportacions totals UE			8,85	0,91	UE/kg MS
0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	kg MS total			10,17	12,46	
4,00	0,00	0,00	0,00	0,21	kg MS total farratge			7,09		Limit tolerar
4,00	3,14	2,70	27,29	0,21	kg MS total concentrat			3,08		MS farratge

El motor ha encontrado una solución global y óptima, posiblemente... Y eso quiere decir que todavía podríamos afinar más, generando **responder** donde nos indicará qué variables o restricciones son vinculantes o no con la solución.

Nosotros optamos por estudiar la solución, y, con la experiencia de cada uno, podrá o no adaptar, adoptar, etc., la solución al racionamiento para el rebaño en cuestión. La solución que da también la podemos ver en la hoja **Resultado de la ración**.

El ejemplo sólo tiene por objetivo ver los pasos a seguir.

Ingredientes	kg mín	kg máx	kg fresco	kg MS	% fresco ración	€/kg fresco
HENO Trébol blanco vegetativo	0,00	100,00	8,07	2,76	26,81	0,04
PAJA Cebada	0,00	5,00	5,00	4,40	42,90	0,03
kg fresco total			11,66			88,12 %MS
kg forraje fresco total			8,07			
kg concentrado fresco total			3,59			
Aportaciones totales UE			8,92			0,91 UE/kg MS
kg MS total			10,27			12,46
kg MS total forraje			7,28			Limita tolerancia cálculo (%) 10
kg MS total concentrado			3,11			MS forrajera (%) mínimo 50
% MS forraje en la ración			69,36			
PCO			0,36			Auxiliar cálculo \$g
Relación UF/UEB forraje			0,52			D
Tasa de sustitución global			0,37			#
VALOR FUNCION OBJETIVO €/ración			1,000			UfE
COSTE PARTE FORRAJERA			0,271			UfF
COSTE PARTE CONCENTRADA			0,728			

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANDRIEU J, BARRIERE Y, DEMARQUILLY C. 1999. Digestibilité et valeur énergétique des ensilages de maïs: le point sur les méthodes de prévision au laboratoire. *INRA Prod Anim*; 12 (5): 391-396.
- AUFRÈRE J, GRAVIOU D, DEMARQUILLY C, VERITE R, MICHALET-DOREAU B, CHAPOUTOT P. 1989. Aliments concentrés pour ruminants: prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. *INRA Prod Anim*; 2 (4): 249-254.
- BAUMONT R, CHAMPCIAUX P, AGABRIEL J, ANDRIEU J, AUFRÈRE J, MICHALET-DOUREAU B, DEMARQUILLY C. 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: PrévAlim pour INRAtion. *INRA Prod Anim*; 12 (3): 183-194.
- COPPOCK, CE. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. *J Dairy Sci*; 70: 1110-1119.
- DEMARQUILLY C, ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. *INRA Prod Anim*; 5 (3): 213-221.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage *INRA Prod Anim*; 7 (3): 177-189.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. *J Dairy Sci*; 72: 2942-2948.
- FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición) C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)
- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Prévision de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. *INRA Prod Anim*; 3(3): 181-188.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie 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.** Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision 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 edición revisada. Washington: National Academy Press.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edición. Washington: National Academy Press.

- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7a edició. [en línia] disponible a <http://books.nap.edu/books/0309069971>.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. París: INRA.
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. Nº Registre Propietat Intelectual B-40754.. Lleida: Servei de Biblioteca, dossiers electrònics, ETSEA-UdL.
- SEGUÍ A. 1978. Tablas alimenticias y racionamiento en Catalunya. Reus: SEA.
- SEGUÍ A. 1979. Ejemplo teórico para equilibrar una ración de maíz. Reus: SEA. FIT 4/ 79.
- SEGUÍ A. 1982. Alimentació de vaques de llet. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de llet; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos per a produir llet. Reus: SEA. FIT 22/83.
- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de llet a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de llet. Barcelona: Caixa de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia y Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- SEGUÍ A. 1989. Matèria seca, farratgera, concentrada... i la fibra?. Barcelona: SEA. Full de Divulgació 33/89.
- SEGUÍ A. 2005.- La necesidad de extensión agraria en vacuno lechero. Sanz E. (director) [Tesis doctoral]. Universitat de Lleida.
- SEGUÍ PARPAL, A. 2009. L'explotació de vaques de llet. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.