

Grup de remugants "Ramon Trias"

Racionamiento alimentario de caprinos

Basado en INRA-2018

PRINCIPIOS DEL RACIONAMIENTO

La aplicación *Racionamiento caprinos 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 con 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 los rumiantes en estabulación, si se distribuye un forraje o una mezcla de forrajes *ad libitum*, la ingestión total de MS queda maximizada aceptando un rechazo diario entre el 5 y 10 % del suministro.

Si hay varios forrajes no mezclados es imposible prever la elección que el animal haga de cada uno de ellos, y en este caso se considera un solo forraje *ad libitum* y el resto se consideran en cantidades fijas y totalmente ingeridos. Y a la inversa, cuando se distribuyen mezclados se considera un solo forraje que tendrá un valor nutritivo igual a la media ponderada.

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 la nomenclatura INRA.

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 encombremet concentrado
CCparto, 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)
MSVII, materia seca voluntariamente ingerida (vacas leche)
MSVIm, materia seca voluntariamente ingerida (ovino)
NDF, fibra neutra detergente
NDFD_int, NDF digestible en el intestino
NecCaabs, necesidades en Ca absorbible
NecMgabs, necesidades en Mg absorbible
NecPabs, 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
NUcalculado, 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 disp, 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
PDling, 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
PIpic, producción en el pico de la lactación
PIpot, producción de leche potencial
PIpot_305, producción de leche de una vaca a 305 días de lactación
PIpot_mult, producción potencial de leche por día en una determinada semana de lactación, multíparas
PIpot_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 (encombremet)
UEB, unidad de hartazgo o repleción (encombremet) bovinos
UEC, unidades de encombremet concentrado
UEF, unidades de encombremet forraje
UEL, unidad de hartazgo o repleción (encombremet) leche
UEM, unidad de hartazgo o repleción (encombremet) corderos (moutons)
UFL, unidad forrajera leche
UFL_VPRpot, variación potencial de reservas en UFL/día
UFV, unidad forrajera carne (viande)
 Δ dMO_BPR, es la variación en la dMO debido al balance proteico en el rumen de la ración
 Δ dMO_CO, es la variación en la dMO debido a la proporción de concentrados en la ración
 Δ dMO_NI, es la variación en la dMO debido al nivel de ingestión de la ración

CARACTERÍSTICAS DEL RACIONAMIENTO EN CAPRINOS

INRA-2018 sigue los mismos criterios de las ediciones anteriores, adaptándolos al nuevo sistema, con respecto a la depresión de la digestibilidad, tiene en cuenta el nivel de ingestión (NI), la proporción de concentrados en la ración (PCO) y al balance proteico en el rumen (BPR), y, en cuanto a la proteína tiene en cuenta que su eficacia varía.

Hemos seguido el cálculo de necesidades y el planteamiento del racionamiento para tres modalidades: Cabras, Cabras de reposición y engorde de cabritos.

CABRAS

Incluye las cabras en lactación y/o en gestación. Hay algunas peculiaridades del sistema productivo de las cabras que conviene tener presente. La gestación dura cinco meses y, en general, la producción de leche varía a lo largo del año y depende de los periodos de parto; en el momento de la reproducción todavía están en lactación, coincidiendo en la reconstitución de las reservas corporales. En la aplicación indicamos algunas recomendaciones a partir de INRA que el usuario puede utilizar o no. Por ejemplo, el cálculo de necesidades se hace para dos tipos de razas: Alpina (que nosotros adaptamos como formato pequeño) y Saanen (que adaptamos como formato grande).

La producción de leche abarca alrededor de 300 días, y a partir de aquí y de la duración de la gestación, siguiendo INRA, hemos hecho este gráfico, que nos ha servido para orientar que los días de gestación que introduciremos estén en consonancia con los días de lactación; en el caso de producción de leche, que es lo que seguimos en la aplicación, hay un parto anual, y la reproducción o apareamiento se hace más o menos siete meses después del parto. En cambio, si el objetivo es la producción de carne, la

planificación será la de dos partos al año, o sea que la cabra deberá quedar preñada a los 60 días después del parto.

En este esquema se representan dos gestaciones según el momento en que la cabra queda preñada (a los 195 días o los 210 días del parto, para tener más margen).

	Meses→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lactación	Días →	30	60	90	120	150	180	195	210	240	270	300	
Gestación	Días →								15	45	75	105	135
Gestación	Días →									30	60	90	120

La leche estándar tiene un contenido de 35 g/kg de grasa y 31 g/kg de proteína. Para las cabras primíparas consideramos un margen de producción a 300 días de lactación entre 528 y 1.232 kg de leche (PI_300 media = 880) y para las multíparas el margen está entre 570 y 1.330 (PI_300 media = 950). Y los contenidos de grasa y proteína: primíparas (tg_300 media = 37,7, entre 33,93 y 41,47), multíparas (tg_300 media = 36,3, entre 32,67 y 39,93); primíparas (tp_300 media = 32,8, entre 29,52 y 36,08), multíparas (tp_300 media = 32,6, entre 29,34 y 35,86).

La producción de leche en el pico de la lactación y la producción a 300 días están ligadas:

Primíparas: $PI_{300} = 222 \times PI_{pico}$

Multíparas: $PI_{300} = 218 \times PI_{pico}$

Y en función de los días de lactación (dl) y la producción a 300 días se puede calcular la producción de leche potencial al día:

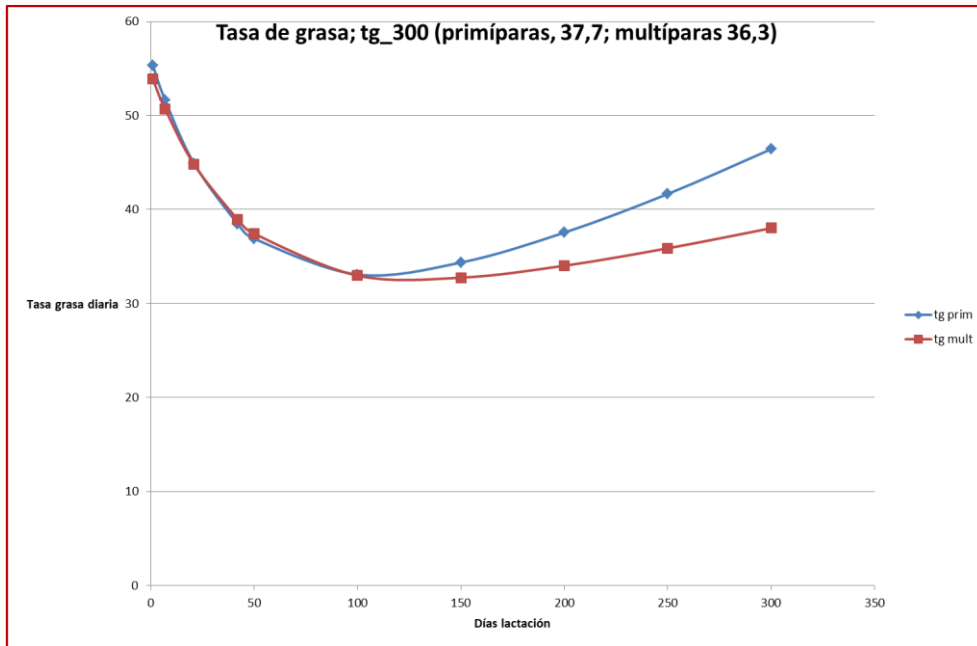
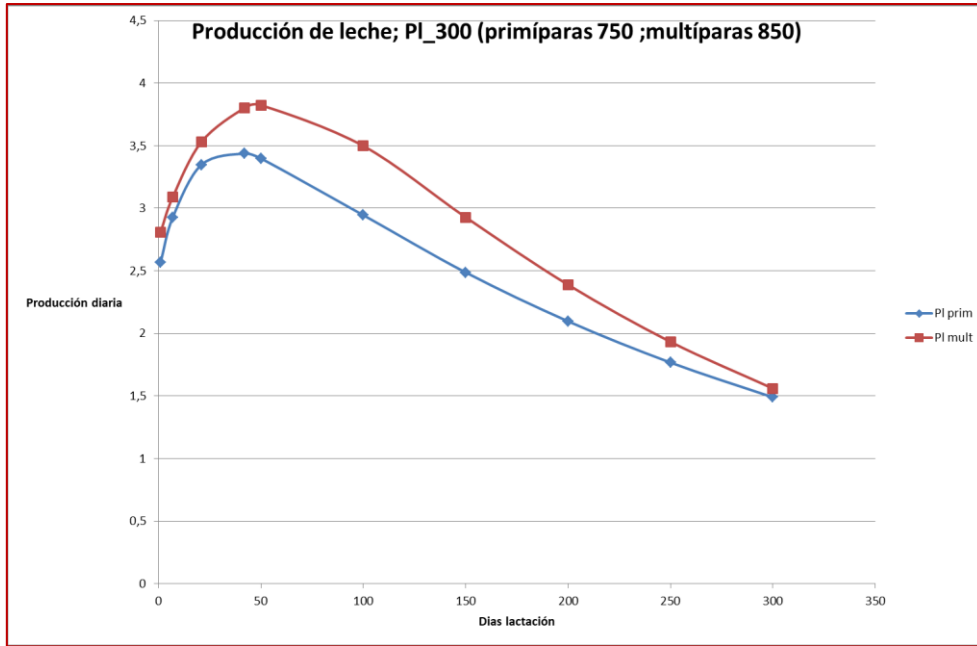
Primíparas: $PI_{pot} = PI_{300} \times (0,00554 \times \exp^{-0,00342 \times dl}) - 0,00222 \times \exp^{-0,0555 \times dl}$

