

Grup de remugants "Ramon Trias"

Valoración nutritiva de alimentos para rumiantes

Basado en INRA-2018

VALORACIÓN DE ALIMENTOS PARA RUMIANTES

Los conceptos de la valoración ya están explicados en anteriores documentos; en este sólo se indica la manera de llegar a la valoración con las novedades INRA-2018. 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, según salen en el texto.

ABREVIATURAS Y SIGNIFICADO

UE, unidad de repleción, hartazgo (*encombrement*)
UEL, unidad de repleción, hartazgo (*encombrement*) leche
UEB, unidad de repleción, hartazgo (*encombrement*) bovinos
UEM, unidad de repleción, hartazgo (*encombrement*) ovinos (*moutons*)
MSVIm, materia seca voluntariamente ingerida(ovino)
MSVib, materia seca voluntariamente ingerida(bovino)
MSVII, materia seca voluntariamente ingerida (vacas leche)
dMO, digestibilidad de la materia orgánica
MNT, materia nitrogenada total o proteína bruta
MS, materia seca
NI, nivel de ingestión, % sobre peso vivo
NIref, nivel de ingestión de referencia, % sobre peso vivo, referido al cordero de referencia
UEc, unidades *encombrement* concentrado
UEf, unidades *encombrement* forraje
Sg, tasa de sustitución global forraje concentrado
bVEc, valor basal *encombrement* concentrado
ADF, fibra ácido detergente
FB, fibra bruta
NDF, fibra neutra detergente
dCs, digestibilidad enzimática pepsina-celulasa
MOD, materia orgánica digestible
EE, extracte etéreo (materia grasa total)
dE, digestibilidad energía
PDI, proteína digestible en el intestino
PDIA, proteína digestible en el intestino que proviene del alimento
PDIM, proteína digestible en el intestino que proviene de los microbios (rumen)
AADI, aminoácidos digestibles en el intestino
DT_N, degradabilidad de las proteínas al rumen
dr_N, digestibilidad real de las proteínas
AmiD-int, almidón digestible en el intestino
NDFD_int, NDF digestible en el intestino
AGD_int, ácidos grasos digestibles en el intestino
PF, productos de la fermentación en los ensilados
MOF, materia orgánica fermentescible
BPR, balance proteico en el rumen
UFL, unidad forrajera leche
UFV, unidad forrajera carne (*viande*)
EB, energía bruta
ED, energía digestible
EM, energía metabolizable

ENI, energía neta leche

EN_{mant y carne}, energía neta carne

E_{metano}, energía que se pierde en forma de metano

E_{orina}, energía que se pierde por la orina

PDIN, proteína digestible en el intestino según contenido N para la síntesis microbiana en el rumen

PDIE, proteína digestible en el intestino según contenido energético para la síntesis microbiana en el rumen.

VALORES DE REPLECIÓN (UE) Y NIVEL DE INGESTIÓN DE REFERENCIA (N_{IREF})

FORRAJES VERDES

Al igual que en las anteriores ediciones INRA, la cantidad de MS ingerida voluntariamente por peso metabólico (MSVIm; g MS/kg Pv metabólico) por cordero de referencia, marca las cantidades ingeridas para vacas de leche y bovinos de engorde. Para el cordero de referencia MSVIm = 75 g MS/kg P^{0,75}. La MSVIm se puede calcular a partir del análisis químico y es función de la digestibilidad de la materia orgánica (dMO), de la materia nitrogenada total (MNT) y de la materia seca (MS).

El valor de repleción *encobrement* (UE) en el cordero es igual a 75/MSVIm. En el caso de nabos y remolachas no hay ecuación, ni valor asignado.

Para leche, la materia seca voluntariamente ingerida MSVII se calcula a partir de la MSVIm; para la vaca lechera estándar MSVII = 140 g MS/kg P^{0,75} y el valor UE será igual a 140/MSVII. En el caso de nabos y remolachas no hay ecuación y MSVII es igual a 78 g MS/kg P^{0,75}.

Para otros bovinos, MSVib también se calcula a partir de la MSVIm y la MSVib para el bovino estándar es igual a 95 g MS/kg P^{0,75} y el valor UE será igual a 95/MSVib. En el caso de nabos y remolachas no hay ecuación y MSVib es igual a 22,40 g MS/kg peso metabólico.

En las tablas se incorpora el nivel de ingestión (NIref) que es la MS expresada como % del peso vivo (no metabólico), y este valor que sale en las tablas es la MSVIm en % del peso, y el peso del cordero de referencia es de 60 kg: $(MSVIm \times 60^{0,75}/60)/10$

Para los forrajes secos y ensilados se hace lo mismo, excepto para el maíz, en verde o ensilado, en que se toma NIref = 1,4% del peso vivo.

FORRAJES SECOS

Al igual que antes, la MSVIm, la MSVII y la MSVib tienen ecuaciones que en todos los casos son función de la dMO y de la MNT.

FORRAJES ENSILADOS

La MSVIm, la MSVII y la MSVib tienen ecuaciones función de dMO y MNT. En el caso del ensilado de maíz, la MSVIm es función de la dMO, la MSVII de la dMO y de la MS, y la MSVib también de la dMO y la MS. En los ensilados de habón, guisante, girasol y veza no hay ecuación, y se recomienda tomar valores de tablas para las UE. Para el ensilado de habón NIref = 2,2; para los ensilados de guisante NIref = 2,5; por el de girasol NIref = 2,3%.

