Grup de remugants "Ramon Trias"

Racionamiento alimentario de vacas de cría

Basado en INRA-2018

Antoni Seguí Parpal
8 de Diciembre de 2020

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
MSVIb, materia seca voluntariamente ingerida (vacuno)
MSVIl, materia seca voluntariamente ingerida (vacas leche)
MSVIm, materia seca voluntariamente ingerida (ovino)
NDF, fibra neutra detergente
NDFD_int, NDF digestible en el intestino
$NecCa_{abs}$, necesidades en Ca absorbible
$NecMg_{abs}$, necesidades en Mg absorbible
$NecP_{abs}$, 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_Pl, 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_Pl, 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
$NU_{calculado}$, 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
PDIdisp, 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_{ing}, 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*)
ΔdMO_BPR, es la variación en la dMO debido al balance proteico en el rumen de la ración
ΔdMO_CO, es la variación en la dMO debido a la proporción de concentrados en la ración
ΔdMO_NI, es la variación en la dMO debido al nivel de ingestión de la ración
de la ració

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 ± 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 [ΔPvc]

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

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

NecUFL = NecUFL_NP + NecUFL_gest + NecUFL_Pl + UFL_ΔRC

NecUFL_NP: necesidades de las funciones no productivas (formato de la vaca, condición corporal)
NecUFL_gest: necesidades de gestación
NecUFL_Pl: necesidades de producción de leche
UFL_ΔRC: 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_ΔRC será + en fase de reconstrucción y - en la fase de movilización.

Esta misma estructura de la ecuación lo aplicamos a la proteína, PDI:
NecPDI = NecPDI_NP + NecPDI_gest + NecPDI_Pl + PDI_ΔRC

ΔPvc, 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: ΔPvc = ΔPv – 4 kg Pv/kg ΔMSI

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS CORPORALES (UFL_ΔRC; PDI_ΔRC)

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

Multíparas: ΔLip = - 0,46 + 0,38 x ΔPvc

Primíparas: ΔLip = - 0,46 + 0,21 x ΔPvc

ΔLip, 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 multíparas y del 16% en las primíparas.

Análisis intra-experiencias: para variaciones de PVC superiores a ± 0,15 kg/día resultó UFL_ΔRC = 2,4 ± 1,1 UFL/kg ΔPvc para multíparas, y UFL_ΔRC = 1,8 ± 1,1 UFL/kg ΔPvc 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 UFL_ΔRC corresponden a contenidos de lípidos del 31% en multíparas y de 15% en primíparas, asociados a eficacias (kpf) de 0,51 y 0,44, respectivamente.

UFL_ΔRC = 2,4 x ΔPvc para multíparas

UFL_ΔRC = 1,8 x ΔPvc para primíparas

PDI_ΔRC = (0,13 x ΔPvc)/*EfPDI*, multíparas

PDI_ΔRC = (0,16 x ΔPvc)/*EfPDI*, primíparas

NECESIDADES EN ENERGÍA DE LAS FUNCIONES NO PRODUCTIVAS

NecUFL_NP = UFL x MSI – UFL_ΔRC – NecUFL_gest – NecUFL_Pl

UFL x MSI son las aportaciones en UFL de la ración

UFL_ΔRC es el equivalente energético de les reserves corporales (– si moviliza, + si reconstituye)
NecUFL_gest, NecUFL_Pl i NecUFL_NP 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:

$NecUFL_NP/Pv^{0,75} = (UFL \times MSI – UFL_\Delta RC – NecUFL_gest – NecUFL_Pl)/Pv^{0,75}$

De los análisis de la base de datos resulta que $NecUFL_NP/Pv^{0,75}$ están correlacionadas con las variaciones de peso de las vacas:

$NecUFL_NP/Pv^{0,75} = (a + b \times \Delta Pvc)/Pv^{0,75}$

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_ΔNP) que se relacionan con la CC, tanto o más cuando están flacas, ya que el ahorro energético es importante. Y se obtiene la ecuación:

$NecUFL_NP/Pv^{0,75} = (NecUFL_mant + UFL_\Delta NP)/Pv^{0,75}$

NecUFL_NP, necesidades de las funciones no productivas
NecUFL_mant, necesidades de mantenimiento, sin variación de peso
UFL_ΔNP, 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 $NecUFL_NP/Pv^{0,75} = (a + b \times \Delta Pvc)/Pv^{0,75}$ 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 $Pv^{0,75}$, 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 $NecUFL_NP/Pv^{0,75} = (NecUFL_mant + UFL_\Delta NP)/Pv^{0,75}$ 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:

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

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

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

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

$NecUFL_NP/Pv^{0,75} = 0,058 + 0,0073 \times \Delta Pvc \times CCi$ (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 ΔPvc en interacción con la CC.

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

$NecUFL_NP = [(NecUFL_mant/Pv^{0,75} \times I_{act}) + (0,0073 \times \Delta Pvc \times CC)] \times Pv^{0,75}$

$NecUFL_mant/Pv^{0,75}$ igual a 0,043 UFL/kg $Pv^{0,75}$ para una vaca seca o gestante; igual a 0,049 UFL/kg $Pv^{0,75}$ para una vaca en lactación; $\mathbf{I_{act}}$ índice de actividad, 1,08 estabulación libre, 1,20 pasto; ΔPvc variación de peso vivo corregido en kg/día; **1,5 <= CC <= 3,5**.

