

*Grup de remugants "Ramon Trias"*

# Racionamiento alimentario de ovino

*Basado en INRA-2018*

Antoni Seguí Parpal  
13 de abril de 2020

## PRINCIPIOS DEL RACIONAMIENTO

La aplicación *Racionamiento ovino 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 en 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

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, múltiparas  
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 (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*)  
 $\Delta$ dMO\_BPR, es la variación en la dMO debido al balance proteico en el rumen de la ración  
 $\Delta$ dMO\_CO, es la variación en la dMO debido a la proporción de concentrados en la ración  
 $\Delta$ dMO\_NI, es la variación en la dMO debido al nivel de ingestión de la ración

## CARACTERÍSTICAS DEL RACIONAMIENTO EN OVINO

INRA-2018a sigue los mismos modelos empleados en ediciones anteriores, adaptándolos al nuevo sistema, con respecto a la depresión de la digestibilidad, debido al **nivel de ingestión (NI)**, de la **proporción de concentrados en la ración (PCO)** y al **balance proteico en el rumen (BPR)**, y a la eficacia de uso de las proteínas.

Hemos seguido los cálculo de necesidades y el planteamiento del racionamiento para ocho modalidades: Ovejas secas e inicio gestación; Reconstitución ovejas; Ovejas con corderos 50-150 g / día; Carnero, Cordero; Ovejas en gestación (6ª semana antes del parto-parto); Ovejas nodrizas 1-14 semanas después del parto; Ovejas ordeñadas; Crecimiento y engorde de corderos. Las mismas que en ediciones anteriores, adaptándolas a los cambios.

## OVEJAS LECHERAS Y LAS QUE AMAMANTAN

Las necesidades están bien documentadas, e incluso se puede seguir la curva de producción de leche, a partir de la producción en el primer control lechero (modelo exponencial); sin embargo, en la aplicación no lo tenemos en cuenta y calculamos las necesidades para una producción de leche determinada. En todo caso, aproximarse a la realidad es, en este caso, más complicado, dado el gran número de razas.

## NECESIDADES ENERGÉTICAS

$$\text{NecUFL} = \text{NecUFL}_{\text{mantenimiento}} + \text{NecUFL}_{\text{actividad}} + \text{NecUFL}_{\text{gestación}} + \text{NecUFL}_{\text{producción de leche}} + \text{NecUFL}_{\text{ganancia de peso}}$$

## MANTENIMIENTO Y ACTIVIDAD

La actividad en la práctica se resuelve con un coeficiente que se aplica a las necesidades de mantenimiento: si pastan en superficies sin mucha dificultad, en un radio de 5 km de la estabulación, el coeficiente es 1,1, si pastan en un radio superior (de 5 a 8 km) el coeficiente es 1,2. Hay una fórmula para calcular estas necesidades directamente, si sabemos la distancia horizontal de pasto (DH) y la vertical (DV) expresadas en km/día:  $NecUFL_{\text{actividad}} = Pv \times (0,62 \times DH + 6,69 \times DV)/1.760$ .

Las necesidades de mantenimiento son función del peso metabólico:  $NecUFL_{\text{mantenimiento}} = 0,0345 \times Pv^{0,75}$

Estas necesidades incluyen las necesitan de la producción de lana.

## GESTACIÓN

---

La gestación tiene una duración de 21 semanas, y las necesidades asociadas a la gestación son importantes en las últimas seis semanas, y son proporcionales al peso total del feto al nacimiento.

$$NecUFL_{\text{gestación}} = -0,0145 \times sem_{\text{antes parto}} \times Pv_{\text{parto}} + 0,0896 \times Pv_{\text{parto}} - 0,0096 \times sem_{\text{antes parto}} + 0,0751$$

Sem<sub>antes parto</sub> (de 6 a 1 semanas antes del parto)

Pv<sub>parto</sub> peso vivo al nacimiento (cordero o corderos)

Al principio de la gestación si la condición corporal es muy baja (menos de 3) se recomienda aportar un complemento energético; sabiendo que 1 punto de CC corresponde a un crecimiento del 13% de Pv y de 28 UFL, las necesidades para una ganancia diaria de 100 g/día serán de 0,28 UFL/día.

## LACTACIÓN

---

Para las ovejas lactantes:

$$NecUFL_{PI} = -0,0274 \times GMD_{\text{corderos}} \times t_{\text{parto}} - 0,0007 \times t_{\text{parto}} + 3,66 \times GMD_{\text{corderos}} + 0,0602$$

Estas necesidades son para el período de 1 a 14 primeras semanas después del parto, y  $t_{\text{parto}}$  son los días; por ejemplo en la 4ª semana  $t_{\text{parto}} = 4 \times 7 = 28$  días. GMD en kg/día;  $t_{\text{parto}}$  sería lo mismo que decir  $t_{\text{lactación}}$

Para ovejas ordeñadas:

$$NecUFL_{PI} = 0,686 \times PI \times (0,0071 \times tg + 0,0043 \times tp + 0,2224)$$

tg i tp, tasas de grasa y proteína en g/l. La leche estándar tiene 76 g/l de grasa y 55 g/l de proteína.

## CRECIMIENTO

---

En general, las ovejas se ponen a la reproducción cuando todavía no han alcanzado el peso adulto, por lo que durante los primeros 100 días de gestación se debe permitirles un crecimiento de 100 g/día, que representaría una aportación de 0,28 UFL/día.

$$NecUFL_{\text{ganancia}} = 0,28 \times GMD/100.$$

## 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

---

Les necessitats proteiques no productives són les següents:

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

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

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

MOND, es la materia orgánica no digestible.