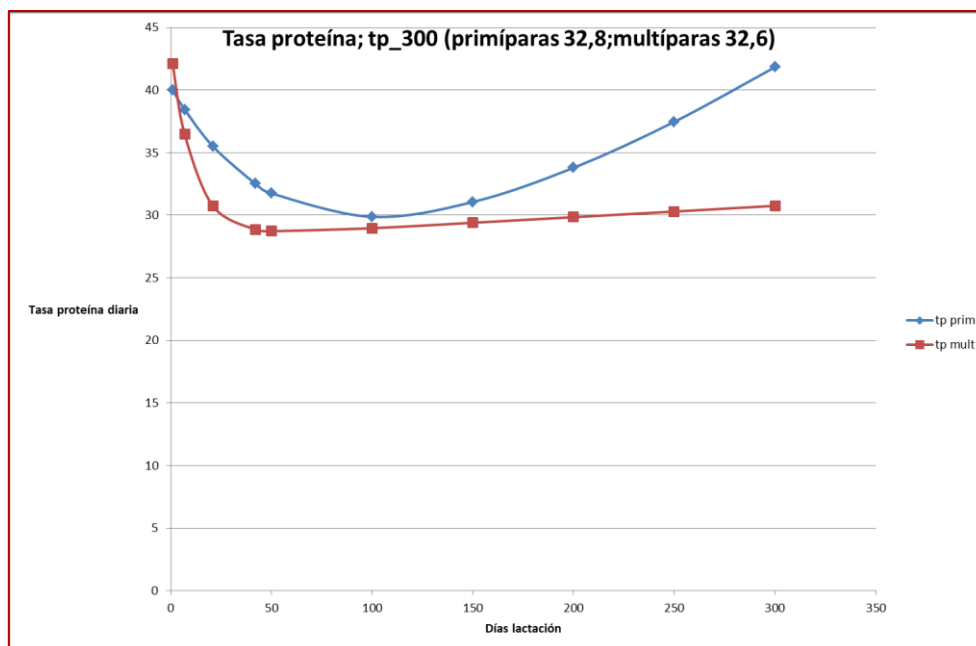
Multíparas: $PI_{pot} = PI_{300} \times (0,00669 \times \exp^{-0,00431 \times dl}) - 0,00345 \times \exp^{-0,027 \times dl}$

Igualmente se calculan la tasa de grasa y la de proteína en el día de lactación (dl), según las tasas a 300, con unas ecuaciones con diferentes parámetros:

tg_300, dl días							
primíparas				multíparas			
a	b	c	d	a	b	c	d
0,85	0,023	0,636	0,0022	0,77	0,022	0,73	0,0012
$tg_{pot} = tg_{300} \times 0,85 \times \exp^{(0,023 \times dl)} + 0,636 \times \exp^{(0,0022 \times dl)}$				$tg_{pot} = tg_{300} \times (0,77 \times \exp^{(0,022 \times dl)} + 0,73 \times \exp^{(0,0012 \times dl)})$			
tp_300, dl días							
primíparas				multíparas			
a	b	c	d	a	b	c	d
0,59	0,017	0,638	0,0023	0,52	0,087	0,958	0,0003
$tp_{pot} = tp_{300} \times (0,59 \times \exp^{(-0,017 \times dl)} + 0,638 \times \exp^{(0,0023 \times dl)})$				$tp_{pot} = tp_{300} \times (0,52 \times \exp^{(-0,087 \times dl)} + 0,958 \times \exp^{(0,0003 \times dl)})$			

Las curvas de lactación son las de los gráficos siguientes.





NECESSITATS ENERGÈTIQUES

NecUFL = NecUFL_manteniment + NecUFL_activitat + NecUFL_gestació + NecUFL_producció de llet + NecUFL_guany de pes

MANTENIMENT I ACTIVITAT

La actividad en la práctica se resuelve con un coeficiente que se aplica a las necesidades de mantenimiento:

Estabulación (1); Pasto llano (1,25); Pasto montaña (1,5). Las necesidades de mantenimiento son función del peso metabólico: $NecUFL_{\text{mantenimiento}} = 0,0406 \times Pv^{0,75}$

GESTACIÓN

La gestación tiene una duración de 150 días, y las necesidades son proporcionales a un parámetro (a) según el número de crías, 1 a 5 y los días de gestación (dg):

$$NecUFL_{\text{gestación}} = (a \times EXP^{(0,034 \times dg)}) / 0,14 \times 0,65 / 1.760$$

Número de crías (1, a = 1,8; 2, a = 3; más de 2, a = 4,1).

El peso de la cría, en kg, se puede calcular a través de la siguiente fórmula (función del número de crías, del formato de la raza, y del número de lactaciones):

Formato: grande a = 0; pequeño a = 1

Lactación: primíparas $N_{\text{lact}} = 1$; segunda lactación $N_{\text{lact}} = 2$; más de 2 lactaciones $N_{\text{lact}} = 3$

Número cabritos al parto: N_{cabritos} de 1 a 5

$$Pv_{\text{cria}} = 1,52 + 1,3 \times a + 1,35 \times N_{\text{lact}} - 0,462 \times N_{\text{lact}}^2 + 4,7 \times N_{\text{cabritos}} - 0,665 \times N_{\text{cabritos}}^2 + 0,526 \times N_{\text{cabritos}} \times N_{\text{lact}}$$

Y el aumento de peso (kg/día) a medida que avanza la gestación (dg, días gestación) se calcula así:

$$N_{\text{cabritos}} = 1, a = 0,75; N_{\text{cabritos}} = 2, a = 1; N_{\text{cabritos}} > 2, a = 1,1$$

$$\Delta P_{\text{v_gest}} = a \times 3,6 \times (\exp^{(0,0139 \times \text{dg})} - 1)$$

LACTACIÓN

Las necesidades de lactación son:

$$\text{NecUFL}_{\text{PI}} = \text{PI}_{\text{pot}} \times (0,389 + 0,0052 \times (\text{tg} - 35) + 0,0029 \times (\text{tp} - 31))$$

tg i tp, tasas de grasa y proteína en g/l. La leche estándar tiene 35 g/l de grasa y 31 g/l de proteína.

CRECIMIENTO

Para las cabras en la primera y segunda lactación y, según estén o no en gestación, se debe contar un complemento diario en UFL.