CONCENTRADOS

Sabemos que el valor de repleción de un alimento concentrado está asociado a la tasa de sustitución (Sg) de forma que $UEc = UEf \times Sg$. Sg es la cantidad de MS forrajera que desplaza la incorporación de un kg de concentrado, dentro de una ración. La novedad es que Sg es función de un valor basal de repleción del concentrado que sólo tiene que ver con la repleción o hartazgo físico, nada que ver con la saciedad ligada a fenómenos metabólicos, y este valor se incorpora a las tablas ($bVEc^1$) obteniéndose experimentalmente, si bien en la aplicación se incluyen las ecuaciones que lo determinan a partir de los análisis químicos, y cada ecuación tiene su potencialidad, las que dependen de la degradabilidad de la MS son, prácticamente, directas, sino pueden depender de ADF en exclusiva, o del almidón, ADF y dMO, conjuntamente. El $bVEc$ sólo se incluye en las tablas y en los métodos de formulación de raciones para leche, y se expresa en UE. Para todos los concentrados el Nlref es 2%. Los forrajes deshidratados y aglomerados se consideran concentrados.

LAS FIBRAS EN LAS TABLAS Y LA VALORACIÓN NUTRITIVA

Para los forrajes verdes, secos y ensilados si el análisis químico no da todos los valores hay ecuaciones para determinarlos.

FB: si no dan valor, $FB = f(ADF)$, y si tampoco dan ADF, $FB = f(NDF)$. El caso es que de una u otra forma los análisis han de dar el valor FB, directamente o a través de ADF o NDF, ya que no se podrían determinar los valores nutritivos, necesarios para plantear el racionamiento.

NDF: si no dan valor, $NDF = f(FB)$.

ADF: si no dan valor, $ADF = f(FB)$.

Para los concentrados en algunos casos es necesario el valor de la lignina.

Si no dan Lignina, $Lignina = f(FB)$.

Si no dan FB, $FB = f(NDF)$.

Si no dan NDF, $NDF = f(FB)$.

Si no dan ADF, $ADF = f(FB)$.

En definitiva, en la aplicación se incorporan todas esas ecuaciones que nos aseguran los cálculos para determinar el valor nutritivo de los ingredientes.

LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA (MO)

En la aplicación Valoración Nutritiva para los forrajes² - verde, seco y ensilados - hay cuatro columnas, la última es la que pasa a los cálculos posteriores:

dMO Tablas INRA/NRC

dMO a partir análisis

dCs Dig enzimática

dMO

¹ En todas las aplicaciones informáticas y en los textos empleamos en la mayoría de los casos la nomenclatura INRA para no complicar, ya que siempre es conveniente ir directamente a las fuentes.

² Las hojas de cálculo Verde, Seco, Ensilado tienen todos los pasos de cálculos para determinar la valoración nutritiva, cuando introducimos los valores de los análisis estas hojas están ocultas, pero las podemos ver si queremos seguir los cálculos.

La dMO de tablas es la que se obtiene en los centros de experiencias y/o investigación, y es la que consideramos prioritaria. No hay valores para los prados (mezclas de diferentes plantas).

La dMO a partir de datos de los análisis, es función de la FB y de la MNT; los cereales, excepto el sorgo, no tienen ecuación, y de hecho los rebrotes de sorgo tampoco. Tampoco tienen ecuación el resto de alimentos, desde el habón, guisante, girasol, veza hasta los matorrales y arbustos.

dCs es la digestibilidad enzimática y a partir de su determinación se obtiene la dMO.

En la valoración las dMO que se utilizan, caso de existir, son las de tablas, en primer lugar o si no las que se obtienen por dCs o al final la de la ecuación de regresión.

En el caso de concentrados³ las columnas de dMO son las siguientes:

dCs

Ecuación regresión dMO

dMO (pepsina-celulasa)

dMO final

Como en los forrajes la dCs es la digestibilidad enzimática que se obtiene en el laboratorio, que en caso de disponerla en el análisis serviría para calcular, mediante las ecuaciones pertinentes, la dMO (pepsina-celulasa). Hay, también, ecuaciones que calculan la dMO en función de la FB, la MNT y las cenizas, y en los compuestos dMO es función de la lignina. Al final se coge la dMO de la pepsina-celulasa o de la ecuación de regresión, por este orden.

A continuación vienen los cálculos de la digestibilidad de la energía (dE) y de la materia orgánica digestible (MOD).

La digestibilidad de la energía dE es función directa de la dMO, y la materia orgánica digestible (MOD) es igual a la MO multiplicada por la dMO, siendo $MO = MS - \text{cenizas}$.

A continuación vienen las siguientes columnas, para los concentrados:

dE tablas

dE

MOD

La digestibilidad de la energía de las tablas INRA (dE tablas) de los principales alimentos la incluimos en la aplicación, y será la que se toma para el resto de cálculos. En caso de no disponerla - piensos y otros - se calcula la dE en función de cenizas, NDF, EE, MNT y dMO.

La MOD es la MO multiplicada por la dMO.

En los forrajes no existe la dE tablas, y para el resto se procede de la misma manera.

DEGRADABILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS

El valor proteico o nitrogenado de los alimentos se expresa en **PDI** que son las proteínas digestibles que llegan al intestino, y también con los ácidos aminados digestibles (**AADI**). La PDI está formada por la **PDIA**, proteína digestible de origen alimentario que llega al intestino, y la **PDIM**, proteína digestible de origen microbiano que llega al intestino. Debemos saber o determinar la degradabilidad del N en el

³ La hoja *Concentrado* también está oculta pero la podemos ver a fin de seguir los cálculos.

rumen (DT_N) y la digestibilidad real en el intestino de las PDIA (dr_N); también debemos conocer la materia orgánica fermentescible (MOF) que proviene de los alimentos.