Para los cálculos previos de las necesidades INRA-2018 la referencia es una ración de heno de alfalfa de buena calidad (915 g MO/kg MS, dMO de 0,56, 87 g PDI/kg MS y 1,23 UEM/kg MS) distribuido *ad libitum*, y el valor de la eficacia PDI igual a 0,58 para ovejas y 0,50 para crecimiento y engorde (*EfPDI*).

## PRODUCTIVAS

---

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

$$\text{NecPDI\_lana} = 0,22 \times \text{Pv}^{0,75} / \text{EfPDI}$$

$$\text{NecPDI\_gestación} = (- 1,28 \times \text{sem}_{\text{antes parto}} \times \text{Pv}_{\text{parto}} + 12,6 \times \text{Pv}_{\text{parto}} - 3,41 \times \text{sem}_{\text{antes parto}} + 17,6) \times 0,56 / \text{EfPDI}$$

Para las ovejas lactantes (que amamantan):

$$\text{NecPDI\_PI} = (- 3,22 \times \text{GMD}_{\text{corderos}} \times t_{\text{parto}} - 0,018 \times t_{\text{parto}} + 420 \times \text{GMD}_{\text{corderos}} + 4,64) \times 0,58 / \text{EfPDI}$$

Estas necesidades son para el período de 1 a 14 primeras semanas después del parto, y  $t_{\text{parto}}$  son los días; por ejemplo en la 4ª semana  $t_{\text{parto}} = 4 \times 7 = 28$  días. GMD en kg/día

Para las ovejas ordeñadas:

$$\text{NecPDI\_PI} = \text{PI} \times \text{tp} / \text{EfPDI}$$

tp, taxa de proteïna en g/l.

Las necesidades de crecimiento, como en el caso de la energía, las ovejas se ponen a la reproducción cuando todavía no han alcanzado el peso adulto, por lo que durante los primeros 100 días de gestación se debe permitirles un crecimiento de 100 g/día, que representaría una aportación de 0,13 g/día.

$$\text{NecPDI\_ganancia} = 0,130 \times \text{GMD} / \text{EfPDI}$$

GMD en g/día. Si *EfPDI* = 0,58 las necesidades de crecimiento son de 22 g PDI per a GMD = 100 g/día.

---

## RESERVAS CORPORALES

Las reservas corporales comienzan a emplearse en el último mes de gestación y continúan durante los dos primeros meses de lactación; este periodo después del parto corresponde también al tiempo de lactancia en el caso de ovejas de razas cárnicas. En el caso de ovejas de leche este periodo correspondería al final del primer mes de ordeño.

Las recomendaciones sobre la condición corporal (de 0 a 5) son que al final de la gestación tengan entre 3 y 3,5, y que hasta el destete no bajen más de un punto o punto y medio, o sea que lleguen entre 2,5 y 2.

En el posparto la pérdida de un punto de CC después de seis semanas de lactación equivale a un total de 28 UFL, en una oveja de 65 kg. Esto permite un ahorro del 15% de energía dada la reducción de la ingestión en el posparto. Por lo tanto, una oveja puede ahorrar 0,67 UFL/día.

Después del destete deberán reconstituir las reservas paulatinamente. Reconstituir 1 CC equivale a un aumento de peso del 13% y en 0,33 UFL por 100 g GMD.

$$UFL\_VRC = - 0,43 \times Pv \times \Delta CC / t_{reconstitución}$$

Si en el posparto pierde 1 CC, en dos meses deberá recuperar:  $UFL\_VRC = - 0,43 \times 65 \times 1/60 = 0,465$  UFL. Y, con respecto a la PDI, deberá recuperar  $PDI\_VRC = 33 \times 0,465 = 15$  g PDI/día.

## CAPACIDAD DE INGESTIÓN Y TASA DE SUSTITUCIÓN

La CI en **ovejas secas o en el inicio de la gestación** depende del Pv i de la CC

$$CI = (0,100 - 0,010 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

Si añadimos concentrado a la ración se dejará de ingerir una parte del forraje que como único alimento *ad libitum* le correspondería, que es precisamente la tasa de sustitución Sg, igual a **1,43 – 0,65 x UEf**.

En el caso de **ovejas ordeñadas y nodrizas al final de gestación (seis últimas semanas)** la CI es la siguiente:

$$CI_{gestación} = (0,100 - 0,010 \times CC) \times Pv^{0,75} + 0,0503 \times Pv_{parto} - 0,152 \times N_{corderos} - 0,272$$

$Pv_{parto}$  es el peso del o de los corderos al parto, y  $N_{corderos}$  el número de corderos.

$$\text{En este caso la } Sg = (0,030 \times sem_{antes\ parto} - 1,402) \times UEf^2 + (- 0,048 \times sem_{antes\ parto} + 2,294) \times UEf.$$

En las **ovejas nodrizas al inicio de la lactación** calcular la CI es bastante más complicado, y se hace a partir de la CI entre la 4ª y la 6ª semana de lactación, como punto de referencia:

$$CI_{(4-6)} = 3,0 \times GMD_{corderos} + (0,1 - 0,01 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

$GMD_{corderos}$  es la ganancia de peso medio del periodo entre los 10 y 30 días después del parto, en kg/día.

$$CI_{(1-3)} = 0,8 \times CI_{(4-6)}$$

$$Sg_{(4-6)} = - 1,6 \times UEf + 2,9$$

$$Sg_{(1-3)} = 0,8 \times Sg_{(4-6)} + c$$

$$c = (MSIf - 2,573) \times (0,3572 \times MSIf^{-0,986}) + 0,202$$

MSIf, materia seca ingerida de forraje; MSIfc materia seca ingerida de concentrado, en kg/día.