UFL/día según estado fisiológico de la cabra							
formato pequeño		formato grande		formato pequeño		formato grande	
1a lactación	2a lactación	1a lactación	2a lactación	1a gestación	2a gestación	1a gestación	2a gestación
0,09	0,04	0,12	0,06	0,14	0,06	0,17	0,08

RESERVAS CORPORALES

Las reservas energéticas se pueden evaluar con la condición corporal (CC), y su valor (de 0 a 5) está correlacionado con la cantidad del tejido adiposo:

$$\text{Lípidos \% Pv} = 12,5 + 6,21 \times (\text{CC} - 3)$$

Basándose en la evolución del peso vivo, de la producción de leche, del peso vivo vacío y de su composición, así como en la evolución de la CC, se obtiene, para un momento determinado de la lactación (dl), la evolución del balance energético, valor que sirve para completar las necesidades con las aportaciones de la ración.

$$\text{balUFL}_{\text{pot}} = A + B \times (1 - \exp^{-C \times \text{dl}}) = - \text{UFL}_{\text{VPR}_{\text{pot}}}$$

- **balUFL_{pot}** es el balance energético regulado por el homeostasis (regulación de los flujos metabólicos según las necesidades resultantes del estado fisiológico, en este caso es la regulación de los lípidos corporales)
- **A, B i C** parámetros ligados a la producción potencial de leche al pico y la CC al parto (CCparto)
- **UFL_{VPR_{pot}}** variación potencial de reservas en UFL/día
- **dl** días en lactación o días después del parto

$$A = -0,630 - 0,1794 \times (\text{PI}_{\text{pico}} - 4,0) + 0,208 \times (\text{CC}_{\text{parto}} - 3)$$

$$B = (0,699 + 0,212 \times (\text{PI}_{\text{pico}} - 4,0) + 0,0052 \times (\text{PI}_{\text{pico}} - 4,0)^2) + 0,234 \times (\text{CC}_{\text{parto}} - 3)$$

$$C = 0,0378 - 0,0050 \times (\text{PI}_{\text{pico}} - 4,0) - 0,00385 \times (\text{CC}_{\text{parto}} - 3).$$

Ejemplo: cabra al post parto $\text{balUFL}_{\text{pot}} = - (-0,17257) = 0,17257$ UFL/día, es una aportación de las reservas corporales a la energía de la ración.

Cabra a mitad de lactación: $balUFL_{pot} = - (0,17537) = - 0,17537$ UFL / día, es el complemento que se ha de añadir a las aportaciones de la ración para ayudar a la reconstitución corporal.

En el caso de que la cabra esté gestante también se debe tener en cuenta la variación potencial de energía, y la ecuación es la siguiente:

$$UFL_VPR_{gest} = a \times \exp^{(0,034 \times dg)}$$

dg días en gestación

a parámetro según el número de crías (una cría $a = 0,00047$; dos crías $a = 0,00198$; más de dos crías $a = 0,0054$).

NECESIDADES PROTEICAS

Las necesidades proteicas son la suma de las funciones no productivas y de las productivas. Las no productivas serían las que antes se llamaban de mantenimiento.

NO PRODUCTIVAS

Las necesidades proteicas no productivas son las siguientes:

$$NecPDI_PEF \text{ (necesidades proteínas endógenas fecales)} = MSI \times (0,5 \times (5,7 + 0,074 \times MOND)) / EfPDI$$

$$NecPDI_PUendo \text{ (necesidades asociadas a la excreción de N endógeno urinario)} = 0,312 \times Pv$$

$$NecPDI_Pepidérmicas \text{ (necesidades asociadas al depósito epidérmico)} = 0,2 \times Pv^{0,6} / EfPDI$$

MOND, es la materia orgánica no digestible.

Para los cálculos previos de las necesidades INRA-2018 la referencia es una cabra de 70 kg que produce 3,5 kg de leche, la MSI es de 2,58 kg/día y la MOND de 300 g/kg MS y una eficacia PDI de 0,67.

PRODUCTIVAS

Las necesidades productivas son las de gestación, lactación y crecimiento.

$$NecPDI_PI = Pl_{pot} \times tp / EfPDI$$

tp, tasa de proteína en g/l.

Las necesidades de gestación se expresan con la siguiente ecuación:

$$necPDI_gest = a \times \exp^{(0,03383 \times dg)} / EfPDI$$

dg, días en gestación

a, parámetro relativo al número de crías (una cría $a = 0,21$, dos crías $a = 0,35$, más de dos $a = 0,48$).

En cuanto a las reservas corporales de proteína, el contenido proteico se expresa así:

$$\log_{10}Proteína = - 0,639 + 0,928 \times \log_{10}Pv_{vacío}$$

INRA presenta para las cabras lecheras un modelo monomolecular en función de la edad en días:

$$\text{Formato pequeño: Proteína} = 11,3 \times \exp^{(-0,00281 \times edad)}$$

Formato grande: Proteína = $13,7 - 13,2 \times \exp^{(-0,00235 \times \text{edad})}$

Para las cabras en la primera y segunda lactación y, según estén o no en gestación, se debe contar un complemento diario en PDI.

g PDI/día según estado fisiológico de la cabra							
formato pequeño		formato grande		formato pequeño		formato grande	
1a lactación	2a lactación	1a lactación	2a lactación	1a gestación	2a gestación	1a gestación	2a gestación
15,4	5,7	19,8	8,6	21,9	7,7	26,6	11,2
MSI	MOND	EfPDI					
1,57303	471,9089	0,5					

RESERVAS CORPORALES

$$PDI_VPR_{pot} = 33 \times UFL_VPR_{pot}$$

$$PDI_VPR_{gest} = 33 \times UFL_VPR_{gest}$$

CAPACIDAD DE INGESTIÓN Y TASA DE SUSTITUCIÓN

La CI depende del Pv y de la producción de leche, así como de algunos índices (lactación, gestación y contenido proteico de la ración)

$$CI = (1,3 + 0,016 \times (Pv - 60) + 0,24 \times PI_{pot_estandar}) \times I_CI_{lact} \times I_CI_{gest} \times I_CI_{MNT}$$

$$I_CI_{lact} = 0,5 + (0,5 \times (1 - \exp^{(-0,6 \times sl)})); \text{ sl, semana lactación}$$

$$I_CI_{gest} = a + b \times (1 - \exp^{(-0,33 \times (150 - dg))}); \text{ dg, días gestación, número crías 1 (a = 0,99, b = 0,01), número crías 2 (a = 0,92, b = 0,08), número crías > 2 (a = 0,85, b = 0,15)}$$

$$I_CI_{MNT} = 1,06 - 0,046 \times \exp^{(-0,025 \times (MNT - 150))}$$

NECESIDADES EN MINERALES Y VITAMINAS

		Caprinos
P_{abs} , g/d	Mantenimiento	$0,905 \times MSI + 0,3 + 0,002 \times Pv$
	Crecimiento, per kg de Δ	$1,2 + 3,19 \times Pv_{adulto}^{0,28} \times Pv^{-0,28}$
	Gestación (último tercio)	0,60 (un feto) 1,2 (>1)
	Lactación, por l leche	0,95
Ca_{abs} , g/d	Mantenimiento para el Crecimiento	$0,67 \times MSI + 0,01 \times Pv$
	Mantenimiento para la Gestación, sin Lactación	$0,015 \times Pv$
	Mantenimiento para la Lactación	$0,67 \times MSI + 0,01 \times Pv$
	Crecimiento, por kg de Δ	$6,75 \times Pv_{adulto}^{0,28} \times Pv^{-0,28}$
	Gestación (último tercio)	1 (un feto) 2 (>1)
	Lactación, por l leche	1,25
Mg_{abs}	Mantenimiento	$0,011 \times Pv$

g/d		
	Crecimiento, por kg de Δ	0,4
	Gestación (último tercio)	0,05
	Lactación, por l leche	0,15
K, g/d	Mantenimiento en Lactación	0,115 x Pv
	Mantenimiento otros estados fisiológicos	0,07 x Pv
	Crecimiento, por kg de Δ	1,8
	Gestación (último tercio)	0,3
	Lactación, por l leche	1,8
Na, g/d	Mantenimiento para el Crecimiento y la Gestación	0,015 x Pv
	Mantenimiento para la Lactación	0,023 x Pv
	Crecimiento, por kg de Δ	1,2
	Gestación (último tercio)	0,3
	Lactación, por l leche	0,45
Cl, g/d	Mantenimiento para el Crecimiento i la Gestación	0,023 x Pv
	Mantenimiento por a la Lactación	0,035 x Pv
	Crecimiento, por kg de Δ	1
	Gestación (último tercio)	0,4
	Lactación, por l leche	0,3
S, g/d		2,2 x MSI
Co, mg/d		0,3 x MSI
Cu, mg/d		15 x MSI
I, mg/d	Lactación	0,5 a 0,8 x MSI
	Otros estados fisiológicos	0,4 a 0,5 x MSI
Mn, mg/d		50 x MSI
Se, mg/d	Según la producción lechera	0,1 a 0,2
Zn, mg/d		50 x MSI
Cr, mg/d		No recomendaciones
Mo, mg/d		0,5 x MSI