NECESIDADES EN PDI DE LAS FUNCIONES NO PRODUCTIVAS

$NecPDI_P_{EF} = P_{EF}/EfPDI = [MSI \times (0,5 \times (5,7 + 0,074 \times MOND)]/EfPDI$ son les necesidades en PDI de las proteínas endógenas fecales

$NecPDI_PU_{endo} = PU_{endo} = 0,312 \times Pv$ son les necesidades en PDI para las proteínas endógenas urinarias.

$NecPDI_P_{epidérmicas} = P_{epidérmicas}/EfPDI = 0,2 \times Pv^{0,6}/EfPDI$ 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 *EfPDI* es igual para todas las funciones productivas y no productivas.

EfPDI = *f*(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.

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

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

$$\Delta Prot_{feto} = (0,0677 \times 1,2428 \times Pv_{feto}^{0,2428}) \times \Delta Pv_{feto}$$

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

Las ecuaciones que quedan para el racionamiento son las siguientes:

$$NecUFL_gest = 0,000695 \times Pv_{ternero} \times \exp^{(0,116 \times semG)}$$

$$NecPDI_gest = 0,0448 \times Pv_{ternero} \times \exp^{(0,111 \times semG)}/EfPDI$$

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.

NecUFL_Pl = 0,44 x Pl

NecPDI_Pl = (34 x Pl)/*EfPDI*

MINERALES

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

NecCa_gest = (- 1,5 + 2,3 x NecUFL)/0,4

NecCa_lact = (- 3,35+2,9 x NecUFL)/0,4

Las necesidades en P son:

NecP_gest = (7,3 + 0,82 x NecUFL)/0,65

NecP_lact = (- 1,71 + 2,22 x NecUFL)/0,65

Las necesidades en Mg absorbible son:

NecMg_gest = = (0,011 x Peso vivo)/0,16

NecMg_lact = (0,011 x Peso vivo + 0,15 x Pl)/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.

$CI = I_CI_{raza} \times I_CI_{estado} \times I_CI_{paridad} \times (3,2 + (0,015 \times Pv) + (0,25 \times Pl) - I_CI_{cc} \times Pv \times (CC - 2,5)$

I_CI_{raza} para limusinas y similares (0,95), para cruzadas con lecheras (1,15), resto de razas (1).
I_CI_{estado} alrededor del parto (0,95), primer mes lactación (0,98), segundo (1), tercero (1,02).
$I_CI_{paridad}$ primíparas (0,88 en gestación, de 0,9 a 1 en lactación), multíparas (1).
Pv peso vivo
Pl producción diaria de leche
I_CI_{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

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

Sg = UEc/UEf

Es un modelo logístico con dos parámetros (B i K) que dependen de UEf

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

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

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

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.

INTERACCIONS DIGESTIVES

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:

a) 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.
b) Si la proporción de concentrados (PCO) es alta, baja el pH ruminal y se inhiben los microorganismos que degradan la celulosa.
c) 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:

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

Las $MNT(\text{no amoniacales})_{duodeno}$ 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 (PDIN - PDIE)/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.

EFECTO DEL NIVEL DE INGESTIÓN EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

dMO_m es la digestibilidad de la materia orgánica de una ración, medida in vivo, e intra-experiencias se obtiene así:

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

Cada ingrediente forrajero tiene un valor NIref en las tablas y todos los concentrados tienen NIref = 2. La ración (combinación de forrajes y concentrados) tendrá un valor NIref igual a suma producto de las cantidades y los NIref. Por ejemplo, NIref = 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:

NI = 24,52 x 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

EFECTO 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

EFECTO 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 endógena_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) = $MNT_{ingerida}$ x (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 x 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 endógena 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:

$$\sum_i Xi \times UFLi = NecUFL$$

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:

$$\sum_i Xi \times UFLi = NecUFL \times \left({}^{dMO}/_{dMOc}\right)$$

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 x Pv = 0,312 x 650 = 202,8 g

PDI_{disp} = 2.327,13 − 202,8 = 2.124,33 g.

La *EfPDI* es igual a **gastos o consumos proteicos/PDI_{disp}**

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 x 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 dMO_c, MO - MOND = 853,48 – 588,83 x dMOc/dMO = 853,48 – 588,83 x 0,69/0,79 = 339,18 g PDI, y **P_{EF}** = 5,7 + 0,0074 x 339,18 = 8,2 g PDI
   $P_{epidérmicas}$ = 0,2 g PDI/kg $Pv^{0,60}$ = 0,2 x $650^{0,60}$ = 9,74 g PDI
   Mp = producció de llet x tp = 36,38 x 31 = 1.127,83 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 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_{ing}, 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 = $EfPDI_{100}$ x $exp^{[-b \times (PDI - 100)]}$, 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 x $exp^{[-0,007 \times (PDI - 100)]}$**

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

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

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 endógenos 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 x (5 x (0,57 + 0,0074 x MOND))/*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:

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

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:

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

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.*

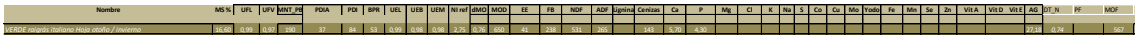
LA APLICACIÓN *RACIONAMIENTO VACAS DE CRÍA GR 2020*

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.