La DT_N depende del nivel de ingestión (NI) el cual afecta el paso de líquidos y partículas desde el rumen para abajo. La DT_N se determina *in situ* en el rumen, y se expresa con la tasa de paso (kpt) fijada a 6%/hora para todas las partículas potencialmente degradables en el rumen (DT6_N). En definitiva, $DT_N = f(NI, DT6_N)$. Las tasas de paso son diferentes para las partículas de forrajes, las de los concentrados y los líquidos, que son las tres fracciones que se tienen en cuenta; las tasas de paso, en todas las fracciones dependen del NI y de la proporción de concentrado en la ración. En los concentrados la DT_N depende de la DT6_N, y ésta de la DE1% que es la degradabilidad enzimática de las proteínas determinada por el método Aufrère. La DE1% la dan los laboratorios y por eso sale en la casilla de la valoración.

La dr_N depende de la DT_N, de las proteínas alimentarias no digeribles (fecales) PANDI, las cuales se expresan en función del contenido nitrogenado (MNT) y unas constantes según los estados vegetativos y de conservación de los forrajes. En los concentrados la dr_N se estima a partir de la DE1%.

La MOF es la materia orgánica fermentescible, que se obtiene de la MOD menos almidón digerible en el intestino, menos PDIA, menos NDF digerible en el intestino, los AG digerible en el intestino, menos los productos de la fermentación en el caso de los ensilados:

$$MOF \text{ (g/kg MS)} = MOD - PDIA - AmiD_{int} - NDFD_{int} - AGD_{int} - PF.$$

CONCENTRADOS

Las columnas relativas a la degradabilidad, digestibilidad y la MOF (materia orgánica fermentescible) y la PDIM (proteína digerible intestinal microbiana) son las siguientes:

Degradabilidad DT_N (proteínas) teórica
Digestibilidad dr_N (proteínas) real
Degradabilidad DE1 (proteínas) enzimática
DT6_N
Degradabilidad DT_N (proteínas)
MOF
PDIM

DT_N teórica es la que hemos trasladado desde las tablas de referencia, que se obtienen en los centros de investigación.

dr_N la digestibilidad real se puede determinar con mucha precisión con la siguiente ecuación, que es la que ponemos en el **Excel de valoración nutritiva**, para los concentrados:

$$dr_N = 88,3 + 0,0371 \times MNT - 3,7 \times 10^{-5} \times MNT^2 - 0,107 \times ADL - 0,0313 \times MOND$$

ADL es la lignina y MOND es la materia orgánica no digerible (1.000 - MOD).

DE1 enzimática, en caso de que el laboratorio la suministre la introduciremos en la valoración.

DT6_N es función del valor DE1.

DT_N será la degradabilidad que se empleará en los cálculos según tengamos la DT_N de las tablas de referencia o calculada según DE1 y DT6_N.

La MOF en los concentrados se calcula así: $MOF = MOD - MNT \times (1 - DT_N) - EE$

EE es el extracto etéreo (grasas).

PDIM, es la proteína digestible intestinal de origen microbiano y se obtiene directamente a partir de la MOF:

$$PDIM = 41,67 + 71,9 \times 10^{-3} \times MOF \times 0,8 \times 0,8$$

En la hoja de los concentrados se puede encontrar, no a continuación de la PDIM, sino ya en la parte final de la valoración, la columna **PDIA**, la proteína digestible intestinal de origen alimentario:

$$PDIA = MNT \times (1 - DT_N) \times dr_N$$

ENSILADOS

Degradabilidad DT (proteínas) teórica

Digestibilidad dr (proteínas) real

DT₆_Ami

DT_Ami

NDFND

PDIA

AmiD_int

NDFD_int

AGD_int

PF

MOF

PDIM

La mayoría de estas columnas tienen el mismo significado que lo ya explicado en los concentrados. Las que no hemos explicado son:

- Almidón digestible

DT₆_Ami sirve para determinar la degradabilidad teórica del almidón en el rumen:

$DT_Ami = 18,8 + 1,30 \times DT6_Ami - 0,00575 \times DT6_Ami^2 - 9,42 \times NIref + 0,0897 \times NIref \times DT6_Ami$.
NIref es el nivel de ingestión para el cálculo de la valoración nutritiva de los alimentos (NI es el nivel de ingestión de cada ración). A partir de aquí ya se puede determinar el almidón digestible en el intestino:

- $AmiD_int = 0,826 \times Ami \times (1 - 0,01 \times DT_Ami)$. A menudo la DT_Ami la expresamos en tanto por uno y, otras veces, en %.
- NDF digestible

$$NDFD_int = 11,4 + 1,08 \times NDFND.$$

NDFND es la NDF no digestible ($785 - 8,62 \times dMO$). dMO es la digestibilidad de la MO en todo el tubo digestivo, y en las raciones se emplea la dMOc que es la dMO corregida por los efectos del nivel de ingestión (NI), de la proporción de concentrados (PCO) i del balance proteico en el rumen (BPR).

En el caso del ensilado de maíz la $NDFND = 887 - 9,55 \times dMO$.

- AGD_{int}, ácidos grasos digestibles en el intestino

$$\text{AGD}_{\text{int}} = 6,0 + 0,599 \times \text{AG}_{\text{duodeno}}$$

$$\text{AG}_{\text{duodeno}} = 9,7 + 0,75 \times \text{AG}$$

AG es el contenido en ácidos grasos, en g/kg MS, que se obtiene a partir del EE, con ecuaciones específicas.