UI/kg MS		< 40% concentrado	> 40% concentrado
Vitamina A	Gestación	6.000	9.000
	Lactación	4.200	6.600
Vitamina D		1.000	1.000
Vitamina E	Gestación	25	
	Lactación	15	40

CABRAS DE REPOSICIÓN

Las necesidades en energía de las cabras de reposición, según formato, dependen de la edad en días y del peso metabólico, y se calcula de la siguiente manera:

Formato pequeño

$$\text{NecUFL} = (110 \text{ kcal EM/kg Pv}^{0.75} \times 0,65/1.760) + (0,506 \times \exp^{(-0,00239 \times \text{edad})})/1,76$$

Formato grande

$$\text{NecUFL} = (110 \text{ kcal EM/kg Pv}^{0.75} \times 0,65/1.760) + (0,530 \times \exp^{(-0,00198 \times \text{edad})})/1,76$$

Las necesidades en proteína con respecto a la ganancia de peso son las siguientes (MSI = 65 g/kg Pv^{0,75}; MOND = 300 g/kg MS; EfPDI = 0,50):

Formato pequeño

$$\text{NecPDI}_{\text{ganancia}} = 30,0 \times \exp^{(-0,00281 \times \text{edad})}/\text{EfPDI}$$

Formato grande

$$\text{NecPDI}_{\text{ganancia}} = 31,0 \times \exp^{(-0,00235 \times \text{edad})}/\text{EfPDI}$$

ENGORDE DE CABRITOS

<i>Valores normales engorde cabritos</i>		
<i>Mes</i>	<i>Peso vivo, kg</i>	<i>Crecimiento, g/día</i>
1	6	200
1	7	250

$$\text{CI} = 0,0406 \times \text{Pv}^{0,75}$$

Para la energía y proteína aplicamos las mismas fórmulas de las cabras de reposición.

BASES DEL RACIONAMIENTO

Primero calculamos las necesidades de las cabras lecheras, cabras de reposición o de los cabritos en engorde (UFL, PDI, Ca y P) y la capacidad de ingestión en UEL. 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/UF, y los contenidos PDI y UF no son la suma producto de las cantidades de ingredientes por el valor nutritivo de los mismos en PDI y UF, sino que según el **nivel de ingestión (NI)**, que a su vez cambia a medida que entra **concentrado en la ración (PCO)**, 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).

Antes de entrar a la aplicación trataremos dos temas importantes por plantear el racionamiento correctamente, uno es el de las interacciones digestivas y el otro la eficacia o eficiencia de las PDI para las funciones de proteosíntesi.

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 intentan 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 son las siguientes:

- 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 cuantificaba con PDIN y PDIE, ahora en INRA-2018, es el balance proteico del rumen:

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

Las MNT (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 $(\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UF}$. 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 por integrar los efectos cuantitativos de las interacciones *energía x 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

$d\text{MO}_m$ es la digestibilidad de la materia orgánica de una ración, medida in vivo, e intra-experiencias obtiene $d\text{MO}_m = 76 - 2,74 \times \text{NI}$, NI es el nivel de ingestión de la ración, en % del peso vivo.

Cada ingrediente forrajero tiene un valor NI_{ref} en las tablas y todos los concentrados tienen $\text{NI}_{\text{ref}} = 2$. La ración (combinación de forrajes y concentrados) tendrá un valor NI_{ref} igual a suma producto de las cantidades y los NI_{ref} . Por ejemplo, $\text{NI}_{\text{ref}} = 1,96$. La cabra en lactación, peso vivo 70 kg a los 100 días de lactación, con una producción de 3,90 litros de leche estandarizada, ingiere de la ración calculada 3,55 kg MS, por tanto $\text{NI} = 3,55 \times 100/70 = 5,08 \%$, como podemos ver hay diferencia apreciable, por tanto el NI afectará la dMO de la ración:

$\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - NI_{ref})/100 = -2,74 \times (5,08 - 1,96)/100 = -0,085257461$ valor que resta a la dMO de la ración

EFEECTO DE LA PROPORCIÓN DE CONCENTRADO EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

No se tiene en cuenta el efecto del concentrado.

EFEECTO 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 **170,70**
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 **0,61**.

$$MN_{alim_duodeno} = 66,32$$

3. $MN_{microbiana_intestino} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOR_{D_rumen} + 8,40 \times PCO$
 - a. MOR_{D_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 **639,35**

$$MN_{microbiana_intestino} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 639,35 + 8,40 \times 0,50 = 91,87$$

4. $MN_{endógena}$ se considera un valor fijo igual a **14,20**
5. $BPR = 170,70 - (66,32 + 91,87 + 14,20) = -1,69$

El BPR calculado en la ración (cada ingrediente viene caracterizado por su valor BPR) en nuestro caso es igual a 30,00 (BPR_{ref}).

La interacción de la BPR sobre la dMO: $\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = -0,060 \times (-1,69 - (30))/100 = 0,019014$

Las dos interacciones serán **$-0,085257461 + 0,019014 = -0,066243461$**

Este valor hará que la digestibilidad de la MO corregida por las interacciones $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = 0,78 - 0,066243461 = 0,713756539$

La dMO calculada de la ración es de 0,78.

La ración inicialmente tiene una dMO de 0,78, pero al final, después de las iteraciones resulta de 0,72

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 = 0,66, y ahora la dMO_c va variando en función del NI, de PCO y de BPR, por tanto en la restricción energética podemos poner el siguiente:

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

EFICACIA DE LA SÍNTESIS PROTEICA

En primer lugar necesitamos conocer la PDI disponible por 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 $PDI_{ing} = 295,96$ g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 70 = 21,84 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 295,96 - 21,84 = 274,12 \text{ g.}$$

La $EfPDI$ es igual a gastos proteicos/ PDI_{disp}

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

1. Método A

a) Primer se calcula el balance energético de la ración (balUFL), que es igual a las aportaciones UFL de la ración menos las necesidades UFL calculadas: en el ejemplo, $balUFL = 3,64 + (-0,27 - 3,34) = 0,04$ UFL.

b) Si el balance energético es positivo las proteínas se fijan (*no se utilizan para generar energía*) y el balance proteico (balPDI) será un gasto, y, en consecuencia $EfPDI$ se calcula así:

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidérmicas} + \text{Proteína fijada en la GMD} + balPDI) / PDI_{disp}$$

$P_{EF} = 5,7 + 0,074 \times \text{MOND}$; MOND, materia orgánica no digestible, igual a $(MO - \text{MODc})$; MODc es la MO corregida por las interacciones (NI, BPR). MO la tenemos directamente de los cálculos ($MO = 890,10$), la MODc es la MO (directamente de los cálculos) corregida por $dMOc$, $MO - \text{MODc} = 890,10 - 639,35 \times dMOc/dMO = 890,10 - 639,35 \times 0,72/0,78 = 299,93$ g, y $P_{EF} = 28,25$ g PDI

$$P_{epidérmicas} = 0,2 \text{ g PDI/kg Pv}^{0,60} = 0,2 \times 70^{0,60} = 2,56 \text{ g PDI}$$

Proteína de la leche = **121,11 g PDI** (producción x tasa proteína)

$$balPDI = \text{Aportaciones PDI} - \text{Necesidades calculadas} = 295,96 + (-9,00) - 277,74 = 9,22 \text{ g PDI}$$

$$PDI_{disp} = 274,12 \text{ g PDI}$$

$$EfPDI = (PEF + P_{epidérmicas} + MP + balPDI) / (PDI \text{ disponible})$$

$$EfPDI = 0,59.$$

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

$$EfPDI = (P_{EF} + P_{epidérmicas} + \text{Proteína fijada en la GMD}) / (PDI_{disp} + |balPDI|).$$

2. Método B.

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

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

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, si $a = 0,05$, 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 ($NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$), y lo hemos hecho considerando los valores medios de cada animal de referencia según sea el peso inicial para el crecimiento o el engorde.