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

Las columnas son las siguientes:

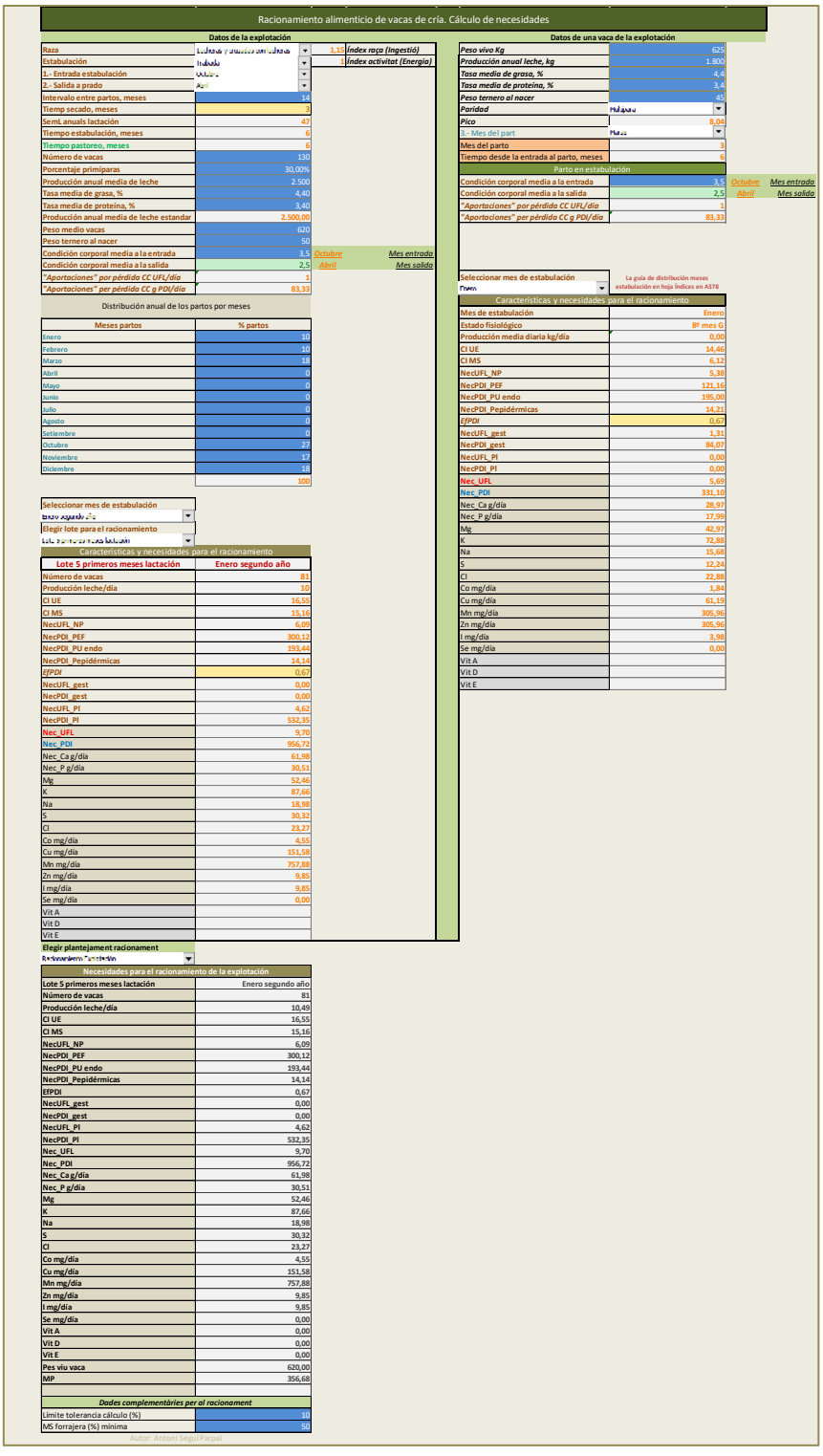
Nombre	Forraje, verde, seco o ensilado
MS %	MS en%
UFL	Unidad forrajera leche
UFV	Unidad forrajera carne "*viande*"
MNT_PB	g materia nitrogenada total o proteína bruta/kg MS
PDIA	g proteína digestible intestinal alimentaria/kg MS
PDI	g proteína digestible intestinal/kg MS
BPR	Balance proteico en el rumen, g/kg MS
UEL	Unidad de repleción "*encombrement*" leche
UEB	Unidad de repleción "*encombrement*" vacuno
UEM	Unidad de repleción "*encombrement*" ovino
NIref	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.