Para las semanas posteriores a la 6ª, y hasta la 20ª:

$$CI_{(7-20)} = -0,027 \times t_{parto} \times GMD_{corderos} + 3,244 \times GMD_{corderos} - 0,001 \times t_{parto} + (0,1 - 0,01 \times CC) \times Pv^{0,75}$$

$$Sg_{(7-20)} = - 0,82 \times UEf^2 + 1,654 \times UEf - 0,043$$

Para **ovejas ordeñadas**

$$CI = 0,754 \times PI + 0,0255 \times Pv$$

$$Sg = 0,958 - 0,374 \times UEf$$

## NECESIDADES EN MINERALES Y VITAMINAS

UI/kg MST	Secas, inicio gestación Reconstitución, con corderos 50-150 g/día	Cordero	Gestación (período 6 semanas antes del parto)	Lactantes ( 1-14 sem); Ordeñadas	Crecimiento engorde de corderos
Vit A	2700	2000	3300	2400	1200
Vit D	500	500	500	500	500
Vit E	15	15	15	15	15

		Ovinos	
P <sub>abs</sub> , g/d	Mantenimiento	0,905 x MSI + 0,3 + 0,002 x Pv	
	Crecimiento, por kg de Δ	1,2 + 3,19 x Pv <sub>adulto</sub> <sup>0,28</sup> x Pv <sup>-0,28</sup>	
	Gestación (último tercio)	0,40 (un feto) 0,90 (>1)	
	Lactación, por l leche	1,5	
Ca <sub>abs</sub> , g/d	Mantenimiento para el crecimiento	0,67 x MSI + 0,01 x Pv	
	Mantenimiento per a la gestación, sin lactación	0,015 x Pv	
	Mantenimiento para la lactación	0,67 x MSI + 0,01 x Pv	
	Crecimiento, por kg de Δ	6,75 x Pv <sub>adulto</sub> <sup>0,28</sup> x Pv <sup>-0,28</sup>	
	Gestación (último tercio)	0,70 (un feto) 1,50 (>1)	
	Lactación, por l leche	1,9	
	Mg <sub>abs</sub> , g/d	Mantenimiento	0,014 x Pv
		Crecimiento, por kg de Δ	0,4
Gestación (último tercio)		0,03	
Lactación, por l leche		0,18	
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)	0,2	
Na, g/d	Lactación, por l leche	1,4	
	Mantenimiento para el crecimiento y la gestación	0,015 x Pv	
	Mantenimiento para la lactación	0,023 x Pv	
	Crecimiento, por kg de Δ	0,9	



	Gestación (último tercio)	0,3
	Lactación, por l leche	0,45
Cl, g/d	Mantenimiento para el crecimiento y la gestación	0,023 x Pv
	Mantenimiento per a la lactación	0,035 x Pv
	Crecimiento, por kg de Δ	0,7
	Gestación (último tercio)	0,4
	Lactación, por l leche	0,15
S, g/d		2 x MSI
	Si producción de lana	2,7 x MSI
Co, mg/d		0,3 x MSI
Cu, mg/d		10 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

## CORDEROS CRECIMIENTO Y ENGORDE

Hay muchos sistemas de engorde. En la aplicación hemos seguido INRA-2018.

$$\text{NecUFV/Pv} = 0,01802 + 0,00205 \times \text{GMD/Pv}$$

Las necesidades UFV siguen los anteriores modelos INRA.

Las necesidades proteicas, no productivas y productivas, se adaptan a lo siguiente:

Las no productivas: 1,56 g PDI/kg Pv

Las productivas se refieren a la GMD y se expresan así:  $\text{NecPDI}_{\text{ganancia}} = 0,141 \times \text{GMD}/\text{EfPDI}$ .

EfPDI, para el cálculo previo de las necesidades, es de 0,50.

## BASES DEL RACIONAMIENTO

Primero calculamos las necesidades del ovino en lactación, en crecimiento o en engorde o en cualquier otro estado fisiológico (UFV o UFL, PDI, Ca y P) y la capacidad de ingestión en UEM. 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 en la aplicación trataremos dos temas importantes para 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 intenta cuantificar los principales factores que dan lugar a las interacciones digestivas. La dMO es el mejor criterio para conocer las interacciones.

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

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

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

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

La  $\text{MNT}_{(\text{no amoniacal}) \text{ duodeno}}$  son la MNT alimentaria no degradada más la MNT microbiana más la MNT endógena.

**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 al 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 para integrar los efectos cuantitativos de las interacciones energía y nitrógeno en los procesos digestivos, así como el crecimiento microbiano. También se emplea para predecir las pérdidas urinarias de N.

## EFFECTO DEL NIVEL DE INGESTIÓN EN LAS INTERACCIONES DIGESTIVAS

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

Cada ingrediente forrajero tiene un valor  $\text{NI}_{\text{ref}}$  en las tablas y todos los concentrados tienen  $\text{NI}_{\text{ref}} = 2$ . La ración (combinación de forrajes y concentrados) tendrá un valor  $\text{NI}_{\text{ref}}$  igual a suma producto de las cantidades y los  $\text{NI}_{\text{ref}}$ . Por ejemplo,  $\text{NI}_{\text{ref}} = 1,78$ . La oveja en lactación, peso vivo 60 kg y CC = 3,00, en la

semana 20 de lactación, con una producción de 2,50 litros del 5,5% de grasa y 4,6% de proteína, suponiendo que en el posparto pierde 0,5 puntos de CC ingiere de la ración calculada 3,24 kg MS, por tanto  $NI = 3,24 \times 100/60 = 5,39\%$ , como podemos ver hay diferencia apreciable, por lo tanto el NI afectará la dMO de la ración:

$\Delta dMO_{NI} = -2,74 \times (NI - NI_{ref})/100 = -2,74 \times (5,39 - 1,78)/100 = -0,098914$  valor que resta a la dMO de la ración

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

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

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

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

El balance proteico en el rumen:

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

1. La  $MNT_{ingerida}$  es un valor que se obtiene de los cálculos de la ración, y en el ejemplo es igual a **109,95**
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 **0,71**.

$$MN_{alim\_duodeno} = 31,92$$

3.  $MN_{microbiana\_intestino} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times MORd\_rumen + 8,40 \times PCO$ 
  - a.  $MORd\_rumen$ , es la materia orgánica digestible en el rumen, o sea la MOF, la materia orgánica fermentescible, y es un valor que se obtiene de la composición de la ración, ya que cada ingrediente tiene su valor MOF, y en nuestro caso es igual a **465,29**

$$MN_{microbiana\_intestinal} = 41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times 465,29 + 8,40 \times 0,40 = 78,51$$

4.  $MN_{endogena}$  se considera un valor fijo igual a **14,20**
5.  $BPR = 109,95 - (31,92 + 78,51 + 14,20) = -14,69$

El BPR calculado en la ración (cada ingrediente está caracterizado por su valor BPR) en nuestro caso es igual a **-2,47** ( $BPR_{ref}$ ).

La interacción de la BPR sobre la dMO:  $\Delta dMO_{BPR} = -0,060 \times (BPR - BPR_{ref})/100 = -0,060 \times (-14,69 - (-2,47))/100 = -0,0073$

Las tres interacciones serán  **$-0,098914 - 0,04 - 0,0073 = -0,146214$**

Este valor hará que la digestibilidad de la MO corregida por las interacciones  $dMO_c = dMO + (\Delta dMO_{NI} + \Delta dMO_{CO} + \Delta dMO_{BPR}) = 0,66 - 0,1462 = 0,51$

La dMO calculada de la ración es de 0,66.

La ración inicialmente tiene una dMO de 0,66, pero al final, después de las iteraciones resulta de 0,51.

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 dMOc 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 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  $PDI_{ing} = 215,70$  g

$$NecPDI_{PU_{endo}} = 0,312 \times Pv = 0,312 \times 60 = 18,72 \text{ g}$$

$$PDI_{disp} = 215,70 - 18,72 = 196,98 \text{ g.}$$

$L'EfPDI$  es igual a **gastos proteicos/PDI<sub>disp</sub>**.

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

### 1. Método A

a) Primero se debe calcular el balance energético de la ración (balUFL), que es igual a las aportaciones UFL de la ración menos las necesidades UFL calculadas: en el ejemplo,

$$balUFL = 2,64 - 2,13 = 0,50 \text{ UFL}$$

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:

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

$PEF = 5,7 + 0,0074 \times \text{MOND}$ ; MOND, materia orgánica no digestible, igual a  $(MO - \text{MODc})$ ; MODc es la MOF corregida por las interacciones (NI, PCO y BPR). MO la sacamos directamente de los cálculos ( $MO = 937,96$ ), la MODc es la MOF (directamente de los cálculos) corregida por dMOc,  $MO - \text{MOND} = 937,96 - 477,82 \times dMOc/DMO = 937,96 - 477,82 \times 0,53/0,66 = 554,256$  g, y **PEF** =  $5,7 + 0,074 \times 554,26 = 46,71$  g PDI

$$P_{epidérmicas} = 0,2 \text{ g PDI/kg Pv}^{0,60} = 0,2 \times 60^{0,60} = 2,33 \text{ g PDI}$$

$$\text{Proteína de la leche} = 115,00 \text{ g PDI (producción} \times \text{tasa proteína)}$$

$$balPDI = \text{Aportaciones PDI} - \text{Necesidades calculadas} = 215,70 - 281,26 = -65,56 \text{ g PDI}$$

$$PDI_{disp} = 196,98 \text{ g PDI}$$

$$EfPDI = (46,71 + 2,33 + 115,00 - 65,56)/196,98 = 0,50.$$

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

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

## 2. Método B.

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

$EfPDI = EfPDI_{100} \times \exp^{-b \times (PDI - 100)}$ , donde  $EfPDI_{100}$  es la eficacia cuando la PDI de la ración es de 100 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:

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

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 ( $NecPDI_{PEF} = MSI \times (5 \times (0,57 + 0,0074 \times MONDc)) / EfPDI$ ), y lo hemos hecho considerando, como ya hemos apuntado, la referencia es una ración de heno de alfalfa de buena calidad (915 g MO/kg MS, dMO de 0,56, 87 g PDI/kg MS y 1,23 UEM/kg MS) distribuido *ad libitum*, y el valor de la eficacia PDI igual a 0,58 ( $EfPDI$  en ovejas) o 0,50 ( $EfPDI$  en engorde).

En la formación de proteínas productivas y no productivas (excepto las endógenas fecales) se considera para el cálculo de necesidades  $EfPDI$  0,58. 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:

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

De hecho, en 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 0,58 (ejemplo) y se divide por  $EfPDI$  de la ración, que se obtiene iterativamente.

En el caso de corderos en crecimiento y engorde  $EfPDI = 0,50$ .

## BPR, BALANCE PROTEICO EN EL RUMEN

En la aplicación hemos optado por que el cálculo del  $BPR_{ref}$  se encuentre entre dos valores -8 y 10.

$$-8 \leq \sum_i X_i \times BPR_{refi} \leq 10$$

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.