En la formación de proteínas productivas y no productivas (excepto las endógenas fecales) se considera para el cálculo de necesidades $EfPDI$ 0,67 para leche, y 0,50 para crecimiento. 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:

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

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 la $EfPDI$, y, por tanto, en la restricción este resto se multiplica por 0,67 (ejemplo) y se divide por $EfPDI$ de la ración (0,59), 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:

$$valor\ mínimo\ animal\ referencia \leq \sum_i Xi \times BPR_{ref\ i} \leq valor\ máximo\ animal\ referencia$$

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. En el caso de las cabras ponemos los límites entre 0 y 30.

LA APLICACIÓN RACIONAMIENTO CAPRINOS GR 2020

La aplicación *Racionamiento Caprinos 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, III_Resultado Ración y Respuestas; También hay tres hojas auxiliares de cálculos: Auxiliar, CálculosCL y Parámetros.

Tabla de Forrajes

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

Nombre	MS %	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Nlref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	Cenizas	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mo	Iodo	Fe	Mn	Se	Zn
MS (%) materia seca (H ₂ O) / materia	MS%	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Nlref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	Cenizas	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mo	Iodo	Fe	Mn	Se	Zn
MS (%) materia seca (H ₂ O) / materia	MS%	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Nlref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	Cenizas	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mo	Iodo	Fe	Mn	Se	Zn

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 "encombremet" leche
UEB	Unidad de repleción "encombremet" vacuno
UEM	Unidad de repleción "encombremet" 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
Iodo	Iodo, 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

La hoja de necesidades tiene la siguiente forma que iremos explicando:

Cálculo de necesidades			
Cabras			
Pastoreo montaña			
Formato grande			0
Segundo parto			
Número cabritos al parto	3	1 a 5	1,1 4,1 0,0054
Peso vivo	70	40 a 80 kg	
Pv_cría	13,643		
Días gestación	0	1 a 150	
ΔPv gest	0		
PI_300 media	950	570 a 1330	
tg_300 media	38	32,67 a 39,93	
tp_300 media	32	29,34 a 35,86	
PI_pico	4,357798165		
CC parto, 0 a 5	3,5		
Días lactación, 0 a 300	100	OK	100 Días Lactación
PI_potencial	3,909912239		
tg_potencial	34,51886308		
tp_potencial	31,59238618		
PI_potencial estándar	3,906846899	tg = 35; tp = 31	
Necesidades Cabras			
Producción de leche estándar kg/cabra y día			3,91
Capacidad ingestión (UE)			2,43
Energía (UFL)			3,34
Proteína (g PDI)			277,74
Ca (g)			16,21 ***MSI
P (g)			9,10 ***MSI
Mg (g)			8,57
K (g)			9,88
Na (g)			3,41
S (g)			3,46 ***MSI
Cl (g)			3,66
Co (mg)			0,47 ***MSI
Cu (mg)			23,60 ***MSI
Mn (mg)			78,65 ***MSI
Zn (mg)			78,65 ***MSI
I (mg)			45,50
Se (mg)			0,15
Peso vivo, kg			70,00
EN mant			1,47
EN leche			1,52
Cl kg MSI			2,58
MP			121,11
UFL_VPR			-0,27
UFL_VPRgest			0,00
PDI_VPR			-9,00
PDI_VPRgest			0,00
PDI/UFL			83,27
MS forrajera, % mínimo en la ración			50
Límites de tolerancia (%) en el cumplimiento necesidades proteicas			13
EfPDI teórica			0,67
MSI teórica para los cálculos de necesidades			2,58

Se pueden seleccionar: Cabras, Cabras de reposición y Cabritos engorde.

En estabulación, pasto llano o en pasto montaña; de formato grande o pequeño; y en el caso de cabras, primíparas, segundo parto o tercero o más parto.

La entrada de datos se hará con cierto criterio a fin de no obtener resultados poco acordes con el tipo seleccionado.

En los datos complementarios para el racionamiento indicaremos los límites de tolerancia en los cálculos y la cantidad mínima de MS forrajera, en% sobre la MS total de la ración.

Todo va encaminado a obtener las necesidades (UFL, PDI, minerales) y la capacidad de ingestión (UE).

En la mayoría de casos se indican rangos de valores; por ejemplo, rangos de la producción de leche a 300 días para primíparas y multíparas, rangos de tasas de grasa y de proteína. Sólo se han de introducir datos en las casillas 3, ya que las otras son o bien resultados finales o cálculos o enlaces (parámetros de cálculo), y también de comprobación (en el caso de las cabras de leche avisa de la posible incongruencia entre días de gestación y días de lactación).

II Plantear Ración

Es la hoja de más dificultad. En primer lugar toda la aplicación debe estar habilitada para macros, y en esta hoja en DATOS debemos tener *SOLVER* activado.

La visión total de esta hoja requiere explicaciones:

Selección de ingredientes, límites de incorporación y precio							ATENCIÓN: UNA VEZ SELECCIONADOS LOS INGREDIENTES, SUS LÍMITES Y EL PRECIO DE CADA UNO, HAY QUE ASEGURARSE QUE ESTÉ ACTIVADO EL SOLVER					
Iniciar cálculos kg fresco a 0	Límites de incorporación		Cálculos			Precio Ingrediente						
	kg mín	kg máx	kg fresco	kg MS	% fresco ración	€/kg fresco						
PIEZO H2O Hielo sólido	0,00	100,00	0,24	0,08	5,59	0,02	kg fresco total	4,29				
PIEZO H2O Hielo sólido	0,00	2,00	2,00	1,70	46,62	0,02	kg forraje fresco total	2,24				
PIEZO H2O Hielo sólido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	kg concentrado fresco total	2,05				
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Aportaciones totales UE	2,55				
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		kg MS total	3,55				
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	kg MS total forraje	1,78				
	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,21	kg MS total concentrado	1,78				
	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,24	% MS forraje de la ración	50,00				
	0,00	8,00	1,40	1,20	32,54	0,22	PCO	0,50				
	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,27	Relación UFL/UE forraje	0,85				
	0,00	1,50	0,42	0,36	9,83	0,60	Tasa de sustitución global	0,37				
	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,15	Producción de leche	3,91				
	0,00	2,00	0,15	0,14	3,55	0,10	ALOR FUNCIÓN OBJETIVO €/Kg fresco	0,628				
	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	COSTE PARTE FORRAJERA	0,045				
	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,50	COSTE PARTE CONCENTRADA	0,583				
	0,00	1,00	0,07	0,07	1,70	0,10	Parámetros nutritivos, límites, valores finales					
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Parámetros	Mínimo	Máximo	Valor	Valor/kg MS o %	En algunos ingredientes de la ración no cuentan los nutrientes
	0,00	2,00	0,01	0,01	0,16	0,03	MSI (kg/día)	0,00	999,00	3,55		
	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,04	NMS ración	0,00	999,00	82,84		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	UFL	2,26	2,78	2,55	0,72	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	UFL	3,64	3,64	3,64	1,03	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	PDI	295,96	384,41	295,96	83,29	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	BPR	0,00	30,00	106,61	30,00	
							Ni	1,96	1,96	5,08	5,08	
							Ca	14,67	19,05	14,67	4,13	
							P	8,62	11,20	11,20	3,15	
							Mg	7,45	9,68	6,66	1,87	
							K	8,59	11,16	41,01	11,54	
							Na	2,97	3,86	3,93	1,11	Na
							S	4,70	6,11	0,01	0,00	
							Cl	3,18	4,14	0,03	0,01	
							Co	0,66	0,86	0,10	0,03	
							Cu	29,00	37,66	3,48	0,98	
							Mn	110,77	143,88	69,26	19,49	
							Zn	110,77	143,88	36,45	10,26	
							Iodo	40,14	52,13	0,00	0,00	
							Se	0,13	0,17	0,02	0,01	
							ViA	23.452,95	23.452,95	85000,00	23920,23	
							ViD	3.553,48	3.553,48	85,00	23,92	
							ViE	142,14	142,14	8,50	2,39	
							AG			102,44	28,83	
							MNT PB			606,57	170,70	
							PDIA			111,48	31,37	
							dMO		0,72	0,78	0,72	
							MDD			2346,66	660,38	
							EE		4,00	134,00	3,77	
							FB			534,49	150,41	
							NDF			1250,36	351,87	
							ADF			618,88	174,16	
							Lignina			92,93	26,15	
							Cenizas			209,20	58,87	
							Mo			0,46	0,13	
							DT N			0,61	0,61	
							MOF			2271,93	639,25	
							MO			3162,95	890,10	
							PDI/UFL			72,45	94,10	81,24