- PDIA, es la proteína digestible intestinal de origen alimentario, que se obtiene así:
 $\text{PDIA} = \text{MNT} \times (1 - \text{DT}_{\text{N}}) \times \text{dr}_{\text{N}}$
La degradabilidad y la digestibilidad en tanto por uno.
- PF son los productos de la fermentación, valores que se obtienen experimentalmente, y que hemos trasladado a la aplicación.

En definitiva, la MOF se calcula: **MOF (g/kg MS) = MOD – PDIA – AmiD_{int} – NDF_{int} – AGD_{int} – PF.**

I la PDIM, proteína digestible intestinal de origen microbiano, igual que en todos los forrajes i concentrados:

$$\text{PDIM} = 41,67 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOF} \times 0,8 \times 0,8$$

VERDES

Degradabilidad DT (proteínas) teórica

Digestibilidad dr (proteínas) real

DT₆_Ami

DT_Ami

NDFND

PDIA

AmiD_{int}

NDFD_{int}

AGD_{int}

MOF

PDIM

Se sigue el mismo procedimiento que en los ensilados sin, lógicamente, los productos de la fermentación (PF).

SECOS

Degradabilidad DT (proteínas) teórica

Digestibilidad dr (proteínas) real

DT₆_Ami

DT_Ami

NDFND

PDIA

AmiD_{int}

NDFD_{int}

AGD_{int}

MOF

PDIM

Se sigue el mismo procedimiento que en los ensilados sin, lógicamente, los productos de la fermentación (PF).

Al final, y a efectos del racionamiento, la caracterización nutritiva de los alimentos con respecto al contenido proteico es la PDI = PDIA + PDIM, que será la que se tiene en cuenta en el cálculo de raciones. En las anteriores versiones INRA, desde 1978, se introdujeron, para cada alimento, dos valores de PDI: PDIN y PDIE, que significaban valores potenciales de la PDI; si en un alimento PDIN era superior a PDIE decíamos que era un alimento más proteico y que, por tanto, necesitaba energía para alcanzar el valor PDIN, y al revés, si PDIE era superior a PDIN decíamos que era un alimento más energético, que para alcanzar el valor PDIE requería el suplemento o complemento nitrogenado. Ahora INRA sólo da el valor PDI y un balance proteico (BPR).

BALANCE PROTEICO DEL RUMEN (BPR)

El balance proteico del rumen (BPR, g/kg MS) es la diferencia entre la entrada de MNT en el rumen y la MNT no amoniacal que llega al intestino. Las MNT no amoniacales son las proteínas disponibles a nivel del intestino, y provienen de tres orígenes, alimentario, microbiano – que se forman en el rumen – y endógenas. El BPR se mide con animales canulados en el duodeno, y es un criterio aditivo que se emplea en el cálculo de raciones. Hay, sin embargo, múltiples ecuaciones para determinarlo en el seno de las raciones. Para los alimentos el BPR se determina, o mejor dicho, se puede aproximar su valor con la siguiente ecuación:

$$\text{BPR} = [(\text{MNT} \times \text{DT}_N) - (41,67 + 71,9 \times 10^{-3} \times \text{MOF})] - 14,2$$

14,2 es el valor de la proteína digestible de origen endógeno.

Ejemplos:

El heno de alfalfa, primer ciclo, inicio botones florales, tiene los siguientes valores, PDI = 91 i BPR = 43; el ensilado de maíz, estado vítreo, PDI = 63 i BPR = - 32.

El grano de cebada, PDI = 86 i BPR = - 23 y el turtó de soja 46, PDI = 218 i BPR = 224.

VALORES ENERGÉTICOS, UFL I UFV

UFL, unidad forrajera leche es la energía neta, en kcal, disponible para la producción de leche;

$$\text{UFL} = \text{EN}/1.760.$$

UFV, unidad forrajera carne (*viande*), es la energía neta, en kcal, disponible para el engorde;

$$\text{UFV} = \text{EN}/1.760.$$

CONCENTRADOS

Les columnas que llevan a la energía neta son las siguientes:

dE tablas; digestibilidad energética; se han puesto valores de las tablas de referencia.

dE; digestibilidad energética; ecuaciones de regresión, para la mayoría $dE = f(\text{dMO}, \text{MNT}, \text{EE}, \text{NDF}, \text{cendres})$, y para los deshidratados aglomerados $dE = f(\text{dMO})$

c constante para EB; es una constante específica para cada alimento concentrado o de cada grupo de alimentos que se añade a la ecuación para determinar (calcular) la energía bruta del alimento (EB)

EB; energía bruta, kcal/kg MS; $EB = 4.134 + 1,473 \times MNT + 5,239 \times EE + 0,925 \times FB - 4,46 \times \text{cendres} + c$; para los compuestos (piensos), la ecuación es: $EB = 5,7 \times MNT + 9,57 \times EE + 4,24 \times (MO - MNT - EE)$.

ED; energía digestible, kcal/kg MS; $ED = EB \times dE$; la dE es la dE tablas y si no la tenemos se coge dE de las ecuaciones de regresión

E_{metano}; energía que se pierde en forma de CH₄, en kcal/kg MS; $E_{\text{metano}} = [CH_4/MOD] \times 10^{-3} \times MOD \times 12,5$; $MOD = MO \times dMO$, en kcal/kg MS; $[CH_4/MOD] = 45,42 - 6,66 \times N_{\text{Iref}} + 0,75 \times N_{\text{Iref}}^2$, en kcal/kg MOD; $N_{\text{Iref}} = 2$, para los concentrados.

E_{orina}; energía que se pierde por la orina; $E_{\text{orina}} = (2,9 + 0,017 \times MNT - 0,47 \times N_{\text{Iref}}) \times EB \times 0,01$; $N_{\text{Iref}} = 2$, para los concentrados.