## LA APLICACIÓN RACIONAMIENTO OVINO GR 2020

La aplicación Racionamiento ovino 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 tres hojas auxiliares de cálculos: NR, CálculosOVINO 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	PD	BPR	UEL	UEB	UEM	Nlref	dMO	MOD	EE	FB	NDF	ADF	Cenizas	Ca	P	Mg	Cl	K	Na	S	Co	Cu	Mn	Zn	Fe	Mo	Se	Al	VIA	VIE	VEE	ADL	dt_N	HF	MOD				
MSDF (alimento forrajero tipo verde / ensilado)	24.00	0.00	0.00	100	37	44	13	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	41	170	511	240	141	0.20	0.30																								
MSDF (alimento forrajero tipo concentrado)	14.00	0.00	0.00	100	4	48	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41	170	443	201	101	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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 consta de una selección del tipo de ovino:

<b>Ovejas secas e inicio gestación</b>
<b>Reconstitución ovejas</b>
<b>Ovejas con corderos 50-150 g/día</b>
<b>Cordero</b>
<b>Ovejas en gestación (6ª semana antes del parto -parto)</b>
<b>Ovejas nodrizas 1-14 semanas después del parto</b>
<b>Ovejas ordeñadas</b>
<b>Crecimiento y engorde de corderos</b>

La hoja tiene la siguiente forma, con indicaciones sobre los valores normales de cada casilla donde deben entrar los datos:

Cálculo de necesidades: iniciar introducción de datos		
Elegir tipo de animal		
Ovejas ordeñadas		
Peso vivo	60,00	Valores normales entre 40 y 80
CC	3,00	Valores normales entre 2 y 4,5
Semanas posparto/lactación	20,00	De 1 a 35
PI producción leche litros o kg	2,50	
tg %, tasa grasa	55,00	
tp %, tasa proteína	46,00	
Pérdida puntos CC desde el parto hasta 6ª semana	0,50	0,5 a 1
Ovejas ordeñadas		
I <sub>nota</sub>	0,00	
Necesidades o recomendaciones UFL	2,13	
Necesidades o recomendaciones PDI	281,26	
CI	3,26	
Nec Ca	16,05	
Nec P	9,70	
Mg (g)	45,41	
K (g)	9,74	
Na (g)	2,29	
S (g)	5,31	
Cl (g)	2,40	
Co (mg)	0,80	
Cu (mg)	26,54	
Mn (mg)	132,69	
Zn (mg)	132,69	
I (mg)	1,72	
Se (mg)	0,30	
Mo (mg)	1,33	
Vit A (UI)/kg MST	2400,00	
Vit D (UI)/kg MST	500,00	
Vit E (UI)/kg MST	15,00	
Datos complementarios para el racionamiento		
Límite tolerancia cálculo (%)	13	
MS forrajera % mínimo	50,00	
Sistema manejo		Estabulación

La entrada de datos se hará con cierto criterio para no obtener resultados poco acordes con el tipo de ovino.

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. También elegiremos el sistema de manejo, que hará cambiar las necesidades energéticas.

## 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 DE ELLOS, NOS HEIMOS DE ASEGURAR QUE LA HOJA DE CÁLCULO TENGA SOLVER ACTIVADO														
Iniciar cálculos kg fresco a 0	Límites de		Cálculos			Precio Ingrediente														
	kg mín	kg máx	kg fresco	kg MS	f fresco ratio	€/kg fresco														
MSI (MS) MMS (MS)	0,00	100,00	0,79	0,25	18,64	0,00	kg fresco total	4,22	75,87 %MS											
PLU (L) F (MS) MMS (MS)	0,00	5,00	2,11	1,80	50,14	0,00	kg forraje fresco total	2,90												
PLU (L) MMS (MS)	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg concentrado fresco total	1,32	1,59 UE/kg MS											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Aportaciones totales UEM	3,26												
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg MS total	3,26	2,85	0,55										
	0,00	10,00	1,16	1,01	27,39	0,00	kg MS total forraje	2,05												
	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg MS total concentrado	1,15												
	0,00	2,00	0,14	0,12	3,37	0,23	% MS forrajera en la ración	64,04	límite tolerancia cálculo (%) 13 MS forrajera % mínima 50											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	PCO	0,36	Auxiliar cálculo Sg Ovejas con contenido 50-100 gMS											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	Relación UFL/UEM forraje	0,42	Ovejas con contenido 1-24 amonías (después del parto)											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	Tasa de sustitución global Sg	0,00	Ovejas ordeñadas											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	Producción de leche	2,03	Ovejas no ordeñadas 1-24 amonías (después del parto)											
	0,00	0,01	0,01	0,01	0,24	0,22	VALOR FUNCIÓN OBJETIVO €/ración	0,078	Ovejas ordeñadas											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	COSTE PARTE FORRAJERA	0,029	Embarde											
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	COSTE PARTE CONCENTRADA	0,049												
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	Parámetros nutricionales, límites, valores finales													
	0,00	2,00	0,01	0,01	0,23	0,29	MSI (kg/día)	0,00	999,00	3,20	Valor/kg MS o % En algunos ingredientes de la ración no constantes									
	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,07	%MS ratio	0,00	999,00	75,87										
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	UEM	2,28	3,26	3,26	1,02									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UFL	2,64	2,64	2,64	0,82									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	PDI	176,76	530,28	215,70	67,43									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	BPR	8,00	10,00	8,00	2,34									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NE	1,75	1,75	5,35	5,35									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ca	14,04	18,05	14,04	4,39									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	P	8,49	10,91	10,91	3,41									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Cl	3,26	39,73	51,08	3,94									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	UPL	2,15	8,52	10,95	6,07									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	PDI	281,26	2,01	2,58	0,61									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NePDI Pléjido	18,72	5	4,84	0,01									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	PDI - NePDI Pléjido	262,54	2,10	2,70	0,05									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	EPDI	0,58	0,70	0,90	0,15									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Cu	23,22	29,85	6,25	1,95									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Mn	116,10	149,27	96,84	30,27									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Zn	116,10	149,27	31,34	9,80									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Iodo	1,51	1,94	0,00	0,00									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Se	0,27	0,34	0,04	0,01									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VIT A	2.100,00	2.700,00	80.874,72	28.407,38									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VIT D	437,50	562,50	89,85	28,09									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VIT E	13,13	16,88	35,98	11,25									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AG			18,52	18,52									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MNT-PB			350,48	109,56									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	POIA			81,13	81,13									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	dMO			0,53	0,53									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MOD			1.968,83	615,46									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	EE			88,41	2,76									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	FB			784,10	245,11									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NDF			1574,81	492,28									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ADF			865,82	270,66									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ugüina			19,74	6,17									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Cenizas			201,59	63,02									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Mo			1,16	1,49									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	DTF-N				0,72									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MOF			1.528,63	477,82									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MO			3.000,51	937,96									
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	PDI/UFL			81,83										

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 para poner a cero.