Necesidades Cabras			
CI	2,43		
UFL	3,34		
PDI	277,76		
NecPDI_P _{MSI}	21,84		
NecPDI - NecPDI_P _{MSI}	255,90		
EPDI	0,67		

PÉRDIDAS EN LA SINTESIS PROTEICA EN LACTACION			
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI NU endógenas	274,12		
EPDI = \sum gastos prot/PDI disponible = 0,67*EXP(0,007*(PDI-100))	0,75	0,64	
Bal EN	0,03		
Bal Proteína	9,21		
MP producción proteínas leche	121,11		
EPDI = (PEF + P epid + MP + Bal Prote)/PDI disponible	0,59		
N _{ical} = 0,79x(BPR/6,25 + (PDI/6,25) + (1-E-FDI)) + N _{muendo} + N _{LNPMSC} + 0	0,50	0,2	0,3

La entrada de datos se hace en las casillas: 0,01

El resto son casillas de cálculos o casillas donde salen las necesidades previamente calculadas, y muchas de ellas son cálculos auxiliares para facilitar la comprensión de los procesos reiterativos en cada iteración.

Arriba a la izquierda una vez seleccionados los ingredientes que queremos que entren en la ración, o sencillamente los alimentos que participan en la formulación, debemos clicar:

Iniciar cálculos kg fresco a 0

La selección de ingredientes tiene 6 posiciones para forrajes, columnas 4 a 9; 11 posiciones para concentrados, columnas 10 a 20; 6 posiciones para minerales, columnas 21 a 26. Por cada ingrediente podemos entrar dos valores, mínimo y máximo. Si el ingrediente está seleccionado y el mínimo es 0 y el máximo 0, no entrará en los cálculos.

Para el buen funcionamiento de *Solver* el primer ingrediente (forraje) debe estar activo, es decir seleccionado y el valor más alto, ya que es el alimento que manda el proceso de sustitución con los concentrados. Una vez generada la ración es cuando el usuario puede decidir si es demasiada cantidad o es poca; la idea es dar libertad al primer ingrediente.

Si a un ingrediente seleccionado queremos ponerle una cantidad fija, pondremos la misma cantidad mínimo y máximo. En la columna de *Precio ingrediente* introduciremos el precio en €/kg fresco o el coste de producción, ya que la programación de la ración es a coste mínimo.

En esencia la programación consiste en que el valor de la función objetivo sea mínimo.

VALOR FUNCIÓN OBJETIVO €/Kg fresco	0,628
------------------------------------	-------

Y la función objetivo es $\sum_4^{26} X(i) \times Preu(i)$; o sea, la suma producto de las cantidades de cada ingrediente por su precio o coste debe ser mínima.

La dificultad es el cumplimiento de una serie de restricciones, que son las que se incluyen dentro del *Solver* propio de la aplicación.

Las restricciones normales, lógicas y sin problemas son las relativas a las cantidades de los posibles 23 ingredientes (forrajes, concentrados y minerales), la cantidad a determinar para cada uno de ellos debe ser superior a 0, superior a la cantidad mínima e inferior a la cantidad máxima, previamente introducidas.

Las otras restricciones son las relativas a los parámetros nutritivos, y que en las bases del racionamiento hemos explicado.

Parámetros nutritivos, límites, valores finales					
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	3,55		
%MS ración	0,00	999,00	82,84		
UEL	2,26	2,76	2,55	0,72	
UFL	3,64	3,64	3,64	1,03	
PDI	295,96	384,41	295,96	83,29	
BPR	0,00	30,00	106,61	30,00	
NI	1,96	1,96	5,08	5,08	
Ca	14,67	19,05	14,67	4,13	
P	8,62	11,20	11,20	3,15	
Mg	7,45	9,68	6,66	1,87	
K	8,59	11,16	41,01	11,54	
Na	2,97	3,86	3,93	1,11	Na
S	4,70	6,11	0,01	0,00	
Cl	3,18	4,14	0,03	0,01	
Co	0,66	0,86	0,10	0,03	
Cu	29,00	37,66	3,48	0,98	
Mn	110,77	143,88	69,26	19,49	
Zn	110,77	143,88	36,45	10,26	
Iodo	40,14	52,13	0,00	0,00	
Se	0,13	0,17	0,02	0,01	
Vit A	23.452,95	23.452,95	85000,00	23920,23	
Vit D	3.553,48	3.553,48	85,00	23,92	
Vit E	142,14	142,14	8,50	2,39	
AG			102,44	28,83	
MNT_PB			606,57	170,70	
PDIA			111,48	31,37	
dMO		0,72	0,78	0,72	
MOD			2346,66	660,38	
EE		4,00	134,00	3,77	
FB			534,49	150,41	
NDF			1250,36	351,87	
ADF			618,88	174,16	
Lignina			92,93	26,15	
Cenizas			209,20	58,87	
Mo			0,46	0,13	
DT_N			0,61	0,61	
MOF			2271,93	639,35	
MO			3162,95	890,10	
PDI/UFL	72,45	94,10	81,24		

Por ejemplo la fila UEL:

UEL	2,26	2,76	2,55	0,72
-----	------	------	------	------

La casilla mínimo (en este caso 2,26) está ligada a la hoja I_Necesidades y obtiene el valor de la capacidad de ingestión, valor que en esta casilla lo multiplicamos por 0,7 para no ser tan estrictos y facilitar el margen de cálculos. La casilla máximo (en este caso 2,76) de la UEL es el cálculo de la capacidad de ingestión.

La casilla Valor (en este caso 2,55) de la fila UEL es la de mayor dificultad. Son las aportaciones de UEL que se van calculando, pero no sólo por suma producto de cantidades de ingredientes por el contenido UEL de cada uno de ellos, sino por la variación que supone en el total de UEL la incorporación de concentrados (tasa de sustitución, Sg; proporción concentrado, PCO).

La casilla Valor/kg MS es la concentración por kg MS de la ración calculada, 0,72

La restricción del Solver es que Valor esté entre los límites. Así con el resto de casillas (UFL, PDI, BPR, Ca i P).

La formación de la restricción UFL:

UFL	3,64	3,64	3,64	1,03
-----	------	------	------	------

Al igual que con las casillas de la UEL, el mínimo se forma a partir de las necesidades calculadas en la hoja l_Necesidades, pero a diferencia de antes el máximo es igual que el mínimo, ya que la restricción de la energía es que el valor final sea igual a las necesidades afectadas por la depresión de la digestibilidad. Y esta depresión de la digestibilidad en la hoja se calcula en las casillas que están a la izquierda de la hoja bajo la selección de ingredientes, y que como ya hemos explicado son la depresión o cambio debido al nivel de ingestión, y el cambio debido al balance proteico en el rumen:

Efecto NI	
Nlref	1,96
NI % PV	5,08
dMOM	62,09067494
Δ dMO_NI	-0,085257461
Efecto %Co (PCO)	
PCO	0,50
Δ dMO_CO	0,00
Efecto balanceproteico rumen	
MNT ingerida	170,70
MOrD o MOF	639,35
MNrD_rumen (MNE) fermentadas rumen	104,38
MN alim_duodeno (PIA) no ferm en rumen	66,32
MN microbiana intestino (41,7 + 71,9 x 10 ⁻³ x MOrD_rumen + 8,40 x PCO	91,87
MN endógena	14,20
BPR ración	-1,69
BPR ref	30,00
Δ dMO_BPR	0,019
Σ dMO x PMO	0,78
Efecto total interacciones	0,72

En las dos últimas casillas podemos ver los resultados: en el ejemplo, la suma producto de las cantidades de cada ingrediente seleccionado \sum dMO x PMO y que, definitivamente, entra en la ración, es la dMO teórica (0,78), y la dMOc, corregida es la que suma los efectos (NI, PCO - sin efecto en caprinos - y BPR) igual, en este caso, a 0,72. Esto sería lo que sale al final de las iteraciones en caso de encontrar una solución. Pero mientras tanto no la encuentra, o la va buscando, el valor UFL, lo multiplicamos por la relación *dMO calculada/dMO corregida*.