EM; energía metabolizable, en kcal/kg MS; $EM = ED - E_{\text{metano}} - E_{\text{orina}}$

q; concentración del alimento en EM; $q = EM/EB$.

km; eficacia parcial de uso de la EM para el mantenimiento; $km = 0,287 \times q + 0,554$.

kf; eficacia parcial de uso de la EM para el crecimiento y el engorde; $kf = 0,78 \times q + 0,006$.

kmf; eficacia de uso de la EM para el mantenimiento, crecimiento y producción de carne;

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

kls; eficacia parcial de uso de la EM para la producción de leche únicamente o para el mantenimiento y leche a la vez; $kls = 0,65 + 0,247 \times (q - 0,63)$.

ENI; energía neta para el mantenimiento y la producción de leche; $ENI = EM \times kls$.

ENmant y carne; energía neta para la producción de carne; $EN_{\text{mant y carne}} = EM \times kmf$.

Al final $UFL = ENI/1.760$ i $UFV = EN_{\text{mant y carne}}/1.760$.

Los coeficientes de eficacia han variado respecto de anteriores ediciones INRA.

VERDES

Las columnas que llevan a la energía neta son los siguientes:

dE; para todos los verdes, $dE = 0,957 \times dMO - 0,00068$.

c constante para EB; específica para cada grupo.

EB; energía bruta; $EB = 4.531 + 1,735 \times MNT + c$ (ecuación expresada en kcal/kg MO; MNT en g/kg MO; en la aplicación, EB definitiva se expresa en kcal/kg MS. Para el sorgo: $EB = 4.478 + 1,265 \times MNT$. Para el maíz: $EB = 4.487 + 2,019 \times MNT$. Siempre sobre MO.

ED

N_{Iref}; para cada alimento es diferente.

E_{metano}; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

E_{orina}; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

EM; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

q; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

km; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

kf; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

kmf; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

kls; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

ENI; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

ENmant y carne; mismo procedimiento ya explicado en concentrados.

SECOS

Las columnas que llevan a la energía neta son las siguientes:

dE; $dE = 0,985 \times dMO - 0,02556$,

c constante para EB

EB

ED

N_{iref}

E_{metano}

E_{orina}

EM

q

km

kf

kmf

kl_s

ENI

EN_{mant y carne}

Se sigue el mismo procedimiento que en los verdes. Siempre sobre MO, que después pasamos a kcal/kg MS

ENSILADOS

Las columnas que llevan a la energía neta son las siguientes:

dE; $dE = 1,0263 \times dMO - 0,05723$.

EB; para los ensilados directos, si se dispone del pH se aplica la siguiente ecuación de regresión:

$EB = 3.910 + 2,450 \times MNT + 169,6 \times pH$; para los prehenificados $EB = 1,03 \times EB_{verde}$; para los semi secados (bolas) $EB = EB_{verde}$. Para los ensilados de maíz, $EB = 7.722 - 0,458 \times [almidón] + 1,42 \times MNT$. Siempre sobre MO, que después pasamos a kcal/kg MS.

ED

N_{iref}

E_{metano}

E_{orina}

EM

q

km

kf

kmf

kl_s

ENI

EN_{mant y carne}

El mismo procedimiento que antes.

LA APLICACIÓN VALORACIÓN NUTRITIVA

Es una hoja EXCEL en la que se han introducido las ecuaciones y fórmulas para determinar el valor nutritivo de un alimento (forrajes: verde, seco, ensilado; concentrados), y este valor nutritivo es el que emplearemos para formular raciones al mínimo coste.

Para la composición de una ración, de cada alimento necesitamos algunos de los nutrientes que caracterizan su valor (energético, proteico, minerales, vitaminas, valor de hartazgo o repleción – UE – entre otros). En el nuevo sistema INRA-2018 necesitamos más nutrientes que en ediciones anteriores (ya se explicará en el racionamiento). Cada tabla (forrajes, concentrados y minerales) tiene las mismas columnas a efectos de cálculos. Las columnas correspondientes a cada nutriente son las siguientes, y marcamos en **rojo** los imprescindibles y en **naranja** los que, de un modo u otro, también necesitaremos para completar la ración en todas las restricciones. De momento marcamos las necesarias para la producción de leche.

MS; materia seca, %
UFL; unidad forrajera leche
UFV; unidad forrajera carne
MNT_PB; materia nitrogenada total o proteína bruta
PDIA; proteína digestible intestinal de origen alimentario
PDI; proteína digestible intestinal
BPR; balance proteico en el rumen
UEL; unidad *encoumbrement* (hartazgo, repleción) leche
UEB; unidad *encoumbrement* (hartazgo, repleción) vacuno
UEM; unidad *encoumbrement* (hartazgo, repleción) ovino
Nlref; nivel de ingestión de referencia, % Peso vivo
dMO; digestibilidad de la materia orgánica
MOD_TDN; materia orgánica digestible
EE; extracto etéreo
FB; fibra bruta
NDF; fibra neutra detergente
ADF; fibra ácido detergente
Lignina
Cenizas
Ca; g Calcio
P; g fósforo
Mg; g magnesio
Cl; mg cloro
K; g potasio
Na; g sodio
S; g azufre
Co; mg cobalto
Cu; mg cobre
Mo; mg molibdeno
Yodo; mg yodo
Fe; g hierro
Mn; mg manganeso
Se; mg selenio
Zn; mg zinc
Vit A; UI vitamina A
Vit D; UI vitamina D
Vit E; UI vitamina E
AG; ácidos grasos
DT_N; degradabilidad proteínas
dr; digestibilidad real proteínas

MOF; materia orgánica fermentescible

Excel *Valoración Nutritiva* consta de las siguientes hojas ocultas, pero que se pueden ver siempre si se desea para seguir los cálculos o rehacerlos en caso necesario: Concentrados, Verdes, Secos, Ensilados.