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. Para 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 del *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 en 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 €/ración	0,078
---------------------------------	-------

Y la función objetivo es  $\sum_4^{26} X(i) \times Precio(i)$ ; 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 ya hemos explicado.

Parámetros nutritivos, límites, valores finales					
Parámetros	Mínimo	Máximo	Valor	Valor/kg MS o %	En algunos ingredientes de la ración no constan
MSI (kg/día)	0,00	999,00	3,20		
%MS ración	0,00	999,00	75,87		
UEM	2,28	3,26	3,26	1,02	
UFL	2,64	2,64	2,64	0,82	
PDI	176,76	530,28	215,70	67,43	
BPR	-8,00	10,00	-8,00	-2,50	
NI	1,75	1,75	5,33	5,33	
Ca	14,04	18,05	14,04	4,39	
P	8,49	10,91	10,91	3,41	
Mg	39,73	51,08	3,34	1,05	
K	8,52	10,95	8,07	2,52	
Na	2,01	2,58	0,61	0,19	
S	4,64	5,97	0,01	0,00	
Cl	2,10	2,70	0,05	0,01	
Co	0,70	0,90	0,15	0,05	
Cu	23,22	29,85	6,25	1,95	
Mn	116,10	149,27	96,84	30,27	
Zn	116,10	149,27	31,34	9,80	
Iodo	1,51	1,94	0,00	0,00	
Se	0,27	0,34	0,04	0,01	
Vit A	2.100,00	2.700,00	90.874,72	28.407,38	
Vit D	437,50	562,50	89,85	28,09	
Vit E	13,13	16,88	35,98	11,25	
AG			18,52	18,52	
MNT_PB			350,48	109,56	
PDIA			81,13	81,13	
dMO		0,53	0,66	0,21	
MOD			1.968,83	615,46	
EE			88,41	2,76	
FB			784,10	245,11	
NDF			1574,81	492,28	
ADF			865,82	270,66	
Lignina			19,74	6,17	
Cenizas			201,59	63,02	
Mo	1,16	1,49	0,73	0,23	
DT_N			0,72	0,72	
MOF			1.528,53	477,82	
MO			3.000,51	937,96	
PDI/UFL			81,83		

Por ejemplo la fila UEM:

UEM	2,28	3,26	3,26	1,02
-----	------	------	------	------

La casilla mínimo (en este caso 2,28) 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 3,26) de la UEM es el cálculo de la capacidad de ingestión.

La casilla Valor (en este caso 3,26) de la fila UEM es la de mayor dificultad. Son las aportaciones de UEM que se van calculando, pero no sólo por suma producto de cantidades de ingredientes por el contenido UEM de cada uno de ellos, sino por la variación que supone en el total de UEM 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, 1,02

La restricción del *Solver* es que *Valor* (3,26 en el ejemplo) esté entre los límites. Y así con el resto de casillas (UFL o UFV, PDI, BPR, Ca y P).

La formación de la restricción UFV o UFL:

UFL	2,64	2,64	2,64	0,82
-----	------	------	------	------

Al igual que con las casillas de la UEM, el mínimo se forma a partir de las necesidades calculadas en la hoja I\_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 a 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, el cambio debido la proporción de concentrados y, por último, el cambio debido al balance proteico en el rumen:

<b>Efecte NI</b>	
Niref	1,75
NI % PV	5,33
dMOm	61,391
<b>Δ dMO_NI</b>	-0,0981
<b>Efecte %Co (PCO)</b>	
PCO	0,36
<b>Δ dMO_CO</b>	-0,03
<b>Efecte balanç proteic rumen</b>	
MNT ingerida	109,56
MOrD o MOF	477,82
MNrD_rumen (MNF) fermentades rumen	79,02
MN alim_duodè (PIA) no ferm a rumen	30,54
MN microbiana Intestí ( $41,7 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOrD\_rumen} + 8,40 \times \text{PCO}$ )	79,08
MN endogena	14,20
BPR ració	-14,26
BPR ref	-2,50
<b>Δ dMO_BPR</b>	0,007
<b>Σ dMO x PMO, dMO x ingredient a la ració</b>	0,66
<b>Efecte total interaccions</b>	0,53

En las dos últimas casillas podemos ver los resultados: en el ejemplo, la suma producto de las cantidades de cada ingrediente seleccionado y que, definitivamente, entran en la ración es la dMO teórica (0,66), y la dMOc, corregida es la que suma los efectos (NI, PCO y BPR) igual, en este caso, a 0,53. 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 UFV o UFL que en las casillas mínimo y máximo es igual a las necesidades calculadas multiplicadas por la relación entre dMO, la que estimando por suma producto y la que se va generando debido a las iteraciones sucesivas: (valor de  $\Sigma \text{ DMO} \times \text{PMO}$  / valor Efecto total interacciones). Por lo tanto, a las necesidades UFV o UFL multiplicamos el cálculo de necesidades para la relación dMO calculada/dMO corregida (en el ejemplo 0,66/0,53).

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 se tengan que calcular sobre la marcha.