La formación de la casilla PDI:

Es, posiblemente, la que más dificultades genera, ya que INRA-2018 incluye los cambios generados en la eficiencia PDI (*EfPDI*), tanto en las actividades productivas como en las no productivas, lo que hace que los cálculos de las necesidades en PDI deban hacerse sobre la marcha.

PDI	295,96	384,41	295,96	83,29
-----	--------	--------	--------	-------

Los valores del mínimo y máximo están afectados por el margen que hemos dado el cálculo de necesidades (Límites de tolerancia (%)) en el cumplimiento necesidades proteicas, y las necesidades se generan de la siguiente forma, siguiendo el ejemplo, a la izquierda del apartado de los parámetros hemos incluido los valores que se han obtenido del cálculo de necesidades inicial:

Necesidades Cabras		
	CI	2,43
	UFL	3,34
	PDI	277,74
	NecPDI_PU _{endo}	21,84
NecPDI - NecPDI_PU _{endo}		255,90
	EfPDI	0,67

PDI, en el cuadro de parámetros, son el total de necesidades, que incluye las relativas a NecPDI_PEF proteínas endógenas fecales, de manera provisional, ya que no conocemos la MSI final, y en este caso ponemos MSI calculada, en base al alimento de referencia (ver antes) y la capacidad de ingestión previamente calculada, y para una eficacia, $EfPDI = 0,67$.

Ya en el proceso de calcular la ración $NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MOND)) / EfPDI$, que se incluyen ahora en el mínimo y máximo, con los valores de materia seca ingerida que se van generando en cada iteración, y el valor de la materia orgánica no digestible ya afectada por la variación de la dMO, y la eficacia variable en cada iteración $EfPDI$.

De las necesidades que salen del cálculo de la hoja I_Necesidades, en el ejemplo (277,74) le restamos las NecPDI_PU_{endo} (21,84) que son las únicas que no están afectadas por la $EfPDI$, y las necesidades que sí están afectadas por la $EfPDI$, en este ejemplo tienen el valor de 255,90. Por tanto, en las casillas mínimo y máximo, el valor 255,90 irá multiplicado por la relación de eficiencias ($0,67/EfPDI$), y, como ya hemos dicho, se sumará el valor NecPDI_PEF afectado por $EfPDI$, en función de la desviación entre MSI y MSI_{calculada} que se va generando.

A la izquierda, debajo de las casillas relativas al cambio en la dMO hay una serie de casillas que nos llevan a la $EfPDI$:

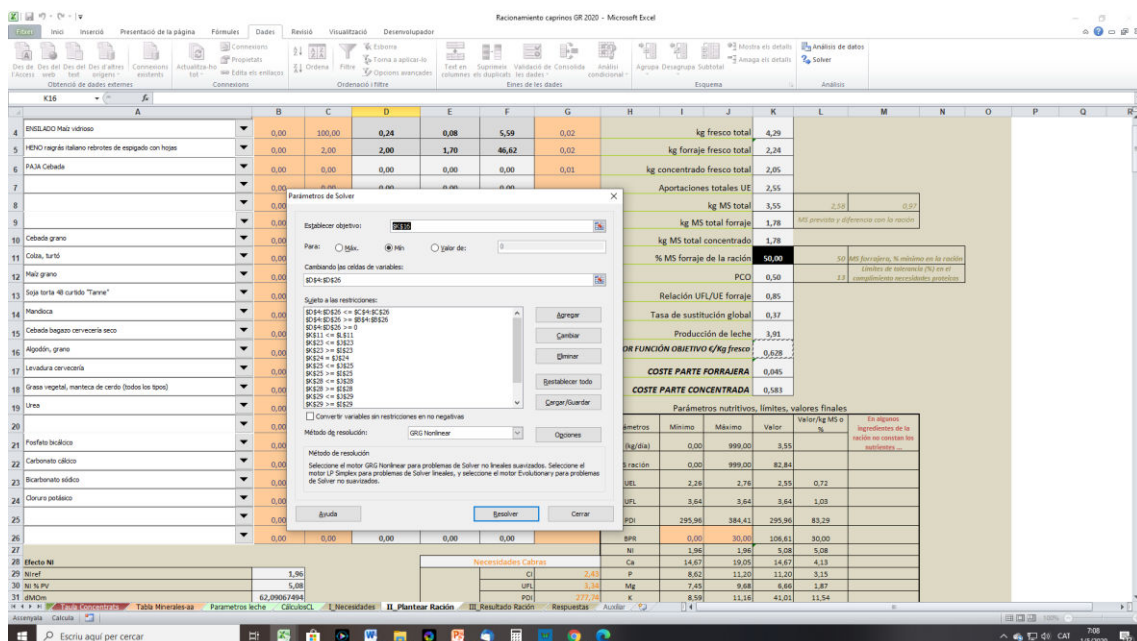
MODc_rumen (MOF corregida)	585,37
PANDI	12,80
dr	0,81
PDIA	53,52
MN microbianas_duodeno (corregida)	89,01
PDI = PDIA + MN microbianas_duodeno x 0,8 x 0,8	110,49
flujo de N duodenal endógeno (actualización)	
MOND = MO - MODc_rumen	304,73
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	50,46
PÉRDIDAS FECALES 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	56,86
PEF (proteínas endógenas fecales) = 5,7 + 0,074 x MOND	28,25
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)]/EfPDI	85,39
PÉRDIDAS ENDÓGENAS URINARIAS y (NEC_PDI Actualización)	
log10 NU (N urinario g/día) log10 NU = - 1,17 + 1,00 x log10 Pv	0,68
NU	4,73
NUNP microbiano/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,01
NU endo	3,50
Nec PDI_NU endo	21,84
PÉRDIDAS NITROGENADAS POR LA EPIDERMIS y (Nec_PDI Actualización)	
P epidérmicas (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	2,56
Nec PDI_P epidérmicas = 0,2 x Pv0,60/EfPDI	4,35
Nec_PDI no productivas	111,58
Eficacia de la síntesis proteica en lactación	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec PDI_NU endógenas	274,12
EfPDI = \sum gastos prot/PDI disponible = 0,67xEXP(-0,007x(PDI-100))	0,75
Bal EN	0,03
bal Proteína	9,21
MP producción proteínas leche	121,11
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Prote)/(PDI disponible)	0,59
NuCal = 0,79xBPR/6,25 + (PDI/6,25) x (1-EfPDI)+Nuendo + NUNPmic + 0,	0,50
SO = bVEc/UEF	0,28
S = UFLc/UFLf	1,31
PI = 0,4 + 04/(1+exp(0,15*(PDI/UFL - 100)))	0,78
d = (S - SO)/(PI-SO)	2,07
I_CI PDI = 0,91+0,115/(1+exp(0,13*(90-PDI/UFL))	1,0326

La formación de estas casillas se ha explicado en el apartado de necesidades de proteínas.

En definitiva, las restricciones para la programación, a parte de las propias de las cantidades de cada posible ingrediente que seleccionamos, son las siguientes:

UE, UFL, PDI, BPR, Ca y P. El problema está en que la mayoría de las restricciones están influidas por la dMO, EfPDI y la MSI, y éstas lo están por el **nivel de ingestión**, la **proporción de concentrado** en la ración, el **balance proteico en el rumen** (lo que en ediciones anteriores era el equilibrio entre PDIN y PDIE), y la MSI final está determinada por la **tasa de sustitución**.