Concentrados, Verdes, Secos y Ensilados son los de las fórmulas y ecuaciones para obtener la valoración nutritiva de cada ingrediente, y en ellas está todo lo explicado anteriormente y que, básicamente, para su elaboración se han seguido los capítulos 24 (*Calcul de la valeur des aliments pour les ruminants: tables et équations de prévision*) y 25 y 26 (tablas INRA) del libro de referencia *Alimentation des Ruminants* (INRA 2018), así como las anteriores ediciones INRA, NRC, y otras tablas que se especifican en la bibliografía. Estas hojas se estructuran en una serie de filas de diferentes tipos de ingredientes y las respectivas columnas de cálculos que nos llevan a la valoración (UFL, UFV, PDI, BPR, UEL, UEB, UEM), así como las determinaciones de los diferentes conceptos de fibras.

Las hojas que quedan a la vista son las siguientes: **Valoración**, **Verdes valor nutritivo**, **Secos valor nutritivo**, **Ensilados valor nutritivo**, **Concentrados valor nutritivo** e **Ingredientes del compuesto**, que pasamos a explicar.

Valoración es la primera, donde se seleccionan los ingredientes de los que queremos obtener el valor nutritivo.

Selección de alimentos		Introducir datos análisis											
Verdes	MS %	MNT	EE	FB	NDF	ADF	Li	Cen	dCs	Verdes	Valor		
Rizoma (bueno) (hoja otoño / invierno, Verde)	16,60	19,00	4,10	23,80	53,10	26,50		14,30					
Secos	MS %	VS	MNT	EE	FB	NDF	ADF	Li	Cen	dCs	Secos		
Alfalfa (bueno) (hoja otoño / invierno)	91,00		16,10	2,50	25,60	54,30	28,40		9,00		Valor		
Ensilados	MS	MNT	EE	FB	NDF	ADF	Li	Cen	pH	dCs	Ensilados		
Guano de Scaevola (bueno) (hoja otoño / invierno)	47,00	21,97	1,78	23,12	39,14	29,89	6,19	13,55			Valor		
Concentrados	MS %	MNT	EE	FB	NDF	ADF	Li	Cen	Almidón	DE1	dCs	DT tablas	Concentrados
Alimentos concentrados (COMBI) (bueno)	91,00	10,50	2,50	23,80	50,80	26,90	7,31	10,10				Valor	

Datos imprescindibles para la valoración	Datos complementarios
MS %, materia seca en %	EE, grasa en % sobre MS
MNT, materia nitrogenada total o proteína bruta en % sobre MS	NDF, fibra neutro detergente en % sobre MS, no interviene en los cálculos
FB, fibra bruta en % sobre MS	ADF, fibra neutro detergente en % sobre MS, no interviene en los cálculos
Cen, cenizas en % sobre MS	Li, lignina, en % sobre MS
VS, valoración sensorial MB (muy bueno) B (bueno) R (regular)	dCs, digestibilidad enzimática de la materia orgánica, de 0 a 1
Datos necesarios en algunos casos	DE1, degradabilidad enzimática de las proteínas, de 0 a 1
pH, en algunos ensilados puede ser imprescindible	Almidón, en % sobre MS
Li, lignina, en alimentos compuestos puede ser necesaria, en % MS	
ADF y Li, en ensilados de maíz, mejoran la valoración	

Autor: Antoni Seguí Parpal

En la selección de alimentos (verdes, secos, ensilados y concentrados) se va a un desplegable que lleva a la hoja correspondiente, según el alimento o ingrediente que más se parezca a aquel del que tenemos el análisis químico, y del cual queremos obtener la valoración nutritiva.

Una vez lo hemos seleccionado, ejemplo verdes (raigrás italiano hoja otoño/invierno) debemos introducir los valores del análisis, teniendo cuidado de hacerlo según la expresión de unidades que se indica en cada caso (MS en%, MNT, EE, FB, etc., en % sobre la MS).

En cada caso son imprescindibles los datos de las casillas que se indican: para los verdes, y en el ejemplo, MS (en %) (16,60), MNT (% sobre MS) (19,00), FB (% sobre MS) (23,80) y Cenizas (% sobre MS) (14,30).

Estas casillas son las necesarias e imprescindibles; si el análisis químico que disponemos da extracto etéreo (EE) lo introducimos (% sobre MS), en el ejemplo (4,10), si no lo hiciéramos en la hoja Verdes hay una columna para cada ingrediente con valores EE de tablas, ya que en muchos casos no nos dan ese valor; en este caso si no introdujéramos (4,10) está el valor, que en este caso es también de 4,1;

también disponemos de NDF (53,10), ADF (26,50). No disponemos del valor de lignina ni tampoco de dCs (digestibilidad enzimática) que en algunos casos puede ser necesaria para calcular la dMO. En todo caso, si fuera necesaria en la hoja Verde valor nutritivo saldría un aviso.

A continuación pulsamos *Valor* y nos lleva a la hoja Verdes valor nutritivo, y el alimento seleccionado sale el primero de la hoja:

Nombre	MS %	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Ni ref	dMO	MOD_TDN	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenizas
Forrajes Italiano Hoja otoño / invierno, Verde	46,60	0,99	0,97	190,00	37,05	83,73	53,46	0,99	0,98	0,98	2,75	0,76	649,54	41,00	238,00	531,00	265,00		343,00

Esta fila será la que podremos trasladar a la tabla de alimentos (Forrajes) de la aplicación correspondiente al racionamiento.