PDI	176,76	530,28	215,70	67,43
-----	--------	--------	--------	-------

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:

Datos orientativos		
Ovejas ordeñadas		
	CI	3,26
	UFL	2,13
	PDI	281,26
	NecPDI_PUendo	18,72
	PDI - NecPDI_PUendo	262,54
	EfPDI	0,58

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 heno de alfalfa (ver antes), y para una eficacia  $EfPDI = 0,58$ .

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 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 (281,26) le restamos las NecPDI\_PU<sub>endo</sub> (18,72) 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 262,54.

Por lo tanto en las casillas mínimo y máximo, el valor 262,54 irá multiplicado por la relación de eficiencias (0,58/EfPDI), y, como ya hemos dicho, se sumará el valor NecPDI\_PEF afectado por  $EfPDI$ , en función de la desviación entre MSI y MSI<sub>calculada</sub> 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:

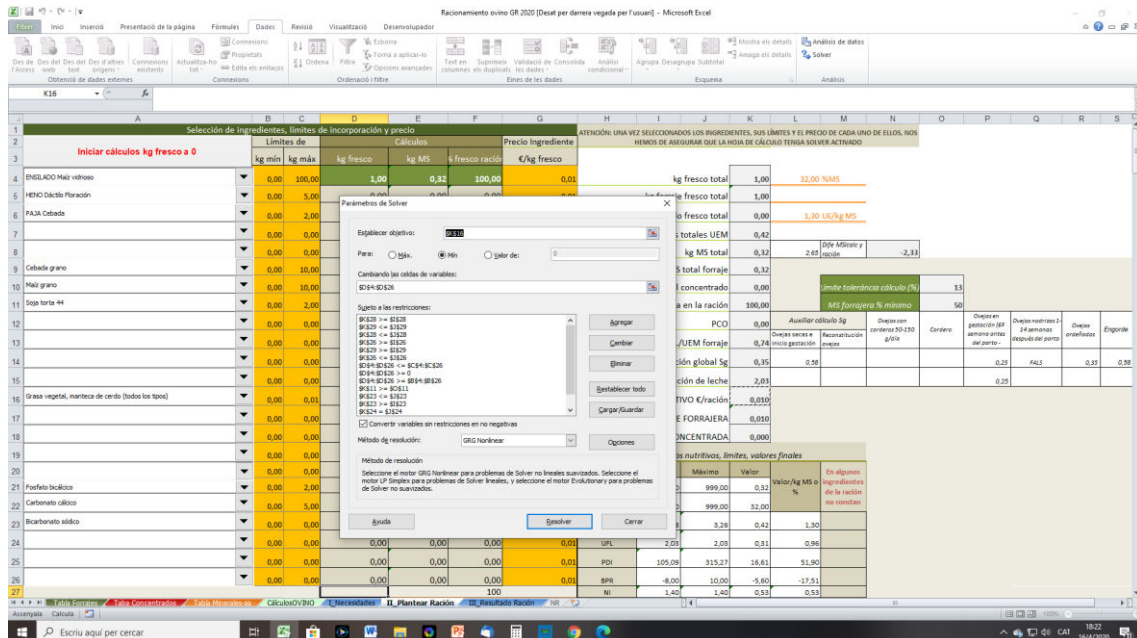
MODc_rumen (MOF corregida)	386,86
PANDI	5,89
dr	0,81
PDI	24,65
MN microbianes_duodè (corregida)	74,47
PDI = PDI + MN microbianes_duodè x 0,8 x 0,8	72,31
<b>flux de N duodenal endogen (Actualització)</b>	
MOND = MO - MODc_rumen	551,09
N duodenal endo, g MNT/kg MSI = 14,2 x MSI	45,43
<b>PÈRDUES FECALS ENDÒGENES (PEF) i (NEC_PDI Actualització)</b>	
MNND = 0,163 x MNalim_duodè + 0,20 x MNmic_duodè + 5,7 + 0,074 x MOND	66,35
PEF (proteïnes endògenes fecals) = 5,7 + 0,074 x MOND	46,48
Nec PDI_PEF = MSI x [0,5 x (5,7 + 0,074 x MOND)] / EfPDI	149,04
<b>PÈRDUES ENDÒGENES URINÀRIES i (NEC_PDI Actualització)</b>	
log10 NU (N urinari g/dia) log10 NU = -1,17 + 1,00 x log10 Pv	0,61
NU	4,06
NUNP microbià/NU = 0,3325/(1 + (NU/0,203))	0,02
NU endo	3,00
Nec PDI_NU endo	18,72
<b>PÈRDUES NITROGENADES PER L'EPIDERMIS i (Nec_PDI Actualització)</b>	
P epidèrmiques (0,2 g PDI/kg Pv0,60)	2,33
Nec PDI_P epidèrmiques = 0,2 x Pv0,60/EfPDI	4,68
Nec_PDI no productives	172,44
<b>Eficàcia de la síntesi proteica en lactació</b>	
PDI disponible = PDI ingerida - Nec_PDI_NU endògenes	196,98
EfPDI = $\sum$ despeses prot/PDI disponible = 0,67 x EXP(-0,007 x (PDI-100))	0,84
Bal EN	0,50
bal Proteïna	-65,55
Guany Proteïna	115,00
EfPDI = (PEF + P epid + MP + bal Prote)/PDI disponible	0,50

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, UFV o UFL, PDI, BPR, Ca y P. El problema está en que la mayoría de estas 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. El comando *Resolver* 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
MSI (kg/dia)	0,00	999,00	0,32
%MS ración	0,00	999,00	32,00
UEM	2,28	3,26	0,42
UFL	2,03	2,03	0,31
PDI	105,09	315,27	16,61
BPR	-8,00	10,00	-5,60
NI	1,40	1,40	0,53
Ca	14,04	18,05	0,99
P	8,49	10,91	0,74

En la hoja III\_Resultado de la ración se encuentra el resumen del resultado de la ración.