En la siguiente imagen podemos ver a la derecha y arriba de todo *Análisis de datos*, Solver que sale porque nos hemos situado en la pestaña Datos. Y sobre la hoja II_Plantear Ración sale el cuadro Parámetros de Solver, donde se indica la casilla objetivo, que se calculará al mínimo, cambiando los valores de las casillas D4 a D26 que son donde están las cantidades de cada ingrediente previamente seleccionado. Y esto se debe conseguir con una serie de restricciones que están dentro del cuadro central, que ya hemos explicado. A la derecha hay diferentes mandos que sirven para añadir, cambiar o eliminar restricciones. El método que utilizamos es el GRG no lineal. Al clicar Resolver se activa el proceso de cálculo.



Al haber tantas restricciones y muchas de ellas ligadas reiterativamente, iteración tras iteración, obtener una solución resulta complicado, pero aquí interviene que el usuario sabe con qué material trabaja, y, muy a menudo, si fijamos un ingrediente forrajero (no el primero de la lista) en una cantidad mínima y máxima, podemos generar que sea más fácil obtener la ración. También es importante hacer el seguimiento de las casillas de los parámetros nutritivos para ver cuáles de ellas no cumplen los límites:

Parámetros	Mínimo	Máximo	Valor	Valor/kg MS o %
MSI (kg/día)	0,00	999,00	3,55	
%MS ración	0,00	999,00	82,84	
UEL	2,26	2,76	2,55	0,72
UFL	3,64	3,64	3,64	1,03
PDI	295,96	384,41	295,96	83,29
BPR	0,00	30,00	106,61	30,00
NI	1,96	1,96	5,08	5,08
Ca	14,67	19,05	14,67	4,13
P	8,62	11,20	11,20	3,15

EE		4,00	134,00	3,77
----	--	------	--------	------

En la hoja III_Resultado ración sale el resumen de las características de la ración calculada con las restricciones y al mínimo coste.

Explotación:	Kg leche estándar				Fecha		Aportaciones de nutrientes				Ingredientes previamente seleccionados que no entran en la ración
	3,91		1/5/2020								
INGREDIENTES	kg/vaca y día	% MF	kg/tonelada	Coste	NUTRIENTES		ANÁLISIS				
ENSILADO Maíz viridioso	0,240	5,59	55,90	0,00	MSI (kg/día)	3,55	Kg				
HENO raigrás Italiano rebrotos de espigado con hojas	2,000	46,62	466,23	0,04	MSM ración	82,24	%				
					MS forrajes	1,78	Kg	/kg MS	Necesidades		
					UEL	2,55	UE	0,72			
					UFL	3,64	UFL	1,03		En algunos ingredientes de la ración no constan los nutrientes ...	
					PDI	295,96	g	83,29			
					SPR	106,61	g	30,00		Cebada grano Colza, turtido	
					Sti	5,08	SPV	5,08			
Maíz grano	1,396	32,54	325,43	0,31	Ca	14,67	g	4,13			
Mandioca	0,422	9,83	98,31	0,25	P	11,20	g	3,15		Soja torta 48 curtido "Tame"	
Ajodón, grano	0,152	3,55	35,46	0,02	Mg	6,62	g	1,87	8,57		
					K	41,01	g	11,54	9,88	Cebada bagazo cervencera seco	
					Na	3,93	g	1,11	3,41	Na	
					S	0,01	g	0,00	5,41		
					Cl	0,03	mg	0,01	3,66	Levadura cervencera manteca de cerdo (todos los tipos)	
					Co	0,10	mg	0,03	0,76		
					Cu	3,46	mg	0,98	33,33		
					Mn	69,26	mg	19,49	127,33		
					Zn	36,45	mg	10,26	127,33	Carbonato cálcico	
					iodo	0,00	mg	0,00	46,13	Bicarbonato sódico	
					Se	0,00	mg	0,01	0,15	Cloruro potásico	
					VIT A	85,000,00	UI	23,920,23	23,452,95		
					VIT D	85,00	UI	23,92	3,553,48		
					VIT E	8,50	UI	2,39	142,14		
					JAG	102,44	g	28,83			
					HWY_PB	606,57	g	170,70			
					PDIA	111,48	g	31,37			
					dMOM	71,83	%	71,83			
					MOM	2,346,66	g	660,38			
					EE	134,00	g	3,77			
					FB	334,49	g	150,41			
					NDF	1,250,36	g	351,87			
					ADF	618,88	g	174,16			
					Lignina	92,93	g	26,15			
					Cenizas	209,20	g	58,87			
					dlto	0,46	mg	0,13			
					DT N	0,61	g	0,61			
					MOF	2,271,93	g	639,35			
					IMO	890,10					
TOTAL					4,290	100,00	1,000,00	0,63			
Modalidad de cálculo de necesidades según:											
Necesidades Cabras						Fa %	50,00	% grasa y/MS	3,77		
						Co %	50,00				
La ración genera fuerte exceso de N urinario											

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ACKER, D, CUNNINGHOAM, M. 1991. Animal Science and Industry. Fourth Edition. Prentice Hall. USA.
- ANDRIEU J, BARRIERE Y, DEMARQUILLY C. 1999. Digestibilité et valeur énergétique des ensilages de maïs: le point sur les méthodes de prévision au laboratoire. INRA Prod Anim; 12 (5): 391-396.
- AUFRÈRE J, GRAVIOU D, DEMARQUILLY C, VERITE R, MICHALET-DOREAU B, CHAPOUTOT P. 1989. Aliments concentrés pour ruminants: prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod Anim; 2 (4): 249-254.
- BAUMONT R, CHAMPICIAUX P, AGABRIEL J, ANDRIEU J, AUFRÈRE J, MICHALET-DOUREAU B, DEMARQUILLY C. 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod Anim; 12 (3): 183-194.
- BERG, RT, BUTTERFIELD, RM. 1978. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- Calvo, CA. 1978. Ovinos
- COPPOCK, CE. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. J Dairy Sci; 70: 1110-1119.
- DEMARQUILLY C, ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA Prod Anim; 5 (3): 213-221.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim; 7 (3): 177-189.
- DI MARCO, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Editado por O.N. Di Marco. Balcarce, Bs.As.
- DI MARCO, ON. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. por Asoc. Arg. de Prod. Animal. Balcarce, Bs.As.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J Dairy Sci; 72: 2942-2948.
- ENGLISH, PR, FOWLER, VR, BAXTER, S, SMITH, B. 1996. The Growing and Finishing Pig. Edit. By Farming Press.
- FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición) C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)

- FOWLER, VR. 1968. Body development and some problems of its evaluation in Growth and Development of Mammals. Butterworth, London.
- GARCÍA SACRISTÁN, A, CASTEJÓN MONTIJANO, F, DE LA CRUZ PALOMINO, LF, GONZÁLEZ GALLEGO, J, MURILLO, LÓPEZ DE SILANES, MD, SALIDO RUIZ, G. 1998. Fisiología Veterinaria. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. España.
- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Prévission de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- GÜRTLER, H, KETZ, HA, KOLB, E, SCHRÖDER, L, SEIDEL, H. 1971. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- HAMMOND, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, 322 p.
- HELMAN, Mauricio B. 1977. Ganadería tropical. El Ateneo, Bs.As., 155-170.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour las ruminantes des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. París: Serie etudes, Options méditerranéennes.
- IAMZ. 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. París: Serie B, Etudes et recherches, 4, Options méditerranéennes.
- **INRA. 1978.** Alimentation des Ruminants. París: INRA.
- **INRA. 1981.** Prévission de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévission 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. París: 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>.
- PRESCOTT, J.H.D. 1982. Crecimiento y Desarrollo de los Corderos, En: Manejo y Enfermedades de las Ovejas. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. París: INRA.
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. Nº Registre Propietat Intellectual 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 leche. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de leche; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos por a produir leche. Reus: SEA. FIT 22/83.

- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de leche a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de leche. 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'exploració de vaques de leche. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- VERDE, L. (1974). Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. AAPA Prod.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.