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_CI_{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
Tiemp secado, meses	3
SemL anuals 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 media 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		

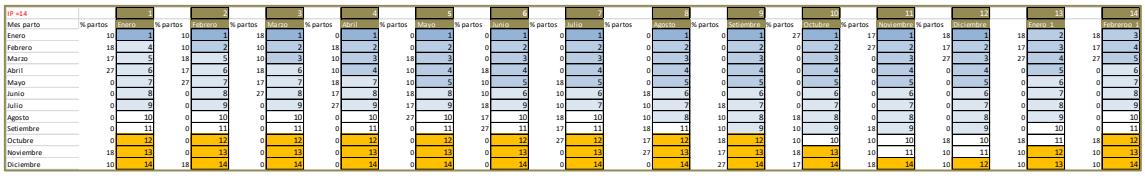
En este caso a la derecha salen los meses de entrada (octubre) y de salida (abril). En principio, podemos considerar que la condición corporal de las vacas a la salida, tras la invernada debe ser de 2,5. Cuando regresan a la estabulación, normalmente, las vacas llegan con buen estado de carnes. En el 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
	100

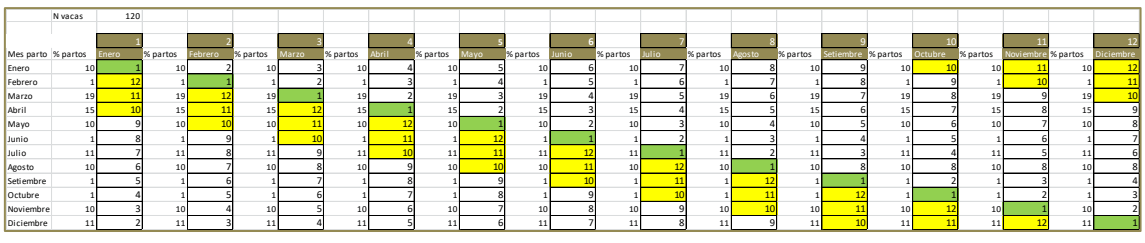
Esto nos lleva a la hoja Índices, en la que, una vez introducidos los porcentajes, se ordenan para cada mes los estados fisiológicos (1: mes del parto y primero de lactación; 2: segundo mes de lactación, y así hasta 12: último mes de gestación):



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

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

Inicial

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

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 invernada, ya preparado para no equivocarse. Seguidamente elegimos el grupo de vacas a racionar en el mes elegido (gestación, primeros meses de lactación, etc.).

Seleccionar mes de estabulación

Enero segundo año

Elegir lote para el racionamiento

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_Pl	**4,62**
NecPDI_Pl	**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

Cuando 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	Multípara		
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	*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		

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 multípara. 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 períodos de racionamiento en la invernada (estabulació)											
	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*	*Noviembr*	*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 períodos de racionamiento en la invernada (estabulació)											
	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*	*Diciemb*	*Noviembr*	*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	
Características y necesidades para el racionamiento	
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.

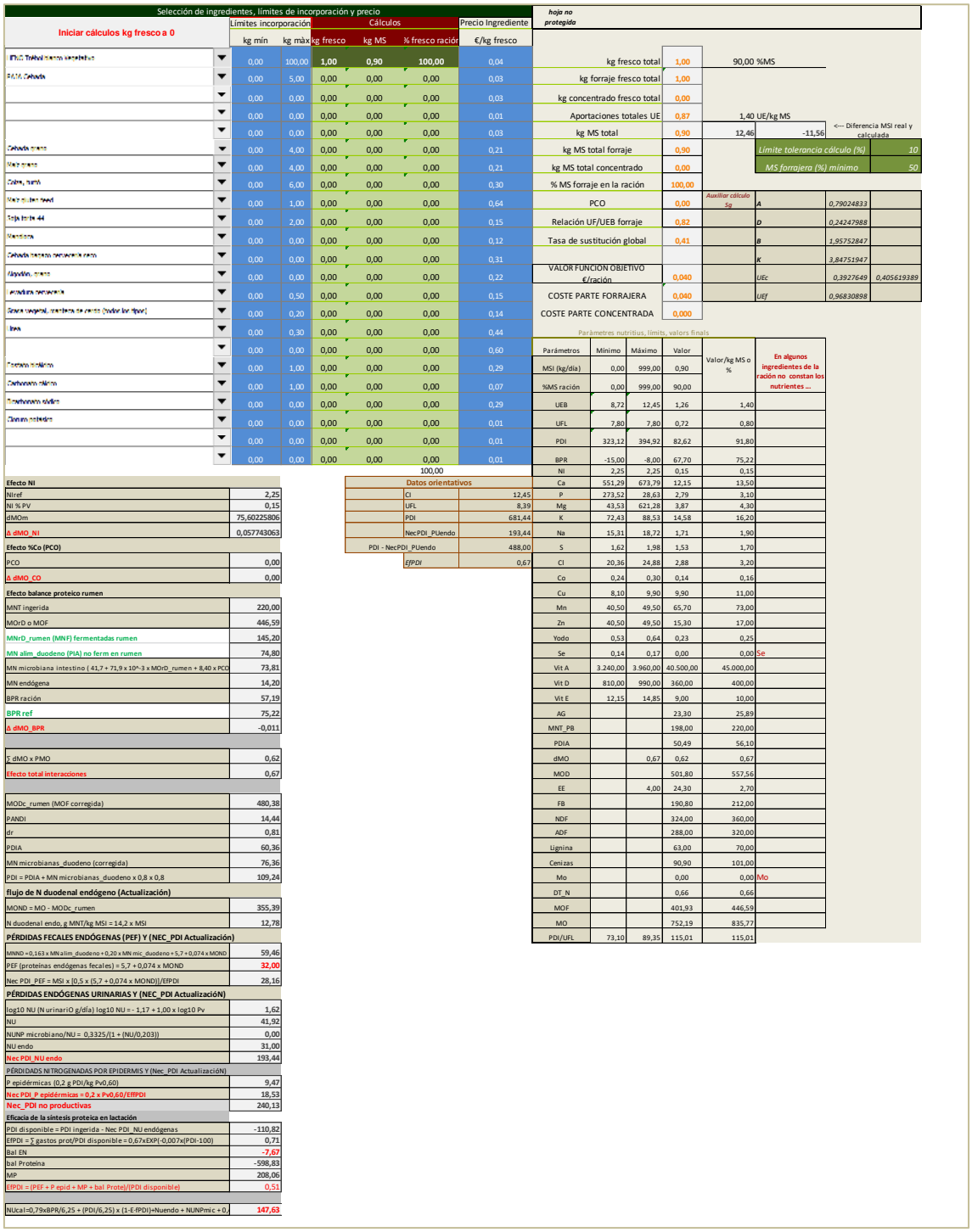
Elegir plantejament racionament	
Racionamiento Explotación	
Necesidades para el racionamiento de la explotación	
Lote 5 primeros meses lactación	**Enero segundo año**
Número de vacas	**81**
Producción leche/día	**10,49**
CI UE	**16,55**
CI MS	**15,16**
NecUFL_NP	**6,09**
NecPDI_PEF	**300,12**
NecPDI_PU endo	**193,44**
NecPDI_Pepidérmicas	**14,14**
EfPDI	**0,67**
NecUFL_gest	**0,00**
NecPDI_gest	**0,00**
NecUFL_Pl	**4,62**
NecPDI_Pl	**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.