Para los secos seguimos el mismo procedimiento según el ejemplo. Hemos seleccionado (Alfalfa mitad floración heno), e introducimos MS (91,00), después la **valoración sensorial** que hacemos del mismo (MB, B, R), en el ejemplo (B), MNT (16,10), FB (25,60) Cenizas (9,00). También disponemos, en este caso, de EE (2,50), NDF (54,30), ADF (28,40) pero no de Lignina ni dCs. Pulsamos *Valor* y sale en Secos valor nutritivo:

Nombre	MS%	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Ni ref	dMO	MOD_TDN	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenizas
Alfalfa Mitad floración, Heno	91,00	0,85	0,79	161,00	33,81	74,82	38,26	1,02	1,03	1,28	2,10	0,66	601,73	25,00	258,00	543,00	284,00	16,valor ligni	95,00

Que como antes podremos emplear en el racionamiento de rumiantes.

Para los ensilados, siguiendo el ejemplo, hemos seleccionado (Guisante Grana consistente, Ensilado con conservante) y hemos introducido MS (47,00), MNT (21,97), FB (23,12), Cenizas (13,55), y también los valores EE (1,78) NDF (39,14), ADF (29,89) y Lignina (6,19). Pulsamos *Valor* y sale en Ensilados valor nutritivo:

Nombre	MS	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Ni ref	dMO	MOD_TDN	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenizas
Guisante Grana consistente, Ensilado con conservante	47,000	0,88	0,85	219,70	35,55	76,82	39,58	No evaluado	No evaluado	No evaluado	3,30	0,72	622,25	1,780	231,20	391,40	298,90	6,190	135,50

Podemos ver que en las casillas UEL, UEB y UEM pone que no hay ecuación para determinarlos, en este caso hay que ir a las tablas y buscar si hay ese ingrediente y adoptar el valor de las mismas.

Para los concentrados, siguiendo el ejemplo, hemos seleccionado (Alimentos concentrados COMPUESTOS) e introducimos MS (91,00), MNT (10,50), EE (2,50), en este caso tenemos que disponer del valor EE, necesario para la valoración ya que es un alimento compuesto de otros ingredientes y lógicamente no está en ninguna tabla, FB (23,80), NDF (50,80), ADF (26,90), Lignina (7,31) y cenizas (10,10). La dMO se obtiene directamente del valor de la lignina para los alimentos compuestos $(86,53 - 258 \times \text{Lignina}) / 100$, y si no lo hemos introducido del análisis se aplica una ecuación para determinarlo. Para los compuestos, y algún otro grupo, sale un aviso: **Si no DE1 de análisis: Introducir DT de tablas**. Al tratarse de un alimento que no sale en las tablas no disponemos de la DT_N que es necesaria para determinar los valores nutritivos proteicos (PDIA, PDI y BPR), por lo tanto sería ideal disponer, en estos casos, del valor DE1 (degradabilidad enzimática de las proteínas). Al no tener el valor final DT_N, si pulsamos *Valor* sale en la hoja Concentrado valor nutritivo:

Nombre	MS	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Ni ref	dMO	MOD_TDN	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenizas
Alimentos concentrados COMPUESTOS	91,00	0,60	0,54	105,00	radabilidad	radabilidad	radabilidad	0,38			2,00	0,66	599,31	25,00	238,00	508,00	269,00	73,10	101,00

Donde vemos que en las casillas PDIA, PDI y BPR se indica que falta la degradabilidad.

Hay una forma aproximada de determinar la DT_N, si no nos la da el análisis del laboratorio. En el Excel hay una hoja Ingredientes del compuesto en el que están los ingredientes que empleamos en la valoración y su valor DT_N de tablas, excepto para los compuestos, las leguminosas extrusionadas y otras oleaginosas, y si sabemos la composición y % de los diferentes ingredientes del pienso o alimento compuesto podemos calcularla.

Supongamos que el alimento compuesto está formado por 40% de grano de maíz, 35% de cebada, 5% melaza de remolacha y 20% de torta de soja, el valor DT_N es el calculado (0,57):

Ingredientes del compuesto	Degradabilidad DT (proteínas) teórica	Composición aproximada %
Trigo	0,76	
Trigo gluten	0,34	
Trigo otros derivados	0,74	
Maíz	0,47	40
Maíz gluten meal	0,31	
Maíz bagazo	0,57	
Maíz gluten feed	0,71	
Maíz salvado	0,46	
Maíz otros derivados	0,35	
Avena	0,77	
Avena derivados	0,77	
Cebada	0,71	35
Cebada gérmenes	0,71	
Cebada bagazo	0,45	
Cebada otros derivados	0,72	
Arroz	0,69	
Arroz derivados	0,57	
Otros cereales y derivados	0,66	
Soja grano extrusionado	0,50	
Soja grano copos	0,70	
Soja grano tostado	0,64	
Soja turtó curtido	0,62	
Soja otros derivados	0,65	20
Colza grano	0,77	
Colza grano tratado	0,54	
Colza turtó	0,69	
Colza otros derivados	0,69	
Girasol grano	0,82	
Girasol derivados decorticado	0,76	
Coco torta	0,52	
Palmito torta (palmiste)	0,45	
Algodón grano	0,69	
Algodón otros derivados	0,69	
Cacahuete torta	0,69	
Lino grano	0,75	
Lino otros derivados	0,57	
Leguminosas (guisante, judía, lenteja, altramuz, etc.)	0,81	
Pulpas (remolacha)	0,56	
Pulpas (cítricos)	0,65	
Residuos de frutas (manzanas, tomate, plátanos, calabaza, etc.)	0,53	
Mandioca, patatas	0,61	
Vinazas	0,93	
Melaza remolacha	0,93	5
Melaza caña	0,93	
Otros productos (uva y oliva)	0,42	
Alfalfa deshidratada y aglomerados	0,60	
Gramíneas deshidratadas y aglomeradas	0,66	
Alimento compuesto	0,57	100