Explotación:		Fecha 17/4/2020					
Ovejas ordeñadas							
Peso vivo	60,00						
CC	3,00						
	250,00						
		Pl producción leche litros o kg	2,50				
Semanas posparto/lactación	20,00	tg %, tasa grasa	55,00				
		tp %, tasa proteína	46,00				
		Pérdida puntos CC desde el parto hasta 6ª semana	0,50				
Aportaciones de nutrientes							
INGREDIENTES	kg/día	% MF	kg/tonelada	COSTE	NUTRIENTES	ANÁLISIS	
ENSILADO Maíz vidrioso	0,786	18,64	186,36	0,01	MSI (kg/día)	3,20	Kg
HENO Dáctilo Floración	2,114	50,14	501,40	0,02	%MS ración	75,87	%
					MS forrajes	2,05	Kg
					UEM	3,26	UE
					UFL	2,64	UFL
Cebada grano	1,155	27,39	273,92	0,01	PDI	215,70	g
					BPR	-8,00	g
Soja torta 44	0,142	3,37	33,67	0,03	Ca	5,33	g
					P	14,04	g
					Mg	10,91	g
					K	3,34	g
					Na	8,07	g
Grasa vegetal, manteca de ce	0,010	0,24	2,37	0,00	S	0,61	g
					Cl	0,01	g
					Fe	0,05	mg
					Co	0,15	mg
					Cu	6,25	mg
Fosfato bicálcico	0,010	0,23	2,27	0,00	Mn	96,84	mg
					Zn	31,34	mg
					Iodo	0,00	mg
					Se	0,04	mg
					Vit A	90.874,72	UI
					Vit D	89,85	UI
					Vit E	35,98	UI
<b>TOTAL</b>	<b>4,217</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>0,08</b>	AG	18,52	%
					DT_N	350,48	%
					PF	81,13	%
					MNT_PB	0,02	%
					PDIA	1.968,83	g
					NI ref	88,41	%
					dMO	784,10	g
					MOD	1.574,81	g
					EE	865,82	g
					FB	19,74	g
					NDF	201,59	g
					ADF	0,73	g
					Lignina	0,72	g
					Cenizas	1.528,53	g
					Mo	3.000,51	g
	F %	64,04	% grasa s/MS	2,76			
	C %	0,36					

En algunos ingredientes de la ración no constan

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

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

- BAUMONT R, CHAMPCIAUX P, AGABRIEL J, ANDRIEU J, AUFRÈRE J, MICHALET-DOUREAU B, DEMARQUILLY C. 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants: PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod Anim; 12 (3): 183-194.
- BERG, RT, BUTTERFIELD, RM. 1978. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- Calvo, CA. 1978. Ovinos
- COPPOCK, CE. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. J Dairy Sci; 70: 1110-1119.
- DEMARQUILLY C, ANDRIEU J. 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA Prod Anim; 5 (3): 213-221.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim; 7 (3): 177-189.
- DI MARCO, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Editado por O.N. Di Marco. Balcarce, Bs.As.
- DI MARCO, ON. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. por Asoc. Arg. de Prod. Animal. Balcarce, Bs.As.
- DOWKER, JD. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J Dairy Sci; 72: 2942-2948.
- ENGLISH, PR, FOWLER, VR, BAXTER, S, SMITH, B. 1996. The Growing and Finishing Pig. Edit. By Farming Press.
- FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición) C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2003. Madrid, España. 423. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>)
- FOWLER, VR. 1968. Body development and some problems of its evaluation in Growth and Development of Mammals. Butterworth, London.
- GARCÍA SACRISTÁN, A, CASTEJÓN MONTIJANO, F, DE LA CRUZ PALOMINO, LF, GONZÁLEZ GALLEGO, J, MURILLO, LÓPEZ DE SILANES, MD, SALIDO RUIZ, G. 1998. Fisiología Veterinaria. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. España.
- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. PrévAlim de la valeur énergétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- GÜRTLER, H, KETZ, HA, KOLB, E, SCHRÖDER, L, SEIDEL, H. 1971. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- HAMMOND, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, 322 p.
- HELMAN, Mauricio B. 1977. Ganadería tropical. El Ateneo, Bs.As., 155-170.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. 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. PrévAlim 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. 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 Requirement of Dairy Cattle. 6ª edició revisada. Washington: National Academy Press.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edició. Washington: National Academy Press.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7a edició. [en línia] disponible a <http://books.nap.edu/books/0309069971>.
- PRESCOTT, J.H.D. 1982. Crecimiento y Desarrollo de los Corderos, En: Manejo y Enfermedades de las Ovejas. Edit. 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 Intel·lectual B-40754.. Lleida: Servei de Biblioteca, dossiers electrònics, ETSEA-UdL.
- SEGUÍ A. 1978. Tablas alimenticias y racionamiento en Catalunya. Reus: SEA.
- SEGUÍ A. 1979. Ejemplo teórico para equilibrar una ración de maíz. Reus: SEA. FIT 4/ 79.
- SEGUÍ A. 1982. Alimentació de vaques de llet. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de llet; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos per a produir llet. Reus: SEA. FIT 22/83.
- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de llet a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de llet. Barcelona: Caixa de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia y Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- SEGUÍ A. 1989. Matèria seca, farratgera, concentrada... i la fibra?. Barcelona: SEA. Full de Divulgació 33/89.
- SEGUÍ A. 2005.- La necesidad de extensión agraria en vacuno lechero. Sanz E. (director) [Tesis doctoral]. Universitat de Lleida.
- SEGUÍ PARPAL, A. 2009. L'explotació de vaques de llet. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- VERDE, L. (1974). Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. AAPA Prod.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.