PLANTEAMIENTO Y CÁLCULO DE LA RACIÓN



Selección de ingredientes, límites de incorporación y precio

Iniciar cálculos kg fresco a 0

	Límites incorporación kg mín	Límites incorporación kg màx	Cálculos kg fresco	Cálculos kg MS	Cálculos % fresco ración	Precio Ingrediente €/kg fresco
[illegible]	0,00	100,00	1,00	0,90	100,00	0,04
[illegible]	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,03
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
[illegible]	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,21
[illegible]	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,21
[illegible]	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,30
[illegible]	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,64
[illegible]	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,15
[illegible]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
[illegible]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
[illegible]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
[illegible]	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,15
[illegible]	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,14
[illegible]	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,44
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
[illegible]	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,29
[illegible]	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,07
[illegible]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
[illegible]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
					100,00	

hoja no protegida

kg fresco total	1,00	90,00 %MS		
kg forraje fresco total	1,00			
kg concentrado fresco total	0,00			
Aportaciones totales UE	0,87	1,40 UE/kg MS		
kg MS total	0,90	12,46	-11,56	<--- Diferencia MSI real y calculada
kg MS total forraje	0,90		Límite tolerancia cálculo (%)	10
kg MS total concentrado	0,00		MS forrajera (%) mínimo	50
% MS forraje en la ración	100,00			
PCO	0,00	Auxiliar cálculo Sg	A	0,79024833
Relación UF/UEB forraje	0,82		D	0,24247988
Tasa de sustitución global	0,41		B	1,95752847
			K	3,84751947
VALOR FUNCION OBJETIVO €/ración	0,040		UEc	0,3927649
COSTE PARTE FORRAJERA	0,040		UEf	0,96830898
COSTE PARTE CONCENTRADA	0,000			

Parámetros nutritius, límits, valors finals

Parámetros	Mínimo	Máximo	Valor	Valor/kg MS o %	En algunos ingredientes de la ración no constan los nutrientes ...
MSI (kg/día)	0,00	999,00	0,90		
%MS ración	0,00	999,00	90,00		
UEB	8,72	12,45	1,26	1,40	
UFL	7,80	7,80	0,72	0,80	
PDI	323,12	394,92	82,62	91,80	
BPR	-15,00	-8,00	67,70	75,22	
NI	2,25	2,25	0,15	0,15	
Ca	551,29	673,79	12,15	13,50	
P	273,52	28,63	2,79	3,10	
Mg	43,53	621,28	3,87	4,30	
K	72,43	88,53	14,58	16,20	
Na	15,31	18,72	1,71	1,90	
S	1,62	1,98	1,53	1,70	
Cl	20,36	24,88	2,88	3,20	
Co	0,24	0,30	0,14	0,16	
Cu	8,10	9,90	9,90	11,00	
Mn	40,50	49,50	65,70	73,00	
Zn	40,50	49,50	15,30	17,00	
Yodo	0,53	0,64	0,23	0,25	
Se	0,14	0,17	0,00	0,00	Se
Vit A	3.240,00	3.960,00	40.500,00	45.000,00	
Vit D	810,00	990,00	360,00	400,00	
Vit E	12,15	14,85	9,00	10,00	
AG			23,30	25,89	
MNT_PB			198,00	220,00	
PDIA			50,49	56,10	
dMO		0,67	0,62	0,67	
MOD			501,80	557,56	
EE		4,00	24,30	2,70	
FB			190,80	212,00	
NDF			324,00	360,00	
ADF			288,00	320,00	
Lignina			63,00	70,00	
Cenizas			90,90	101,00	
Mo			0,00	0,00	Mo
DT_N			0,66	0,66	
MOF			401,93	446,59	
MO			752,19	835,77	
PDI/UFL	73,10	89,35	115,01	115,01	