Ahora este valor lo introducimos en la hoja de inicio donde dice DT tablas, y pulsamos *Valor*, y en la hoja *Concentrados valor nutritivo* salen ya los valores proteicos PDIA (32,11), PDI (82,67) y BPR (-33,35):

Nombre	MS	UFL	UFV	MNT_PB	PDIA	PDI	BPR	UEL	UEB	UEM	Ni ref	dMO	MOD_TDN	EE	FB	NDF	ADF	Lignina	cenizas
Alimentos concentrados COMPLETOS	91,00	0,60	0,54	105,00	32,11	82,67	-33,35	0,38			2,00	0,66	589,31	25,00	238,00	508,00	269,00	73,10	101,00
Alimentos concentrados COMPLETOS	91,00	0,60	0,54	105,00	32,11	82,67	-33,35	0,38			2,00	0,66	589,31	25,00	238,00	508,00	269,00	73,10	101,00

De esta manera el usuario puede disponer de sus ingredientes además de los de las tablas de referencia.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

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

- GIGER-REVERDIN S, AUFRERE J, SAUVANT D, DEMARQUILLY C, VERMOREL M, POCHET S. 1990. Prév́ision de la valeur énérgétique des aliments composés pour ruminants. INRA Prod Anim; 3(3): 181-188.
- IAMZ. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les rumiantes des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie études, Options méditerranéennes.
- IAMZ. 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Paris: Serie B, Etudes et recherches, 4, Options méditerranéennes.
- **INRA. 1978.** Alimentation des Ruminants. Paris: INRA.
- **INRA. 1981.** Prév́ision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prév́ision de la valeur alimentaires des fourrages. Theix: INRA.
- INRA. 1983. Luzerne. Paris: Centre de Recherches de Lusignan.
- INRA. 1987. Alimentation des Ruminants: Révision des systèmes et des tables de l'INRA. Bull Tech CRZV, Theix INRA; n° 70.
- **INRA. 1988.** Alimentation des Bovins Ovins et Caprins. Paris: INRA.
- **INRA. 2007.** Alimentation des Bovins Ovins et Caprins. Besoins des animaux-Valeurs des aliments. Tables INRA. Versailles: Quae.
- **INRA. 2018. Alimentation des ruminants. Éditions Quae.**
- INRAP. 1984. Alimentation des Bovins. Paris: ITEB.
- ITEB-EDE. 1989. Pratique de l'alimentation des bovins. Tables de l'INRA 1998. Paris: ITEB.
- JOHNSON L, HARRISSON JH, HUNT C, SHINNERS K, DOGGETT CG, SAPIENZA D. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. J Dairy Sci; 82: 2813-2825.
- LEROY A. 1968. La vaca lechera. Barcelona: Editorial GEA.
- MICHALET-DOREAU B, NOZIÈRE P. 1999. Intérêts et limites de l'utilisation de la technique des sachets pour l'étude de la digestion ruminale. INRA Prod Anim; 12 (3): 195-206.
- MICHALET-DOREAU B. 1992. Aliments concentrés pour ruminants: dégradabilité in situ dans le rumen. INRA Prod Anim; 5(5): 371-377.
- NRC. 1988. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 6ª edició revisada. Washington: National Academy Press.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edició. Washington: National Academy Press.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7a edició. [en línia] disponible a <http://books.nap.edu/books/0309069971>.
- SAUVANT D, PÉREZ JM, GILLES T. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Paris: INRA.
- SELMI H, GASMI-BOUBAKER A, MEHDI, B REKIK W, BEN SALAH Y, Rouissi H, 2010. Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'Hedysarum coronarium L, Medicago truncatula L, Pisum sativum L et Vicia sativa L. (en <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd22/6/selm22116.htm>).
- SEGUÍ A, SERRA P. 2000. Programa informàtic d'alimentació de vaques. N° 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 llet. Alimentació de bovins de carn. Barcelona: DARP, SEA.
- SEGUÍ A. 1983. Alimentació de vaques de llet; equilibri de racions de volum: aliments concentrats. Pinsos per a produir llet. Reus: SEA. FIT 22/83.
- SEGUÍ A. 1983. Estudi de racions alimentàries per a vaques de llet a la comarca del Gironès. Reus: SEA. FIT 23/83.
- SEGUÍ A. 1988. Racionament alimentari de vaques de llet. Barcelona: Caixa de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia y Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- SEGUÍ A. 1989. Matèria seca, farratgera, concentrada... i la fibra?. Barcelona: SEA. Full de Divulgació 33/89.
- SEGUÍ A. 2005.- La necesidad de extensión agraria en vacuno lechero. Sanz E. (director) [Tesis doctoral]. Universitat de Lleida.

- SEGUÍ PARPAL, A. 2009. L'explotació de vaques de llet. Factors de producció i bases de la comunicació per a la innovació. Coedició DAR UdL.
- VAN SOEST PJ. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. New York: OB Books, Inc.
- VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edició. New York: OB Books, Inc.
- ZIMMER N, CORDESSE R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Prod Anim; 9 (3): 167-179.