Datos orientativos

CI	12,45
UFL	8,39
PDI	681,44
Nec PDI_PUendo	193,44
PDI - Nec PDI_PUendo	488,00
EfPDI	0,67

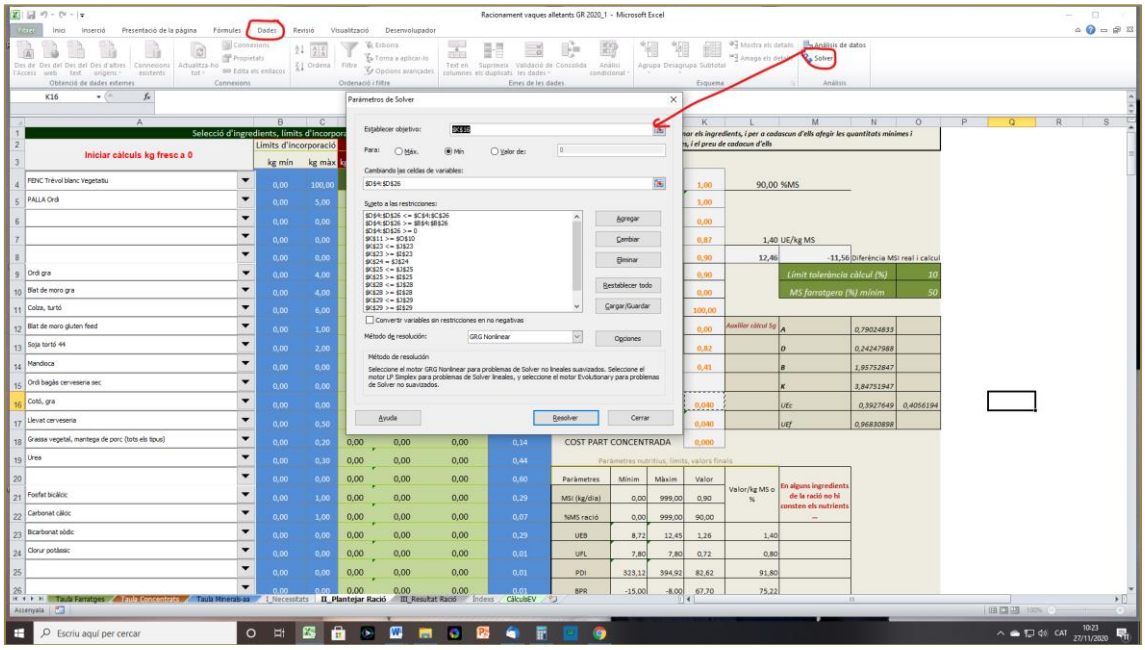
Efecto NI	
NIref	2,25
NI % PV	0,15
dMOm	75,60225806
Δ dMO_NI	0,057743063
Efecto %Co (PCO)	
PCO	0,00
Δ dMO_CO	0,00
Efecto balance proteico rumen	
MNT ingerida	220,00
MOrD o MOF	446,59
MNrD_rumen (MNF) fermentadas rumen	145,20
MN alim_duodeno (PIA) no ferm en rumen	74,80
MN microbiana intestino (41,7 + 71,9 x 10^-3 x MOrD_rumen + 8,40 x PCO	73,81
MN endógena	14,20
BPR ración	57,19
BPR ref	75,22
Δ dMO_BPR	-0,011
∑ dMO x PMO	0,62
Efecto total interacciones	0,67
MODc_rumen (MOF corregida)	480,38
PANDI	14,44
dr	0,81
PDIA	60,36
MN microbianas_duodeno (corregida)	76,36
PDI = PDIA + MN microbianas_duodeno x 0,8 x 0,8	109,24
flujo de N duodenal endógeno (Actualización)	
MOND = MO - MODc_rumen	355,39
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	12,78
PÉRDIDAS FECALES ENDÓGENAS (PEF) Y (NEC_PDI Actualización)	
MNND = 0,163 x MN alim_duodeno + 0,20 x MN mic_duodeno + 5,7 + 0,074 x MOND	59,46
PEF (proteínas endógenas fecales) = 5,7 + 0,074 x MOND	**32,00**
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)]/EfPDI	28,16
PÉRDIDAS ENDÓGENAS URINARIAS Y (NEC_PDI Actualización)	
log10 NU (N urinariO g/día) log10 NU = - 1,17 + 1,00 x log10 Pv	1,62
NU	41,92
NUNP microbiano/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,00
NU endo	31,00
Nec PDI_NU endo	193,44
PÉRDIDAS NITROGENADAS POR EPIDERMIS Y (Nec_PDI Actualización)	
P epidérmicas (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	9,47
Nec PDI_P epidérmicas = 0,2 x Pv0,60/EfPDI	18,53
Nec_PDI no productivas	240,13
Eficacia de la síntesis proteica en lactación	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI_NU endógenas	-110,82
EfPDI = ∑ gastos prot/PDI disponible = 0,67xEXP(-0,007x(PDI-100)	0,71
Bal EN	**-7,67**
bal Proteína	-598,83
MP	208,06
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Protei)/(PDI disponible)	0,51
NUcal=0,79xBPR/6,25 + (PDI/6,25) x (1-E-fPDI)+Nuendo + NUNPmic + 0,	**147,63**

Sin duda es la hoja más complicado y difícil de explicar, sobre todo siguiendo la nueva versión del sistema INRA (2018), ya que las explicaciones que dan deben interpretarse, y no siempre se acierta ya que, por regla general en el texto INRA no se dan explicaciones más allá de derivarse tiene a su *logiciel*.

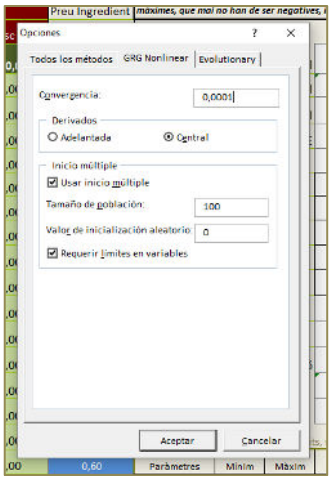
En la hoja lo primero que tenemos que hacer es seleccionar los forrajes, concentrados y minerales, y para cada uno de ellos indicar las cantidades mínima y máxima, así como el precio o coste (€/kg). En general se recomienda que el primer ingrediente forrajero lo dejemos en cantidades libres, ya que será el que comandará el proceso de las iteraciones. Hay que decir, que a raíz de las múltiples iteraciones

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:

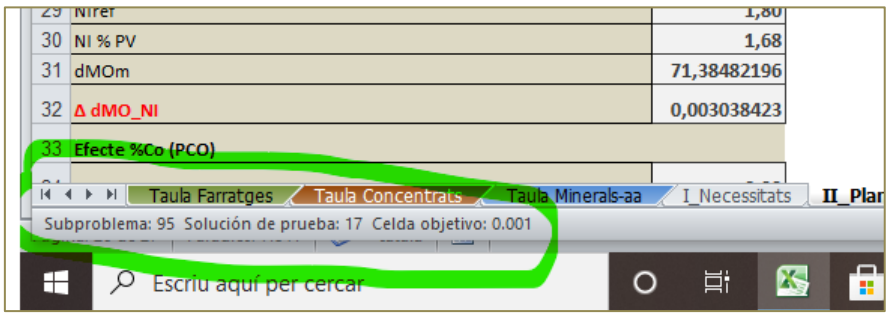


En cualquier caso, esta recomendación sólo es esto, y cada uno según los conocimientos y preferencias puede hacerlas a su medida.

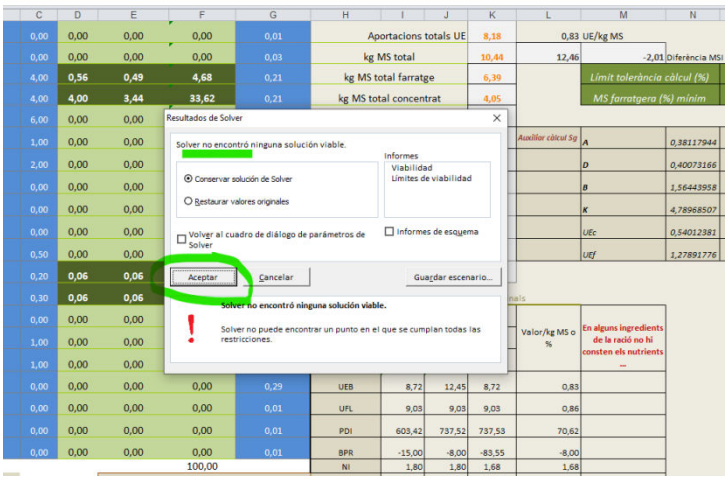
Continuamos en la hoja del planteamiento, una vez introducidos los límites y los precios de los posibles ingredientes, activamos *Solver* e intentamos resolver. El resto de casillas de la hoja son de cálculos para las iteraciones sucesivas. La hoja está conectada a las hojas de las tablas (forrajes,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

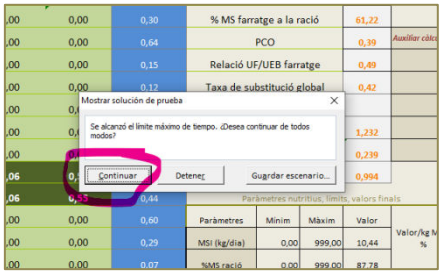


Y no es inmediato que genere alguna respuesta, y a menudo (suponemos por las múltiples iteraciones que tiene que hacer) dice:

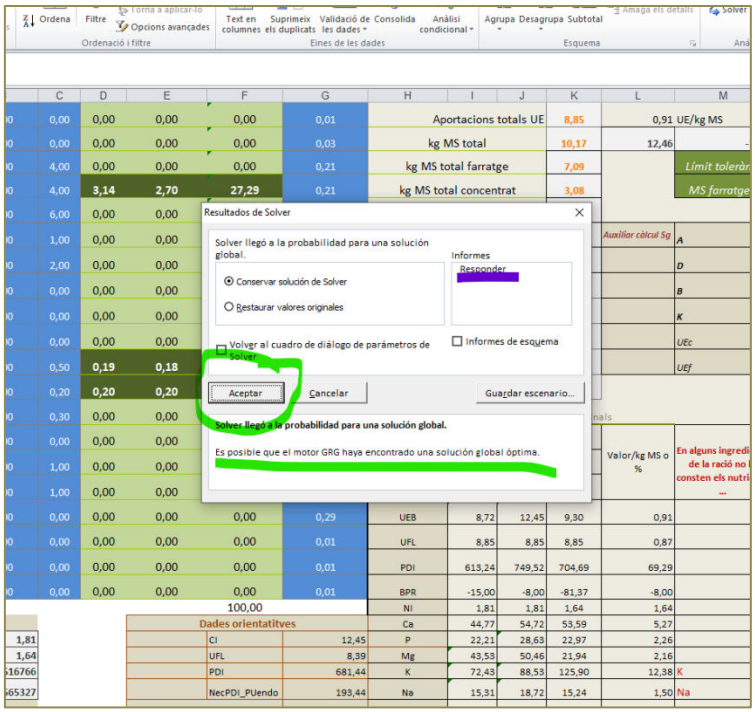


En este caso, podemos marcar viabilidad o límites de viabilidad para ver si podemos cambiar alguna restricción, o bien pulsar aceptar y volver a *Solver* y resolver nuevamente, pero a partir del momento en que se ha parado, no ir a restaurar valores originales.

Entre tanto, también puede salir este aviso:



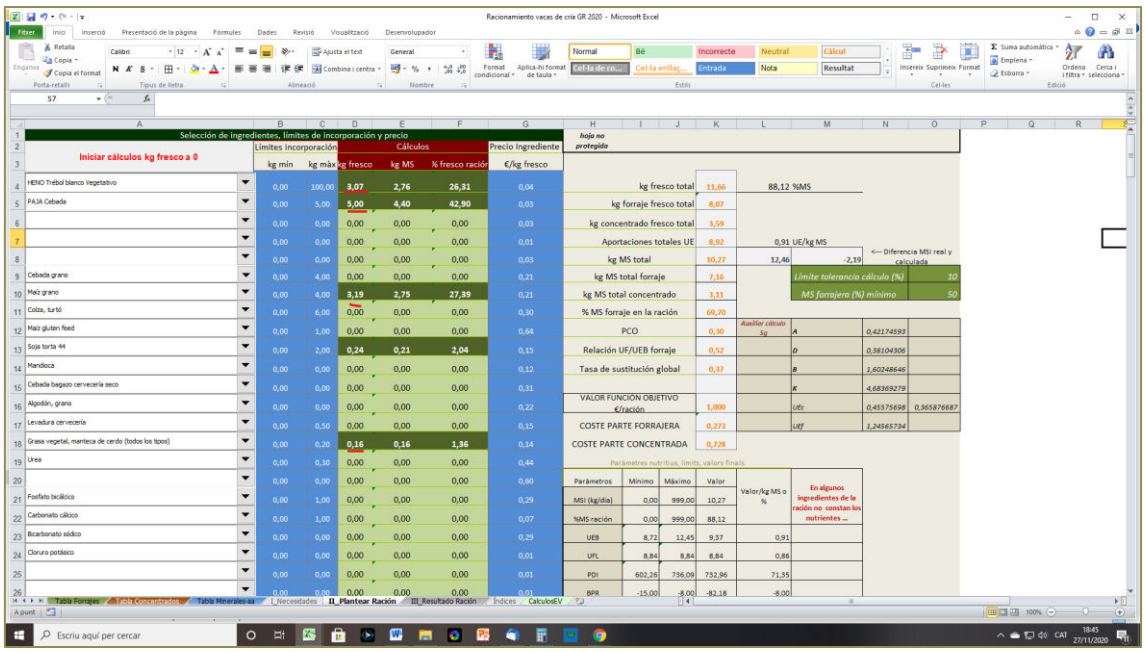
Si continuamos, puede pasar lo siguiente:



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.



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. Facterurs 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 las rumiantes des fourrages et sous-produits d'origen méditerranéenne. París: Serie etudes, Options méditerranéennes.
- IAMZ. 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origen méditerranéenne. París: 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. París: Centre de Recherches de Lusignan.
- INRA. 1987. Alimentation des Ruminants: Révision des systèmes et des tables de l'INRA. Bull Tech CRZV, Theix INRA; nº 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. París: ITEB.
- ITEB-EDE. 1989. Pratique de l'alimentation des bovins. Tables de l'INRA 1998. París: 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 Requeriment of Dairy Cattle. 6ª edició revisada. Washington: National Academy Press.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edició. Washington: National Academy Press.

- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7a edició. [en línia] disponible a http://books.nap.edu/books/0309069971.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. París: INRA.
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. Nº Registre Propietat Intelectual B-40754.. Lleida: Servei de Biblioteca, dossiers electrónicos, 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 edición. 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.